

## Задания отборочного этапа Олимпиады школьников СПбГУ по физике 2021-2022 гг.

Отборочный этап Олимпиады по физике состоял из 8 задач с проверкой правильно вычисленного числового ответа. Каждая из задач составлялась в нескольких вариантах, участнику предлагалось к решению один из вариантов, выбранный случайным образом. Часть задач, предлагаемых к решению участникам разных классов, пересекалась. Ниже в обозначениях задач указывается, каким классам они давались.

**8 класс, Задача 1, Вариант 1.** При строительстве Великой Пирамиды в Гизе приходилось поднимать известняковые блоки массой **2.5 тонны** на высоту **90 метров**. Определите силу, с которой приходилось тянуть такой блок по наклонной плоскости длиной **300 метров**, если КПД всей системы составлял **75%**. Ускорение свободного падения примите равным **10 Н/кг**, сила направлена вдоль плоскости. Ответ приведите в **килоньютонах**, округлив до ближайшего целого.

**Решение:**

Полезная работа равна  $MgH$ , затраченная –  $FL$ , откуда  $E=MgH/FL$  и  $F=MgH/EL$

Тогда  $F=10$  кН

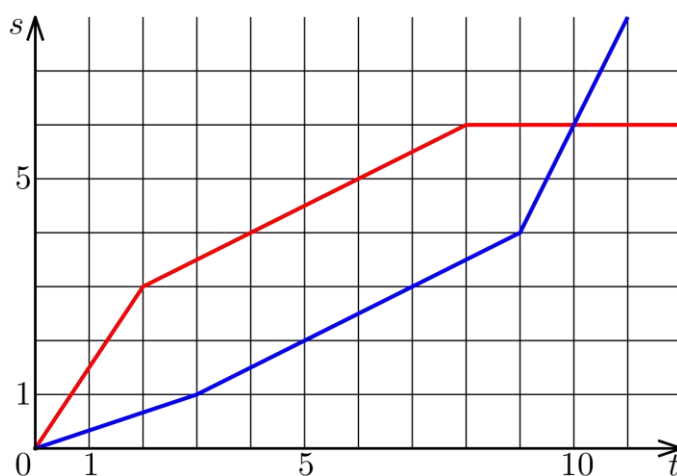
**8 класс, Задача 1, Вариант 2** При строительстве Пирамиды Солнца в Теотиуакане приходилось поднимать тяжелые блоки вулканического туфа на высоту **60 метров**. Определите массу такого блока, если на эту высоту их тянули по наклонной плоскости длиной **120 метров** с силой **10 кН**, а КПД всей конструкции составлял **75%**. Ускорение свободного падения примите равным **10 Н/кг**, сила направлена вдоль плоскости. Ответ приведите в **килограммах**, округлив до ближайшего целого.

**Решение:**

Полезная работа равна  $MgH$ , затраченная –  $FL$ , откуда  $E=MgH/FL$  и  $M=FEL/gH$

Тогда  $M=1500$  кг

**8 класс, Задача 2, вариант 1:** Два тела одновременно стартовали из одной точки и движутся в одном направлении. График зависимости пройденного пути от времени для первого тела изображен на рисунке красной линией, а для второго тела – синей. Цена деления по горизонтальной оси 1 минута, по вертикальной 1 метр. Из приведенных ниже утверждений выберите все правильные:



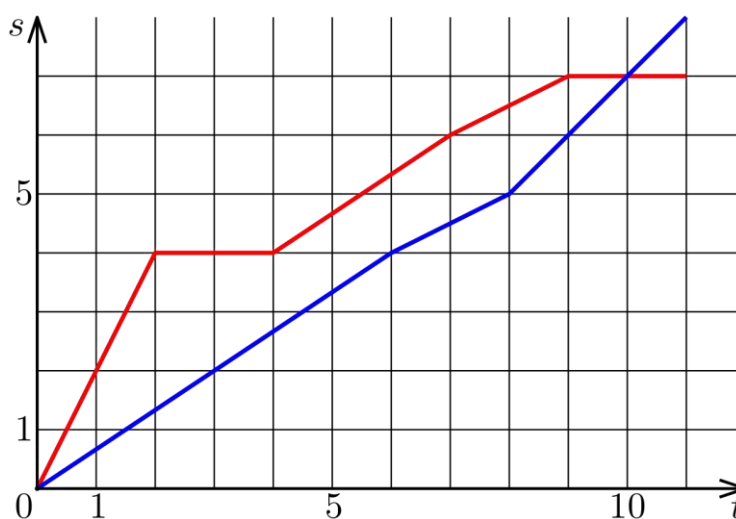
а) первые 5 мин 2 тело двигалось быстрее 1 тела

б) минимальная скорость 1 тела больше минимальной скорости 2 тела

- в) оба тела двигались с одинаковой скоростью ровно 5 минут
- г) за первые 7 мин 1 тело прошло больший путь, чем 2 тело за то же время
- д) средняя скорость 1 тела за первые 10 мин больше средней скорости 2 тела за то же время
- е) за 11 мин 2 тело прошло больший путь, чем 1 тело за то же время

**Ответ:** б, г, д

**8 класс, Задача 2, вариант 2:** Два тела одновременно стартовали из одной точки и движутся в одном направлении. График зависимости пройденного пути от времени для первого тела изображен на рисунке красной линией, а для второго тела – синей. Цена деления по горизонтальной оси 1 минута, по вертикальной 1 метр. Из приведенных ниже утверждений выберите все правильные:



- а) в первые 5 мин мгновенная скорость 2 тела была больше мгновенной скорости 1 тела
- б) минимальная скорость 2 тела больше минимальной скорости 1 тела
- в) через 2 минуты после начала движения 1 тело остановилось
- г) за первые 7 мин 1 тело прошло больший путь, чем 2 тело за то же время
- д) средняя скорость 1 тела за первые 10 мин больше средней скорости 2 тела за то же время
- е) за 11 мин 1 тело прошло больший путь, чем 2 тело за то же время

**Ответ:** б, в, г

**8 класс, Задача 3, вариант 1:** Во время тренировки в бассейне спортсмен проплывает первые **300 метров** со скоростью **80 метров в минуту**, затем отдыхает **3 минуты** и проплывает еще **700 метров**, двигаясь в постоянном темпе и тратя по **2 минуты** на каждые **100 м**. Какую среднюю скорость покажет фитнес-браслет спортсмена в конце тренировки, если во время отдыха на паузу его не ставили? Ответ выразить **в метрах в минуту** и округлить до ближайшего целого числа.

**Решение:**

$$V_{\text{cp}} = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

$$t_1 = \frac{S_1}{V_1}$$

Темп – физическая характеристика, обратная к скорости (надо обращать внимание на единицы измерения темпа – перевести из минут на 100м в секунды на метры, либо же путь измерять не в метрах, а в сотнях метров):

$$\tau = \frac{1}{V_3}, t_3 = S_3 \tau$$

$$V_{\text{cp}} = \frac{S}{t} = (S_1 + S_3) / \left( \frac{S_1}{V_1} + t_2 + S_3 \tau \right)$$

**8 класс, Задача 3, вариант 2:** Спортсмен тренируется в парке и первые **20 минут** бежит со скоростью **12 км/ч**, затем делает короткую разминку в течение **10 минут** и бежит еще **4 километра**, двигаясь в постоянном темпе и тратя по **4.5 минуты на километр**. Какую среднюю скорость покажет фитнес-браслет спортсмена в конце тренировки, если во время разминки на паузу его не ставили? Ответ приведите в **км/ч** и округлите до ближайшего целого.

**Решение:**

$$V_{\text{cp}} = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

$$t_1 = \frac{S_1}{V_1}$$

Темп – физическая характеристика, обратная к скорости (надо обращать внимание на единицы измерения темпа – перевести из минут на 100м в секунды на метры, либо же путь измерять не в метрах, а в сотнях метров):

$$\tau = \frac{1}{V_3}, t_3 = S_3 \tau$$

$$V_{\text{cp}} = \frac{S}{t} = (V_1 t_1 + S_3) / (t_1 + t_2 + S_3 \tau)$$

**Ответ:** 10 км/ч

**8 класс, Задача 4, вариант 1:** На заводе изготавливают жидкий химикат плотностью **1250 кг/м<sup>3</sup>** путем смешения двух растворов плотностями **1050 кг/м<sup>3</sup>** и **1350 кг/м<sup>3</sup>**. Из-за изменения физико-химических свойств объем конечного продукта составляет **95 процентов** от суммарного объема исходных растворов. Определите, какую массу первого раствора необходимо взять, чтобы получить **1 тонну** конечного продукта? Ответ приведите в **килограммах**, округлив до ближайшего целого.

**Решение:**

Суммарная масса прекурсоров равна массе конечного продукта:

$$m_1 + m_2 = M$$

По условию дано соотношение на объемы:

$$V = k(V_1 + V_2)$$

Зная, что масса равна произведению плотности на объем, распишем:

$$V = k(V_1 + V_2) \Rightarrow \frac{M}{\rho} = k \left( \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} \right) \Rightarrow \frac{M}{\rho} = k \left( \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{M - m_1}{\rho_2} \right) \Rightarrow \frac{M}{\rho k} = \frac{m_1 \rho_2 + M \rho_1 - m_1 \rho_1}{\rho_1 \rho_2}$$

$$m_1 (\rho_2 - \rho_1) = M \rho_1 \left( \frac{\rho_2}{\rho k} - 1 \right) \Rightarrow m_1 = \frac{M \rho_1}{(\rho_2 - \rho_1)} \left( \frac{\rho_2}{\rho k} - 1 \right)$$

**Ответ:** 479 кг

**8 класс, Задача 4, вариант 2:** На плавильном заводе изготавливают сплав из железа, алюминия и хрома, имеющий плотность **7112 кг/м<sup>3</sup>**. Рабочие отправили в плавильню **700 Тонн** железа и **40 Тонн** алюминия. Определите, сколько **тонн** хрома нужно отправить рабочим в плавильню, чтобы получить сплав необходимой плотности. Плотность железа **7800 кг/м<sup>3</sup>**, плотность алюминия **2700 кг/м<sup>3</sup>**, плотность хрома **7200 кг/м<sup>3</sup>**. Объем сплава равен сумме объемов чистых металлов, входящих в его состав.

**Решение:**

Масса конечного сплава складывается из масс составляющих:

$$m_1 + m_2 + m_3 = M$$

Аналогично для объема:

$$V_1 + V_2 + V_3 = V$$

Расписываем:

$$\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} + \frac{m_3}{\rho_3} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{\rho} \Rightarrow m_3 \left( \frac{1}{\rho_3} - \frac{1}{\rho} \right) = m_1 \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_1} \right) + m_2 \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_2} \right)$$

$$-m_3 \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_3} \right) = m_1 \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_1} \right) + m_2 \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_2} \right) \Rightarrow m_3 = - \frac{m_1 \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_1} \right) + m_2 \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_2} \right)}{\left( 1 - \frac{\rho}{\rho_3} \right)}$$

**Ответ:** 296 тонн

**8 класс, задача 5, 9 класс, задача 1, вариант 1** Кабестан – специальное устройство, применяемое на кораблях для поднятия тяжелых грузов и якорей – представляет собой цилиндрический барабан с вертикальной осью. При вращении кабестана на барабан наматывается цепь, а прикрепленный к цепи якорь поднимается вверх. Матрос равномерно вращает кабестан, прикладывая силу **100 Н** к его ручке на расстоянии **1.5 м** от оси. Определите массу поднимаемого якоря, если диаметр барабана кабестана равен **0.6 м**. Трением во всех узлах механизма и массой цепи пренебречь. Ускорение свободного падения примите равным **10 Н/кг**. Ответ приведите в **килограммах**, округлив до ближайшего целого.

**Решение:**

Пусть матрос совершил один оборот барабана. Тогда сделанная им работа равна ( $R$  – радиус барабана):

$$A = F * 2\pi R$$

С другой стороны, груз поднимается на веревке. При одном обороте якорь поднялся на высоту ( $d$  – диаметр барабана):

$$H = \pi d$$

А работа по подъему якоря равна:

$$A = mg\pi d$$

Приравняв работы, находим:

$$F * 2\pi R = mg\pi d \Rightarrow m = \frac{2RF}{gd}$$

(можно решить через правило моментов, непосредственно нарисовав барабан и прикладываемые к нему силы).

**Ответ: 50 кг**

**8 класс, задача 5, 9 класс, задача 1, вариант 2** Для подъема ведра с водой из колодца часто используется колодезный ворот. Он представляет собой деревянный цилиндр на оси, к которому прикреплена веревка с ведром. Ворот вращают при помощи рукоятки, прикрепленной к оси ворота. Определите, с какой силой нужно вращать рукоятку ворота, чтобы вытащить ведро с **10 литрами** воды? Длина рукоятки **0.6 м**, диаметр цилиндра ворота **0.3 м**. Трением в оси ворота и массой пустого ведра с веревкой пренебречь. Плотность воды **1000 кг/м<sup>3</sup>**. Ускорение свободного падения примите равным **10 Н/кг**. Ответ приведите в **ньютонах**, округлив до ближайшего целого.

**Решение:**

Пусть совершили один оборот ворота. Тогда проделанная работа равна ( $R$  – длина рукоятки):

$$A = F * 2\pi R$$

С другой стороны, ведро поднимается на веревке. При одном обороте ведро поднялось на высоту ( $d$  – диаметр цилиндра):

$$H = \pi d$$

А работа по подъему ведра равна:

$$A = mg\pi d$$

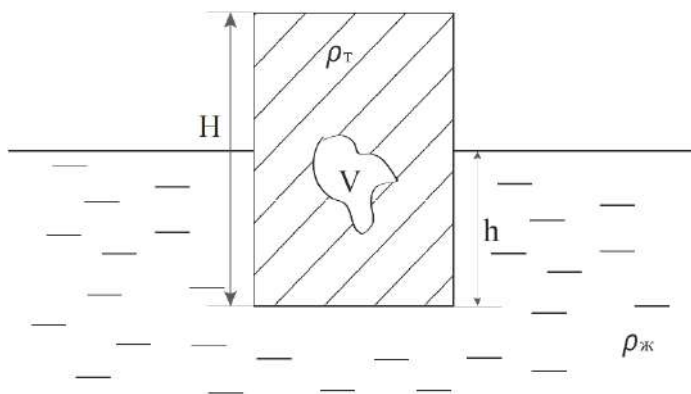
Приравняв работы, находим:

$$F * 2\pi R = mg\pi d \Rightarrow F = \frac{mgd}{2R} = \frac{\rho Vgd}{2R}$$

(можно решить через правило моментов, непосредственно нарисовав барабан и прикладываемые к нему силы).

**Ответ: 25 Н**

**8 класс, задача 6, 9 класс, задача 2, вариант 2** Брусек в форме параллелепипеда высотой **20.5 см** и с площадью основания **132 см<sup>2</sup>**, сделанный из дерева плотностью **650 кг/м<sup>3</sup>**, плавает на поверхности жидкости плотностью **1025 кг/м<sup>3</sup>** так, как показано на рисунке. Внутри бруска находится небольшая полость. Найдите объем полости, если известно, что брусек погружен в жидкость на глубину **11 см**. Ответ приведите в **см<sup>3</sup>**, округлив до ближайшего целого числа.



**Решение:**

Условие равновесия бруска:

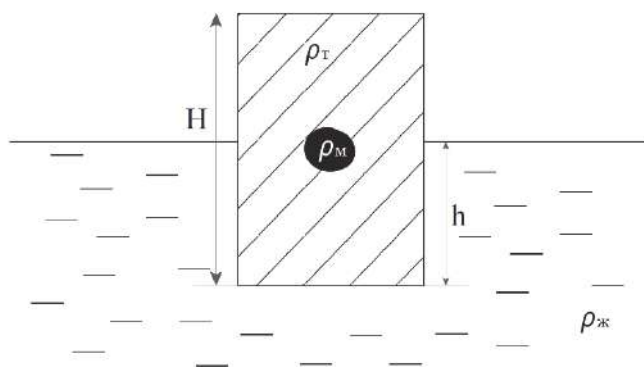
$$mg = F_{\text{арх}}$$

Масса тела равна произведению плотности тела на его объем, из которого вычитаем объем полости. Масса вытесненной жидкости же равна плотности жидкости на погруженный в воду объем тела. Тогда получаем:

$$\rho_{\text{т}}(HS - V)g = \rho_{\text{ж}}hSg \Rightarrow \rho_{\text{т}}HS - \rho_{\text{т}}V = \rho_{\text{ж}}hS \Rightarrow V = \left(H - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{т}}}h\right)S$$

Ответ: 416 см<sup>3</sup>.

**8 класс, задача 6, 9 класс, задача 2, вариант 2** Брусок в форме параллелепипеда высотой **19 см** и с площадью основания **102 см<sup>2</sup>**, сделанный из парафина плотностью **900 кг/м<sup>3</sup>**, плавает на поверхности жидкости плотностью **1000 кг/м<sup>3</sup>** так, как показано на рисунке. Внутри бруска находится небольшой кусок цинка плотностью **7100 кг/м<sup>3</sup>**. Найдите массу цинка, если известно, что брусок погружен в жидкость на глубину **18 см**. Ответ приведите в **граммах**, округлив до ближайшего целого.



**Решение:**

Условие равновесия бруска (обозначим M – масса бруска, m – масса металла):

$$Mg + mg - Fa = 0$$

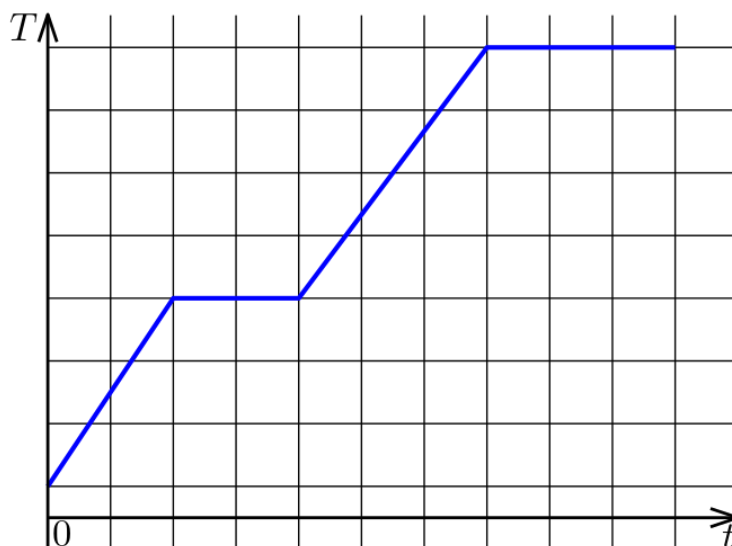
Масса тела равна произведению плотности тела на его объем, из которого вычитаем объем, занимаемый металлом. Масса вытесненной жидкости же равна плотности жидкости на погруженный в воду объем тела. Тогда получаем:

$$\rho_{\text{т}} \left( HS - \frac{m}{\rho_{\text{м}}} \right) g + mg = \rho_{\text{ж}} h S g \Rightarrow \rho_{\text{т}} HS - \rho_{\text{т}} \frac{m}{\rho_{\text{м}}} + m = \rho_{\text{ж}} h S \Rightarrow m \left( 1 - \frac{\rho_{\text{т}}}{\rho_{\text{м}}} \right) = \rho_{\text{ж}} h S - \rho_{\text{т}} HS$$

$$m = \frac{(\rho_{\text{ж}} h - \rho_{\text{т}} H) S}{\left( 1 - \frac{\rho_{\text{т}}}{\rho_{\text{м}}} \right)}$$

Ответ: 105 г

**8 класс, задача 7, 9 класс, задача 3, вариант 1** Экспериментатор греет "загадочное" вещество на электроплитке и строит график зависимости его температуры от времени. Цена деления по горизонтальной оси **5 минут**, по вертикальной **25 °С**. В ходе эксперимента вещество расплавилось, а через некоторое время закипело. В спешке экспериментатор забыл записать начальную температуру вещества, но запомнил, что первые **15 минут** мощность нагревателя была в **2 раза меньше**, чем все остальное время. Помогите ему определить по имеющимся данным, **во сколько раз** теплоемкость вещества в жидком агрегатном состоянии больше теплоемкости вещества в твердом состоянии. Приведите ответ, округлив его до ближайшего целого.



**Решение:**

Обозначим цену деления по горизонтальной оси  $dt$ , по вертикальной –  $dT$ . Сообщенное за некоторое время количество теплоты равно произведению теплоемкости на изменение температуры (которое определяется по оси ординат). С другой стороны, та же теплота равна произведению мощности нагревателя на время (определяется по оси абсцисс). Тогда можно записать:

$$C_1 \cdot 3dT = P_1 \cdot 2dt$$

$$C_2 \cdot 4dT = P_2 \cdot 3dt$$

$$\frac{3C_1}{4C_2} = \frac{2P_1}{3P_2}$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{9P_2}{8P_1}$$

(для решения задачи знать цены деления необязательно, достаточно сосчитать клеточки на графике)

**Ответ: 2**

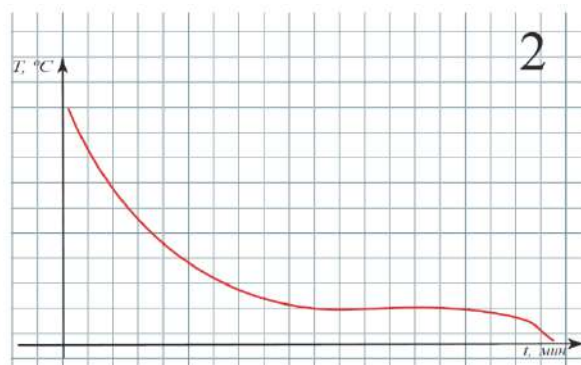
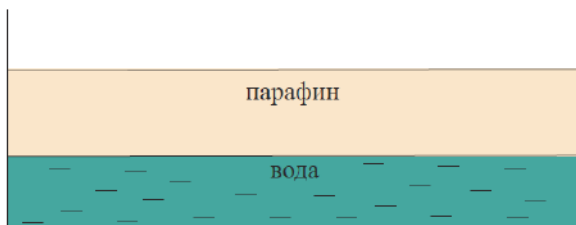
**8 класс, задача 7, 9 класс, задача 3, вариант 2** Экспериментатор греет "загадочное" вещество на электроплитке и строит график зависимости его температуры от времени. Цена деления по горизонтальной оси **5 мин**. В ходе эксперимента вещество расплавилось, а через некоторое время закипело. В спешке экспериментатор забыл записать цену деления по вертикальной оси, но запомнил, что плавление началось при **5 °С**, а кипение при **95 °С**, а первые **15 минут** мощность нагревателя была **в 3 раза меньше**, чем все остальное время. Помогите ему определить по имеющимся данным, **во сколько раз** теплоемкость вещества в жидком агрегатном состоянии больше теплоемкости вещества в твердом состоянии? Приведите ответ, округлив до ближайшего целого.

**Решение:**

Решение аналогично варианту 1, за тем исключением, что по имеющимся данным определяем цену деления шкалы по температуре. Опять же, строго говоря, знать цену деления не нужно, важны лишь число клеточек и отношение мощностей.

**Ответ: 3**

**8 класс, задача 8, 9 класс, задача 4, вариант 1** В чашку Петри (см. рисунок) налиты вода и жидкий парафин, находящиеся в тепловом равновесии при  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , массы веществ одинаковы. Чашку охлаждают, снимая показания с погруженного в нее термометра. Удельная теплота плавления льда  $3.3 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$ , удельная теплота плавления парафина  $1.65 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$ . Укажите номер графика, правильно описывающего изменение температуры со временем, если известно, что скорость теплоотвода была постоянна.



**Решение:**

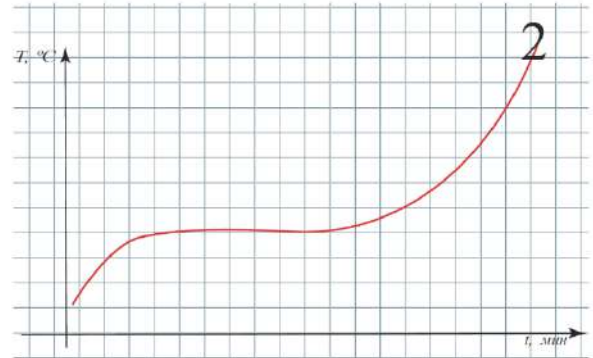
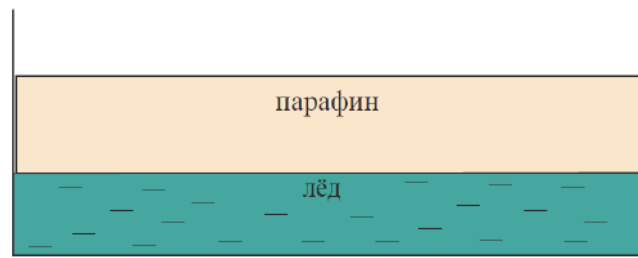
Чашка Петри обеспечивает большую площадь контакта между водой и парафином, что обеспечивает, что при замерзании одной из компонент градусник будет показывать неизменную температуру. Поэтому правильный график либо №2, либо №4. Далее, поскольку теплота плавления льда в 2 раза больше, чем у парафина, то с учетом одинаковых масс обоих веществ вода будет замерзать дольше, чем до этого замерзал парафин. Поэтому правильный ответ – график №4.

**Ответ:** график №4

**8 класс, задача 8, 9 класс, задача 4, вариант 2** В чашке Петри (см. рисунок) находятся лёд и парафин в тепловом равновесии при  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , массы веществ одинаковы. Чашку нагревают, снимая показания с погруженного в нее термометра. Удельная теплота плавления льда  $3.3 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$ , удельная теплота плавления парафина  $1.65 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$ . Укажите номер графика, правильно



описывающего изменение температуры со временем, если известно, что скорость подвода тепла была постоянна.



**Решение:**

Решение аналогично Варианту 1, правильный ответ – график №3.

**Ответ:** график №3