

# МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ЮНИОР»

## ПРЕДМЕТ: ФИЗИКА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП 2025-2026 учебный год 7 КЛАСС

### РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальное количество баллов – 50 баллов

*Примечание:* в расчетах используйте  $g = 10 \text{ Н/кг}$ ,  $\pi = 3.14$ . Ответы округляйте до целых чисел, где это уместно. Формула для нахождения объема шара

$$V(\text{шара}) = \frac{4 \cdot \pi \cdot R^3}{3}$$

#### Задача № 1 (Механика, движение по кругу)

Два велосипедиста стартуют одновременно из одной точки круговой велотрассы длиной  $L = 1.2 \text{ км}$  и движутся в одном направлении. Скорость первого  $v_1 = 24 \text{ км/ч}$ , второго —  $v_2 = 18 \text{ км/ч}$ . Через какое время первый велосипедист опередит второго ровно на один круг? Ответ дайте в минутах.

Дано:

$$L = 1.2 \text{ км} = 1200 \text{ м}$$

$$v_1 = 24 \text{ км/ч} = 20/3 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 18 \text{ км/ч} = 5 \text{ м/с}$$

$t$  - ? (в минутах)

**Решение:**

1. Скорость сближения при движении в одном направлении:
2.  $v_{\text{сбл}} = v_1 - v_2$
3.  $v_{\text{сбл}} = 20/3 - 5 = 5/3 \text{ м/с}$
4. Чтобы опередить на один круг, нужно преодолеть относительное расстояние  $L$ :
5.  $t = L / v_{\text{сбл}}$
6.  $t = 1200 / (5/3) = 1200 \times 3/5 = 720 \text{ с}$
7. Перевод секунд в минуты:
8.  $t = 720 / 60 = 12 \text{ мин}$

Ответ:  $t = 12 \text{ мин}$ .

**Критерии оценивания (8 баллов):**

- **1 балл:** Правильно записана формула для скорости сближения
- **2 балла:** Верно вычислена скорость сближения в одинаковых единицах (м/с или км/ч)
- **2 балла:** Составлено уравнение для времени на основе преодоления расстояния  $L$
- **1 балл:** Получено численное значение времени в секундах (720 с)
- **1 балл:** Правильно переведено время в минуты
- **1 балл:** Верный ответ (12 мин или 11.5-12.5 мин)

*Примечание:* За ошибку в переводе единиц измерения снимается 1 балл. Арифметическая ошибка — минус 1 балл.

#### Задача № 2 (Плотность, вытеснение жидкости)

В мензурку с водой опустили тело неправильной формы. Уровень воды поднялся со 120 мл до 185 мл. Когда это же тело опустили в мензурку с машинным маслом, оно утонуло, уровень масла поднялся со 150 мл до 230 мл. Определите плотность материала, из которого изготовлено тело. Ответ дайте в  $\text{г/см}^3$ . Плотность масла  $800 \text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $1.0 \text{ г/см}^3$

Дано:

$$V_{в1} = 120 \text{ мл}, V_{в2} = 185 \text{ мл}$$

$$V_{м1} = 150 \text{ мл}, V_{м2} = 230 \text{ мл}$$

$$\rho_{м} = 800 \text{ кг/м}^3 = 0.8 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_{в} = 1.0 \text{ г/см}^3$$

$\rho_{т}$  - ?

**Решение:**

1. Объем вытесненной воды:  $\Delta V_{\text{в}} = 185 - 120 = 65$  мл
2. Объем вытесненного масла:  $\Delta V_{\text{м}} = 230 - 150 = 80$  мл
3. Так как  $\Delta V_{\text{м}} > \Delta V_{\text{в}}$ , значит в масле тело полностью погружено (тонет), а в воде плавает. Следовательно, объем тела равен объему вытесненного масла:
4.  $V_{\text{т}} = \Delta V_{\text{м}} = 80$  мл =  $80$  см<sup>3</sup>
5. Масса тела: В воде тело плавает, значит его вес равен весу вытесненной воды:
6.  $m_{\text{т}} = \rho_{\text{в}} \times \Delta V_{\text{в}} = 1.0 \times 65 = 65$  г
7. Плотность тела:
8.  $\rho_{\text{т}} = m_{\text{т}} / V_{\text{т}} = 65 / 80 = 0.8125$  г/см<sup>3</sup>  $\approx 0.81$  г/см<sup>3</sup>

Ответ:  $\rho_{\text{т}} \approx 0.81$  г/см<sup>3</sup>.

**Критерии оценивания (8 баллов):**

- **2 балла:** Правильно вычислены объемы вытесненной воды и масла
- **2 балла:** Правильный вывод о том, что в масле тело тонет ( $V_{\text{т}} = \Delta V_{\text{м}}$ ), а в воде плавает
- **2 балла:** Применен закон Архимеда для плавающего тела:  $m_{\text{т}} = \rho_{\text{в}} \times \Delta V_{\text{в}}$
- **1 балл:** Правильно вычислена масса тела (65 г)
- **1 балл:** Рассчитана плотность тела и дан верный ответ (0.80-0.82 г/см<sup>3</sup>)

**Задача № 3 (Давление, сообщающиеся сосуды)**

В U-образную трубку налита вода (плотность  $\rho_{\text{в}} = 1$  г/см<sup>3</sup>). В левое колено поверх воды аккуратно долили столб керосина ( $\rho_{\text{к}} = 0.8$  г/см<sup>3</sup>) высотой  $h_1 = 25$  см. В правое колено долили столб неизвестной жидкости высотой  $h_2 = 20$  см. Уровни жидкостей в обоих коленах сравнялись. Какова плотность неизвестной жидкости? Ответ дайте в г/см<sup>3</sup>.

Дано:

$$\rho_{\text{в}} = 1.0 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_{\text{к}} = 0.8 \text{ г/см}^3$$

$$h_1 = 25 \text{ см}$$

$$h_2 = 20 \text{ см}$$

$$\rho_{\text{х}} - ?$$

**Решение:**

1. Введем обозначения:
  - В левом колене: столб керосина  $h_1$  и столб воды  $h_{\text{вл}}$
  - В правом колене: столб неизвестной жидкости  $h_2$  и столб воды  $h_{\text{вп}}$
  - Уровни в обоих коленах совпадают
2. Условие равновесия в сообщающихся сосудах: давления на одном уровне (на уровне раздела вода-вода под легкими жидкостями) равны:
3. Давление на этом уровне слева:
4.  $P_{\text{лев}} = \rho_{\text{к}} \cdot g \cdot h_1 + \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot h_{\text{вл}}$
5. Давление на этом уровне справа:
6.  $P_{\text{прав}} = \rho_{\text{х}} \cdot g \cdot h_2 + \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot h_{\text{вп}}$
7. Так как уровни в коленах совпадают, то:
8.  $h_1 + h_{\text{вл}} = h_2 + h_{\text{вп}}$
9. Отсюда:  $h_{\text{вп}} = h_{\text{вл}} + (h_1 - h_2)$
10. Приравниваем давления  $P_{\text{лев}} = P_{\text{прав}}$ :
11.  $\rho_{\text{к}} \cdot h_1 + \rho_{\text{в}} \cdot h_{\text{вл}} = \rho_{\text{х}} \cdot h_2 + \rho_{\text{в}} \cdot h_{\text{вп}}$
12. Подставляем  $h_{\text{вп}}$  из п.3:
13.  $\rho_{\text{к}} \cdot h_1 + \rho_{\text{в}} \cdot h_{\text{вл}} = \rho_{\text{х}} \cdot h_2 + \rho_{\text{в}} \cdot [h_{\text{вл}} + (h_1 - h_2)]$
14. Упрощаем ( $\rho_{\text{в}} \cdot h_{\text{вл}}$  сокращается с обеих сторон):
15.  $\rho_{\text{к}} \cdot h_1 = \rho_{\text{х}} \cdot h_2 + \rho_{\text{в}} \cdot (h_1 - h_2)$
16. Выражаем  $\rho_{\text{х}}$ :
17.  $\rho_{\text{х}} \cdot h_2 = \rho_{\text{к}} \cdot h_1 - \rho_{\text{в}} \cdot (h_1 - h_2)$
18.  $\rho_{\text{х}} = [\rho_{\text{к}} \cdot h_1 - \rho_{\text{в}} \cdot (h_1 - h_2)] / h_2$
19. Подставляем числовые значения:
20.  $\rho_{\text{х}} = [0.8 \cdot 25 - 1.0 \cdot (25 - 20)] / 20$
21.  $\rho_{\text{х}} = [20 - 1.0 \cdot 5] / 20$
22.  $\rho_{\text{х}} = [20 - 5] / 20 = 15 / 20 = 0.75$  г/см<sup>3</sup>

Ответ:  $\rho_x = 0.75 \text{ г/см}^3$

**Критерии оценивания (14 баллов):**

- **1 балл:** Правильно записано выражение для давления в левом колене
- **1 балл:** Правильно записано выражение для давления в правом колене
- **2 балла:** Установлена связь между высотами столбов воды в коленях ( $h_1 + h_{вл} = h_2 + h_{вп}$ )
- **2 балла:** Составлено правильное уравнение на основе равенства давлений
- **2 балла:** Правильно преобразовано уравнение к виду без  $h_{вл}$  ( $\rho_k \cdot h_1 = \rho_x \cdot h_2 + \rho_v \cdot (h_1 - h_2)$ )
- **2 балла:** Получена правильная формула для  $\rho_x$
- **2 балла:** Верные подстановки числовых значений
- **1 балл:** Правильный численный ответ (0.74-0.76 г/см<sup>3</sup>)
- **1 балл:** За правильный рисунок с обозначениями (если требуется)

**Задача № 4 (Ящик с апельсинами)**

Пустой деревянный ящик без крышки стоит на горизонтальном полу. Наружные размеры ящика: длина 60 см, ширина 40 см, высота 30 см. Толщина стенок и дна составляет 2 см. Плотность дерева  $\rho_d = 0.6 \text{ г/см}^3$ .

1. Найдите внутренний объем ящика (объем, доступный для заполнения апельсинами).
2. Найдите массу пустого ящика.
3. Средняя плотность апельсина (с кожурой) составляет  $\rho_{ап} = 0.7 \text{ г/см}^3$ . Апельсины имеют приблизительно сферическую форму диаметром 8 см. Максимально плотно упакованные сферы занимают 74% доступного объема. Рассчитайте максимальную массу апельсинов, которые можно целыми полностью поместить в ящик, и их количество.
4. Найдите общую массу ящика с апельсинами.
5. Определите давление, которое оказывает полностью заполненный апельсинами ящик на пол. Атмосферное давление не учитывать.

Дано:

- Наружные размеры:  $L = 60 \text{ см}$ ,  $W = 40 \text{ см}$ ,  $H = 30 \text{ см}$
- Толщина стенок:  $d = 2 \text{ см}$
- $\rho_d = 0.6 \text{ г/см}^3 = 600 \text{ кг/м}^3$
- $\rho_{ап} = 0.7 \text{ г/см}^3 = 700 \text{ кг/м}^3$
- $d_{ап} = 8 \text{ см}$  (диаметр апельсина)
- Коэффициент упаковки:  $k = 0.74$
- $g = 10 \text{ Н/кг}$

**Решение:**

1. Масса пустого ящика:

Объем дерева = Объем внешнего параллелепипеда - Объем внутреннего параллелепипеда

Внутренние размеры:

$$L_{вн} = L - 2d = 60 - 4 = 56 \text{ см}$$

$$W_{вн} = W - 2d = 40 - 4 = 36 \text{ см}$$

$$H_{вн} = H - d = 30 - 2 = 28 \text{ см (дно имеет толщину } d)$$

$$V_{дерева} = L \cdot W \cdot H - L_{вн} \cdot W_{вн} \cdot H_{вн}$$

$$V_{дерева} = 60 \times 40 \times 30 - 56 \times 36 \times 28$$

$$V_{дерева} = 72000 - 56448 = 15552 \text{ см}^3$$

$$m_{ящ} = \rho_d \cdot V_{дерева} = 0.6 \cdot 15552 = 9331.2 \text{ г} \approx 9.33 \text{ кг}$$

2. Внутренний объем ящика:

$$V_{вн} = L_{вн} \cdot W_{вн} \cdot H_{вн} = 56 \times 36 \times 28 = 56448 \text{ см}^3$$

3. Масса и количество апельсинов:

$$\text{Объем, занятый апельсинами: } V_{зап} = k \cdot V_{вн} = 0.74 \cdot 56448 = 41771.5 \text{ см}^3$$

$$\text{Масса апельсинов: } m_{ап} = \rho_{ап} \cdot V_{зап} = 0.7 \cdot 41771.5 = 29240 \text{ г} \approx 29.24 \text{ кг}$$

$$\text{Объем одного апельсина: } V_{1ап} = \left(\frac{4}{3}\right)\pi R^3 = \left(\frac{4}{3}\right) \times 3.14 \times (4)^3 = \left(\frac{4}{3}\right) \times 3.14 \times 64 = 267.95 \text{ см}^3 \approx 268 \text{ см}^3$$

$$\text{Количество апельсинов: } N = V_{зап} / V_{1ап} = 41771.5 / 268 \approx 155.9 \approx 155 \text{ штук}$$

Важно округлить в меньшую сторону, так как апельсины должны полностью поместиться.

4. Общая масса:

$$m_{\text{общ}} = m_{\text{ящ}} + m_{\text{ап}} = 9.33 + 29.24 = 38.57 \text{ кг}$$

5. Давление на пол:

$$\text{Площадь опоры: } S = L \cdot W = 60 \times 40 = 2400 \text{ см}^2 = 0.24 \text{ м}^2$$

$$\text{Вес: } P = m_{\text{общ}} \cdot g = 38.57 \cdot 10 = 38.7 \text{ Н}$$

$$\text{Давление: } p = P/S = 38.7 / 0.24 \approx 1607 \text{ Па} \approx 1.607 \text{ кПа}$$

Ответы:

1. Масса ящика  $\approx 9.33$  кг
2. Внутренний объем =  $56448 \text{ см}^3$
3. Масса апельсинов  $\approx 29,24$  кг, количество  $\approx 155$  шт.
4. Общая масса  $\approx 38,57$  кг
5. Давление  $\approx 1607$  Па

**Критерии оценивания (20 баллов):**

Часть 1 (внутренние размеры и объем):

- 2 балла: Правильно определены внутренние размеры ( $56 \times 36 \times 28$  см)
- 1 балл: Найден внутренний объем ( $56448 \text{ см}^3$ )

Часть 2 (масса ящика):

- 2 балла: Правильно вычислен объем дерева
- 1 балл: Найдена масса ящика ( $\approx 9.33$  кг)

Часть 3 (апельсины):

- 2 балла: Определен объем, занимаемый апельсинами ( $41771.5 \text{ см}^3$ )
- 2 балла: Найдена масса апельсинов ( $\approx 29.24$  кг)
- 2 балла: Определен объем одного апельсина ( $\approx 268 \text{ см}^3$ )
- 2 балла: Найдено количество апельсинов ( $\approx 155$  шт.)

Часть 4 (общая масса):

- 1 балл: Определена общая масса ( $\approx 38.57$  кг)

Часть 5 (давление):

- 2 балла: Найдена площадь опоры с переводом в  $\text{м}^2$
- 2 балла: Вычислено давление ( $\approx 1607$  Па)
- 1 балл: Правильный ответ с единицами измерения