

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ**  
**2017-2018 УЧ. ГОД**  
**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ**  
**8 КЛАСС**

**1. «Идеальный торт»**

Торт состоит из трех слоев: бисквит, желе и суфле. Масса торта  $m = 900$  г, все три слоя одинакового размера и формы. Плотность желе равна средней плотности торта, плотность суфле – в 3 раза меньше (средняя плотность неоднородного тела вычисляется по всей его массе и объему). На приготовление бисквита ушло 3 яйца по 80 г каждое, 200 г муки и 200 г сахара. Найдите:

- 1) на сколько уменьшилась масса бисквитного теста при выпекании;
- 2) какой была бы масса торта, если бы он при том же объеме состоял только из двух одинаковых по форме и размеру слоев: бисквит и желе; бисквит и суфле; желе и суфле.

**Возможное решение**

1. Средняя плотность торта, если его объем  $V$  равна

$$\rho = \frac{m}{V}. (1)$$

Так как слои одинаковы по размерам и форме, то объем каждого слоя  $V/3$ . Масса торта равна сумме масс слоев:

$$m = m_{\text{б}} + m_{\text{ж}} + m_{\text{с}}. (2)$$

Так как плотность желе равна средней плотности всего торта, то

$$\frac{m}{V} = \frac{3m_{\text{ж}}}{V}, (3)$$

$$m_{\text{ж}} = \frac{1}{3}m. (4)$$

Так как плотность суфле в 3 раза меньше средней плотности торта, то

$$\frac{m}{V} = \frac{9m_{\text{с}}}{V}, (5)$$

$$m_{\text{с}} = \frac{1}{9}m. (6)$$

Подставляя данное в условии значение  $m = 900$  г, получаем  $m_{\text{ж}}=300$  г,  $m_{\text{с}}=100$  г. Значит, масса бисквитного слоя  $m_{\text{б}}= 500$  г. Сумма масс ингредиентов, из которых изготовлен бисквит  $m_{\text{б0}} = 3 \cdot 80 + 200 + 200 = 640$  г. Следовательно из-за потери влаги масса теста при выпекании уменьшилась на  $\Delta m_{\text{б}} = 140$  г.

2. Если бы торт состоял только из двух слоев, то объем каждого слоя был бы  $V/2$ . В таком объеме масса каждой части увеличивается в  $3/2$  или в 1,5 раза.

Для сочетания бисквит и желе

$$m_{\text{б-ж}} = 1,5(m_{\text{б}} + m_{\text{ж}}); (7)$$

$$m_{\text{б-ж}} = 1200 \text{ г.}$$

Для сочетания бисквит и суфле

$$m_{\text{б-с}} = 1,5(m_{\text{б}} + m_{\text{с}}); (8)$$

$$m_{\text{б-с}} = 900 \text{ г.}$$

Для сочетания желе и суфле

$$m_{\text{ж-с}} = 1,5(m_{\text{ж}} + m_{\text{с}}); (9)$$

$$m_{\text{ж-с}} = 600 \text{ г.}$$

**Рекомендуемые критерии оценки**

**Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».**

1. За решение **первой части** задачи (определение уменьшения массы бисквитного теста при выпекании) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение – 5 баллов;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – соотношения для плотностей, объемов и масс частей (1)-(5) или эквивалентные им) записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – 4 балла;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но имеются ошибки в математических преобразованиях, приводящих к ответу или они не завершены – 3 балла;
- есть понимание физики явления, но найдены не все из необходимых для решения соотношений, либо в них содержатся физические ошибки, в результате чего из них невозможно найти правильное решение – 2 балла;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - 1 балл;
- нет попыток решить задачу – 0 баллов.

2. За решение **второй части задачи** (определение масс двухслойных тортов) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение – 5 баллов;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – соотношения для объемов и масс частей) записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – 4 балла;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу или они не завершены – 3 балла;
- есть понимание физики явления, но найдены не все из необходимых для решения соотношений, либо в них содержатся физические ошибки, в результате чего из них невозможно найти правильное решение – 2 балла;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - 1 балл;
- нет попыток решить задачу – 0 баллов.

## 2. «Полноводная река»

Река переносит за сутки 7,2 мегатонн воды. Средняя глубина реки 2 м. Щепка, брошенная в воду, прошла по течению расстояние равное ширине реки за 1 минуту. Скорость течения можно считать постоянной. Найдите:

- 1) объем воды, переносимый рекой за 1 минуту;
- 2) ширину реки и скорость течения.

Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ . 1 мегатонна = 1 000 000 тонн.

### Возможное решение

1. Объем воды, переносимый в единицу времени постоянный, поэтому

$$\frac{V_1}{t_1} = \frac{V_2}{t_2}. (1)$$

$V_1$  - объем, переносимый за сутки;  $t_1$  –сутки (1440) минут,  $V_2$  – объем воды, переносимый за  $t_2=1$  минута. Выражая объем  $V_1$  через массу и плотность

$$V_1 = \frac{m}{\rho}, (2)$$

найдем объем

$$V_2 = \frac{m t_2}{\rho t_1}. (3)$$

Вычисления:

$$V_2 = \frac{7,2 \cdot 10^9}{1000} \frac{1}{1440} = 5000 \text{ м}^3.$$

2. Объем, переносимый за 1 минуту можно найти как произведение средней глубины  $h$ , ширины реки  $L$  и расстояния, пройденного щепкой. Так это расстояние равно ширине реки, то объем равен

$$V_2 = hL^2. (4)$$

Отсюда  $L^2 = 2500 \text{ м}^3, L = 50 \text{ м}$ .

Скорость течения

$$v = \frac{L}{t_2}. (5)$$

$$v = \frac{50}{60} \approx 0,83 \text{ м/с}.$$

#### Рекомендуемые критерии оценки

**Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».**

1. За решение **первой части** задачи (объем воды, переносимый рекой за 1 минуту) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение – 5 баллов;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – соотношение, выражающее постоянство расхода (1), связь массы, объема и плотности (2) или эквивалентные им) записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но допущена арифметическая ошибка в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены) – 4 балла;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу или они не завершены – 3 балла;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – 2 балла;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи, при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - 1 балл;
- нет попыток решить задачу – 0 баллов.

2. За решение **второй части задачи** (определение ширины и скорости течения реки) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение – 5 баллов;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – соотношение для объема (4), скорости (5) или эквивалентные им) записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены) – 4 балла;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу или они не завершены – 3 балла;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – 2 балла;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи, при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - 1 балл;
- нет попыток решить задачу – 0 баллов.

## 2. «Прибыть одновременно»

Два пешехода одновременно вышли из пункта А и направились в пункт В. Один из них первую половину пути шел со скоростью  $v$ , а вторую – со скоростью  $2v$ . Вторым пешеход, идя по тому же маршруту, первую половину времени своего движения шел со скоростью  $\frac{1}{2}v$ . Известно, что в пункт назначения В они прибыли одновременно. Найдите:

- 1) какова средняя скорость пешеходов на этом маршруте;
- 2) с какой скоростью двигался второй пешеход вторую половину времени.

### Возможное решение

1. Средняя скорость одинакова для обоих пешеходов, так как они прошли один и тот же путь за одно и то же время. Обозначим  $S$  весь путь, а  $t$  – все время движения. Тогда средняя скорость

$$v_{\text{cp}} = \frac{S}{t} \quad (1)$$

Для первого пешехода все время можно представить в виде

$$t = t_1 + t_2, \quad (2)$$

где

$$t_1 = \frac{S}{2v}, t_2 = \frac{S}{4v}. \quad (3)$$

Подставляем (3) в (2):

$$t = \frac{S}{2v} + \frac{S}{4v}, \quad (4)$$

получаем

$$t = \frac{3S}{4v}. \quad (5)$$

Отсюда

$$\frac{S}{t} = \frac{4v}{3}, \quad (6)$$

$$v_{\text{cp}} = \frac{4v}{3}. \quad (7)$$

2. Обозначим искомую скорость второго пешехода  $u$ . Тогда весь путь можно представить в виде

$$S = S_1 + S_2, \quad (8)$$

где

$$S_1 = \frac{vt}{4}, S_2 = \frac{ut}{2}. \quad (9)$$

Подставляя (9) в (8) получаем

$$S = \frac{vt}{4} + \frac{ut}{2} = \frac{v + 2u}{4} t. \quad (10)$$
$$\frac{S}{t} = \frac{v + 2u}{4}.$$

С учетом (6)

$$\frac{4v}{3} = \frac{v + 2u}{4},$$

откуда

$$u = \frac{13v}{6}.$$

### Рекомендуемые критерии оценки

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (определение средней скорости) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение – 5 баллов;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – формула средней скорости (1), соотношения для времен, путей и скоростей на отдельных этапах движения (2), (3) или эквивалентные им), сделан вывод о равенстве средних скоростей, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – 4 балла;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу или они не завершены – 3 балла;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – 2 балла;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - 1 балл;
- нет попыток решить задачу – 0 баллов.

2. За решение **второй части задачи** (определение скорости второго пешехода на последнем этапе) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение – 5 баллов;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – соотношения (8), (9) или эквивалентные им), произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – 4 балла;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу или они не завершены – 3 балла;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – 2 балла;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи, при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - 1 балл;
- нет попыток решить задачу – 0 баллов.

### 3. «Два нагревателя»

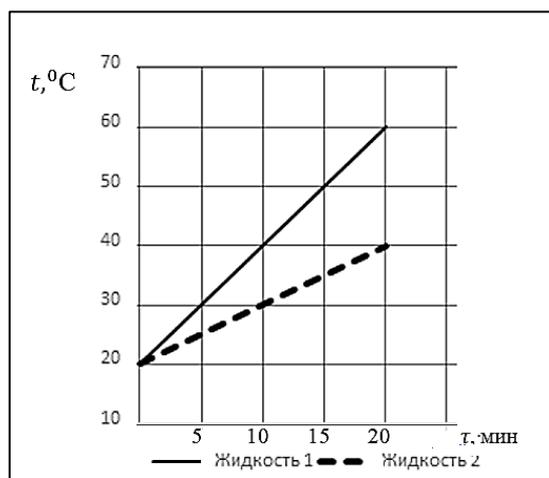


Рисунок 1

При помощи двух нагревателей производится нагрев двух жидкостей в одинаковых калориметрах. Графики изменения температуры со временем приведены на рис. 1. Мощность первого нагревателя равна 60 Вт, второго 40 Вт. В момент времени  $\tau = 20$  минут жидкости переливают в один калориметр.

1. Найдите температуру смеси после установления теплового равновесия, если нагрев был прекращен сразу же после переливания.
2. Какова будет температура смеси через  $\Delta\tau = 20$  минут после переливания, если нагрев смеси будет продолжен одним нагревателем (рассмотреть оба случая - первым и вторым).

### Возможное решение

1. По графику начальная температура жидкостей  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ . Через  $\tau = 20$  минут температура первой жидкости  $t_1 = 60^\circ\text{C}$ , а второй  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ . Первая жидкость получила за это время количество теплоты

$$Q_1 = P_1 \tau, (1)$$

вторая

$$Q_2 = P_2 \tau. (2)$$

С другой стороны

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t_0), (3)$$

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_0). (4)$$

Из этих уравнений

$$c_1 m_1 = \frac{P_1 \tau}{(t_1 - t_0)}, (5)$$

$$c_2 m_2 = \frac{P_2 \tau}{(t_2 - t_0)}. (6)$$

После перемешивания и установления теплового равновесия смесь будет иметь температуру  $t$ , которую найдем из уравнения теплового баланса:

$$c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2); (7)$$

$$t = \frac{\frac{P_1}{(t_1 - t_0)} t_1 + \frac{P_2}{(t_2 - t_0)} t_2}{\frac{P_1}{(t_1 - t_0)} + \frac{P_2}{(t_2 - t_0)}}. (8)$$

Расчет дает  $t \approx 48,6^\circ\text{C}$ .

2. Уравнение теплового баланса при продолжении нагрева первым нагревателем

$$P_1 \Delta\tau = c_1 m_1 (t_{1 \text{ нагр}} - t_1) + c_2 m_2 (t_{1 \text{ нагр}} - t_2); (9)$$

откуда

$$t_{1 \text{ нагр}} = \frac{\frac{P_1 \tau}{(t_1 - t_0)} t_1 + \frac{P_2 \tau}{(t_2 - t_0)} t_2 + P_1 \Delta\tau}{\frac{P_1 \tau}{(t_1 - t_0)} + \frac{P_2 \tau}{(t_2 - t_0)}}. (10)$$

Постановка численных значений дает  $t_{1 \text{ нагр}} \approx 65,7^\circ\text{C}$ .

Для второго нагревателя

$$P_2 \Delta\tau = c_1 m_1 (t_{2 \text{ нагр}} - t_1) + c_2 m_2 (t_{2 \text{ нагр}} - t_2); (11)$$

$$t_{2 \text{ нагр}} = \frac{\frac{P_1 \tau}{(t_1 - t_0)} t_1 + \frac{P_2 \tau}{(t_2 - t_0)} t_2 + P_2 \Delta\tau}{\frac{P_1 \tau}{(t_1 - t_0)} + \frac{P_2 \tau}{(t_2 - t_0)}}. (12)$$

Расчеты дают  $t_{2 \text{ нагр}} = 60^\circ\text{C}$ .

### Рекомендуемые критерии оценки

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (определение температуры смеси после установления теплового равновесия) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение – 5 баллов;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – формулы, связывающие мощность и количество теплоты (1), (2), для количеств теплоты при нагревании (3), (4), уравнение теплового баланса (7) или эквивалентные им), записаны верно, система уравнений полна, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены) – 4 балла;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу или они не завершены – 3 балла;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – 2 балла;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - 1 балл;
- нет попыток решить задачу – 0 баллов.

2. За решение **второй части задачи** (определение температуры смеси после продолжения нагрева с заменой нагревателя) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение – 5 баллов;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – уравнения теплового баланса (9) и (11) или эквивалентные им), записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены), а также случаи, когда получено полное решение только для одного из нагревателей – 4 балла;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу или они не завершены – 3 балла;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеются физические ошибки, поэтому из них невозможно найти правильное решение – 2 балла;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) - 1 балл;
- нет попыток решить задачу – 0 баллов.