

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап
2025/26 учебный год
8 класс

Задача 1. В алюминиевый цилиндрический стакан, толщина дна и стенок которого 5 мм, а внешние диаметр и высота 10 см, налили 500 мл воды при температуре 5 °С. Стакан поместили над зажжённой спиртовкой с КПД 40%. Через какое время закипит вода? Ответ дать в минутах, округлив до целых. Плотность алюминия 2700 кг/м³, удельная теплоёмкость алюминия 895 Дж/(кг·°С). Плотность воды 1000 кг/м³, удельная теплоёмкость воды 4190 Дж/(кг·°С). Удельная теплота сгорания спирта 29 МДж/кг. Расход спирта 3 г/мин.

Решение. Количество теплоты Q , необходимое для нагревания стакана Q_1 и воды Q_2 до 100 °С:

$$Q = Q_1 + Q_2 = c_{\text{ал}} m_{\text{ал}} (100 - t) + c_{\text{в}} m_{\text{в}} (100 - t) = \\ = (c_{\text{ал}} m_{\text{ал}} + c_{\text{в}} m_{\text{в}}) (100 - t),$$

где $c_{\text{ал}}$ – теплоёмкость алюминия, $m_{\text{ал}}$ – масса алюминиевого стакана, $c_{\text{в}}$ – теплоёмкость воды, $m_{\text{в}}$ – масса воды, t – начальная температура воды и стакана.

Масса $m_{\text{ал}}$ пустого алюминиевого стакана:

$$m_{\text{ал}} = \rho_{\text{ал}} V_{\text{ал}} = \rho_{\text{ал}} (V_{\text{внеш}} - V_{\text{внут}}) = \\ = \rho_{\text{ал}} \left(\frac{\pi d^2}{4} d - \frac{\pi (d - 2h)^2}{4} (d - h) \right),$$

где $\rho_{\text{ал}}$ – плотность алюминия, $V_{\text{ал}}$ – объём, занимаемый алюминием, $V_{\text{внеш}}$ – внешний объём стакана, $V_{\text{внут}}$ – внутренний объём стакана, d – внешние диаметр и высота стакана, h – толщина дна и стенок стакана.

С учётом численных значений:

$$m_{\text{ал}} = 2700 \cdot \left(\frac{\pi (0,1)^3}{4} - \frac{\pi (0,1 - 2 \cdot 0,005)^2}{4} (0,1 - 0,005) \right) \approx 0,488 \text{ (кг)}.$$

Масса $m_{\text{в}}$ воды в стакане:

$$m_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} V_{\text{в}},$$

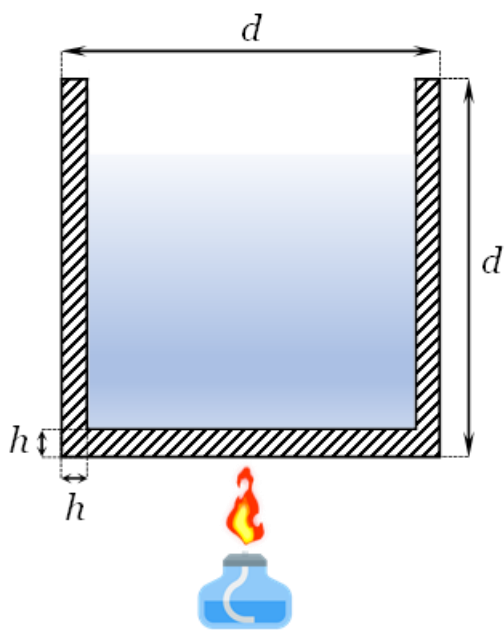
где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, $V_{\text{в}}$ – объём воды в стакане.

С учётом численных значений:

$$m_{\text{в}} = 1000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,5 \text{ (кг)}.$$

Тогда

$$Q = (895 \cdot 0,488 + 4190 \cdot 0,5) \cdot (100 - 5) \approx 240517 \text{ (Дж)}$$



Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап
2025/26 учебный год
8 класс

Полезная мощность P спиртовки:

$$P = \eta q u,$$

где η – КПД спиртовки, q – удельная теплота сгорания спирта, u – расход спирта.

С учётом численных значений:

$$P = 0,4 \cdot 29 \cdot 10^6 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-3}}{60} = 580 \text{ (Вт)}.$$

Время τ , необходимое для закипания воды:

$$\tau = \frac{Q}{P}.$$

После подстановки численных значений

$$\tau = \frac{240517}{580} \approx 414.68 \text{ (с)}$$

или

$$\tau \approx 7 \text{ мин.}$$

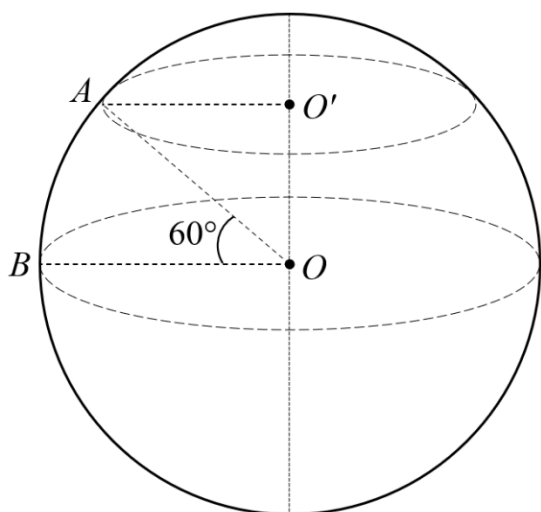
Ответ: 7 мин.

Критерии оценки (10 баллов):

№	Критерий	Баллы
1)	Показано, что теплота, даваемая спиртовкой, расходуется на нагрев алюминиевого стакана и воды до 100 °С	1
2)	Получена формула для определения массы (или объема) пустого алюминиевого стакана	1
3)	Получено численное значение массы пустого алюминиевого стакана	1
4)	Определена масса воды в стакане	1
5)	Получена формула для определения полезной мощности спиртовки	2
6)	Определена полезная мощность спиртовки	1
7)	Записана формула для определения времени, необходимого для закипания воды	2
8)	Определено время, необходимое для закипания воды	1

Задача 2. Странствуя по галактике, Маленький

Принц и его друг Лис попали на очередную планету. Лис решил оббежать её по 60-й параллели с запада на восток, а Маленький Принц – по экватору с востока на запад (географическая широта – это угол между плоскостью экватора и отвесной линией в заданной точке на поверхности Земли). Точки их старта лежат на нулевом меридиане. Через какое время они вновь окажутся на одной долготе? Вычислите эту долготу, если радиус планеты $R = 20$ км, Лис движется со скоростью 8 км/ч, а Маленький Принц – со скоростью, вдвое меньшей.



Решение. Определим длину экватора:

$$s_{МП} = 2\pi R = 40\pi \text{ (км)}$$

и 60-й параллели:

$$s_{Л} = 2\pi \cdot O'A = \pi R = 20\pi \text{ (км)}.$$

Учтено, что $\angle AOB = 60^\circ$, $\angle AOO' = 30^\circ$, следовательно, $O'A = \frac{1}{2}R$ ($OA = OB = R$ – радиус планеты).

Таким образом, время (период), затрачиваемое Маленьким Принцем на один круг, составит

$$t_{МП} = \frac{40\pi}{4} = 10\pi \text{ (ч)},$$

а время (период), затрачиваемое Лисом –

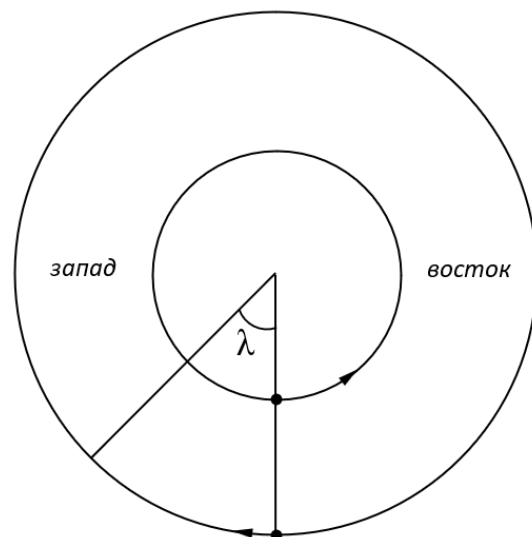
$$t_{Л} = \frac{20\pi}{8} = 2,5\pi \text{ (ч)}.$$

Для перехода к плоскому чертежу спроецируем движение Лиса на экваториальную плоскость. Так как Маленький Принц движется с меньшей скоростью, то совпадение долготы произойдёт в западном полушарии. Для вычисления искомой долготы вычислим угловые скорости:

$$\omega_{МП} = \frac{360}{10\pi} = \frac{36}{\pi} \text{ (}^\circ/\text{ч)},$$

$$\omega_{Л} = \frac{360}{2,5\pi} = \frac{144}{\pi} \text{ (}^\circ/\text{ч)}.$$

Совпадение долготы λ Лиса и Маленького Принца означает, что Маленький Принц прошёл λ° на запад, а Лис прошёл $(360 - \lambda)^\circ$ на восток. При этом данных отметок они достигли одновременно:



Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап
2025/26 учебный год
8 класс

$$\frac{\lambda\pi}{36} = \frac{(360 - \lambda)\pi}{144}.$$

Отсюда $\lambda = 72^\circ$ западной долготы.

Время достижения данной отметки, например, Маленьким Принцем определится как

$$t = \frac{\lambda}{\omega_{\text{МП}}} = \frac{72\pi}{36} = 2\pi \text{ (ч)},$$

что составляет примерно 6,28 ч или 6 ч 17 мин.

Ответ: 6 ч 17 мин; 72° з. д.

Критерии оценки (10 баллов):

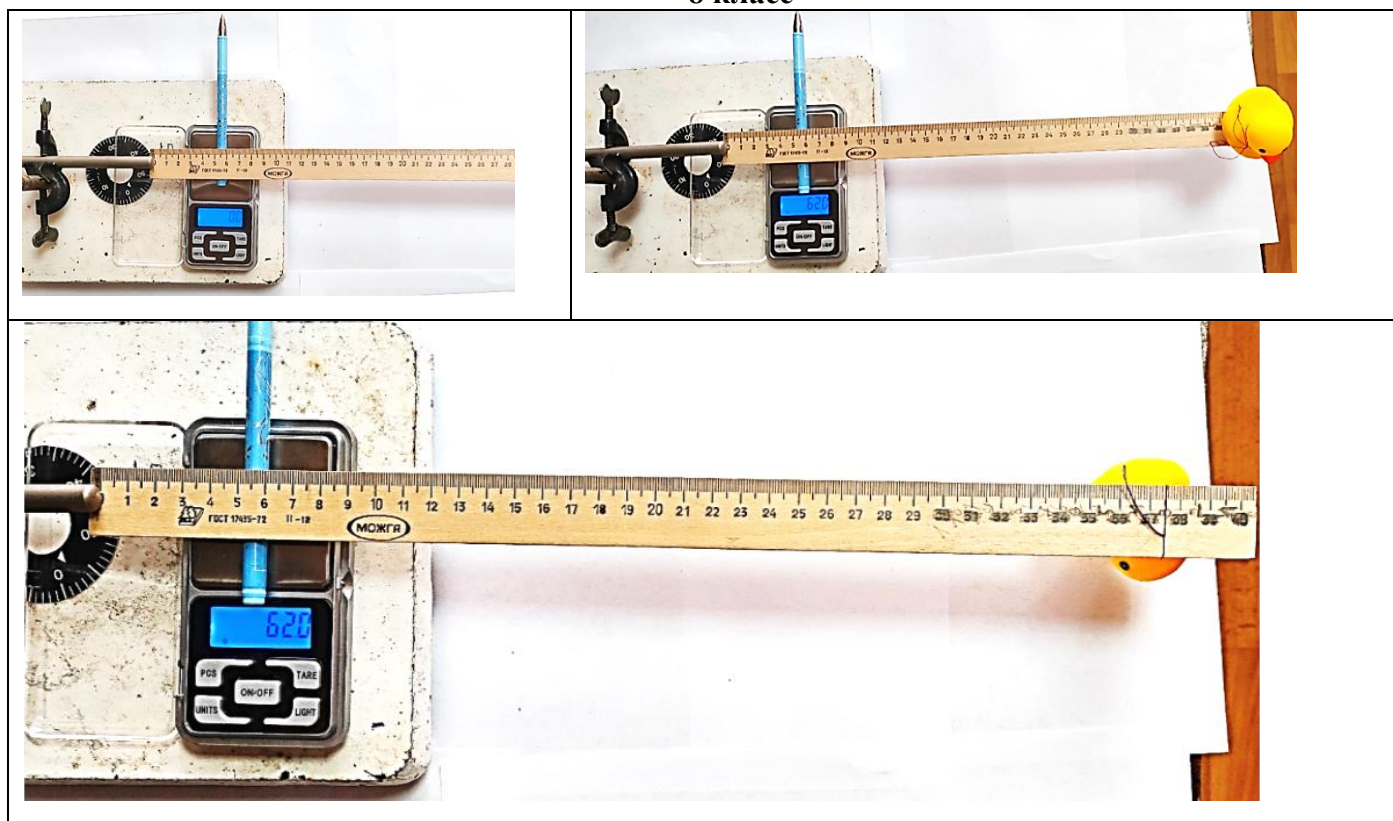
№	Критерий	Баллы
1)	Определены длины параллелей, по которым движутся Лис и Маленький Принц	2
2)	Определено время, необходимое на преодоление одного круга	2
3)	Совершён переход от линейной меры расстояний и скоростей к угловой	2
4)	Определена общая долгота Лиса и Маленького Принца	2
5)	Определено время, через которое Лис и Маленький Принц вновь окажутся на общей долготе	2

Задача 3. Увлеченный ученик организовал у себя дома физическую лабораторию, где провел ряд опытов с водой по гидростатическому взвешиванию.

Далее он решил усовершенствовать свое оборудование. Имеющиеся у восьмиклассника весы определяют массу с точностью до десятых долей грамма, педантичный восьмиклассник, добавив штатив, линейку и ручку, предложил способ измерения массы до сотых долей грамма. Если этот способ повышения точности измерения массы верен, объясните его и по имеющимся фотографиям определите массу игрушки. Карандаш опирается о линейку по линии, проходящей вдоль штриха 5,7 см, весы показывают 62,0 г.

Увлеченному восьмикласснику задали на дом определить плотность неизвестной жидкости. Он стал искать дома «десятикубовый» шприц, но не нашел. Тогда он решил измерить плотность неизвестной жидкости, пользуясь конструкцией из предыдущего эксперимента. Он взял большой стакан, поставил его под привязанную ниткой к линейке уточку и стал постепенно наливать жидкость. Как только весы показали 0 г, ученик прекратил наливать жидкость, при этом нитка осталась вертикальной. Потом ученик с помощью двух зубочисток аккуратно так, чтобы уточка не касалась стенок сосуда, полностью погрузил ее в жидкость и записал показания на весах 356,6 г. Определите плотность неизвестной жидкости, если ученику из предыдущих экспериментов с водой известно, что средняя плотность уточки (если бы она была сплошной) составляет $0,24 \text{ г/см}^3$.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап
2025/26 учебный год
8 класс



Решение:

По III закону Ньютона карандаш действует на весы с той же по модулю силой $m_y g$, что и весы на него, из-за равенства сил упругости материала карандаша эта сила равна силе, с которой карандаш действует на линейку. Равновесие рычага для линейки с учетом тарирования запишем:

$$62,0 \text{ g} \cdot 5,7 = m_y \cdot 37,5.$$

Масса уточки равна $m_y = 62,0 \cdot 5,7 / 37,5 = 9,424 \approx 9,42 \text{ г}$

Когда ученик наливает воду и уточка начинает плавать сила Архимеда со стороны жидкости компенсирует силу тяжести уточки, а сила натяжения нити равна нулю, когда ученик погружает уточку в воду с помощью зубочисток, он натягивает нить и весы показывают силу натяжения нити T , увеличенную в $37,5/5,7$ раз. Следовательно, $T = 356,6 \text{ г} / (37,5/5,7) = 356,6 \text{ г} \cdot 5,7 / 37,5 = 54,2032 \text{ г} \approx 54,20 \text{ г}$. Эта сила равна разнице между силой Архимеда при полном погружении уточки (вес жидкости в объеме уточки) и силой тяжести уточки

$$T/g = F_A/g - m_y = 54,20 \text{ г}$$

$$F_A/g = \rho_{\text{ж}} V_y = 54,2032 + m_y = 54,20 + 9,42 = 63,62 \text{ г}.$$

Зная массу и плотность уточки найдем ее объем:

$$V_y = m_y / \rho = 9,42 / 0,24 = 39,25 \text{ мл}.$$

$$\rho_{\text{ж}} = F_A/g / V_y$$

$$\rho_{\text{ж}} = 63,62 / 39,25 \approx 1,62 \text{ г/см}^3$$

Ответ: $1,62 \text{ г/см}^3$ («сухая вода»)

Критерии оценки (10 баллов):

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап
2025/26 учебный год
8 класс

№	Критерий	Баллы
1)	Правильно записано условие равновесия	2
2)	Найдена масса уточки	2
3)	Найдена сила натяжения деленая на ускорение свободного падения	2
4)	Найдена сила Архимеда деленая на ускорение свободного падения	2
5)	Найден объем уточки	1
6)	Найдена плотность неизвестной жидкости	1

Задача 4. В калориметр с водой, установленный на весах, поместили сухой лёд массой m , и начали фиксировать зависимость показаний весов τ и температуры воды t от времени t . Данные измерений представлены в таблице:

N	m, г	t, °C	τ , с
1	270	20	0
2	264	15	10
3	259	9	30
4	256	7	40
5	253	5	55
6	251	3	75
7	243	0	190
8	242	0	220
9	241	0	250
10	240	0	270
11	240	0	280
12	240	0	290
13	240	0	300

Известны следующие физические параметры: удельная теплоёмкость воды: $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; удельная теплота плавления льда: $\lambda = 330 \text{ кДж}/\text{кг}$; удельная теплота возгонки сухого льда: $\gamma = 600 \text{ кДж}/\text{кг}$.

Примечание: сухой лёд – традиционное название твёрдого диоксида углерода CO_2 . При атмосферном давлении и температуре выше $-78,5^\circ\text{C}$ из твердой фазы переходит в углекислый газ, минуя жидкую фазу. По внешнему виду напоминает лёд. Возгонка – это переход вещества из твёрдого состояния сразу в газообразное, минуя жидкую фазу.

Размерность удельной теплоты возгонки $\text{Дж}/\text{кг}$. Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебрегите.

1. Чему равна масса сухого льда $m_{\text{л}}$?
2. Определите массу воды в калориметре $m_{\text{в}}$. Ответ округлите до десятков и пользуйтесь этим значением при дальнейших расчетах.
3. Найдите массу калориметра $m_{\text{к}}$.

Всероссийская олимпиада школьников по физике

Муниципальный этап

2025/26 учебный год

8 класс

4. Чему равна масса воды, перешедшей в твердое состояние к концу теплообмена?
 Ответ округлите до целых.

Решение:

1. Масса сухого льда превратившегося в углекислый газ CO_2 равна разности начальной и конечной масс на весах $m_{\text{сл}} = 270 - 240 = 30$ г.

2. Графическое решение

Составим таблицу

$\Delta m = (270 - m_N), \text{ г}$ $N = 2, 3, \dots, 6$	$\Delta t = (20 - t_N), ^\circ\text{C}$ $N = 2, 3, \dots, 6$
6	5
11	11
14	13
17	15
19	17

Построим график зависимости $\Delta m = (m_{\text{в}} \cdot c / r) \cdot \Delta t$ [$\Delta m = k \cdot \Delta t$], проведем усредненную прямую (она пройдет через начало координат), найдем тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс $k \approx 1,1$; $m_{\text{в}} = k \cdot r / c$, $m_{\text{в}} = 157,14 \text{ г} \approx 160 \text{ г}$.

3. Масса калориметра равна конечной массе без воды: $240 - 160 = 80$ г.

4. Найдем сколько сухого льда осталось $m_{\text{осл}}$, когда вода охладилась до 0°C , так как после этого вода начала кристаллизоваться и температура не менялась,

$$(30 - m_{\text{осл}})r = m_{\text{в}}c(20 - 0)$$

$$m_{\text{осл}} = 30 - m_{\text{в}}c \cdot 20 / r = 7,6 \text{ г}$$

Тепло, потраченное на возгонку сухого льда, равно теплу, отданному водой при кристаллизации:

$$7,6 \text{ г} = m_{\text{л}} \lambda$$

$$m_{\text{л}} = 7,6 \text{ г} / \lambda = 13,8 \text{ г} \approx 14 \text{ г}$$

Ответ: 30 г, 160 г, 80 г, 14 г.

Всероссийская олимпиада школьников по физике

Муниципальный этап

2025/26 учебный год

8 класс

Критерии оценки (10 баллов):

№	Критерий	Баллы
1)	Найдена масса сухого льда	2
2)	Найдена масса воды	3
3)	Найдена масса калориметра	2
4)	Найдена масса льда	3