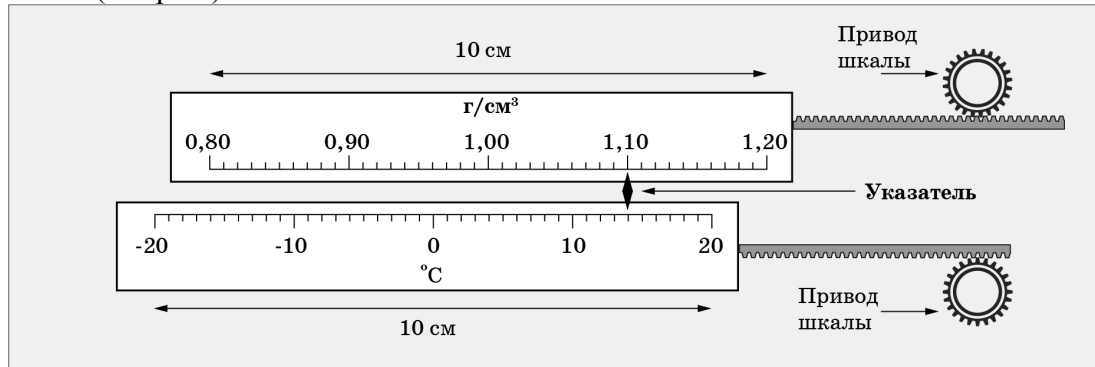


7 класс

Задача 1. Термоареометр. Однажды экспериментатору Глюку понадобилось одновременно измерять температуру и плотность исследуемой жидкости. Он разработал универсальный прибор, в котором указатель неподвижен, а шкалы перемещаются независимо (см. рис.).



Глюк снял показания, которые занёс в таблицу.

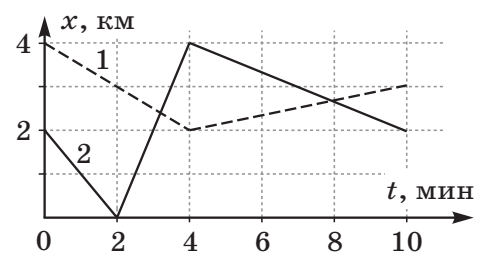
Температура, T , °C	20	18	16	12	8	7	6	4
Плотность, ρ , г/см ³	1,01	1,02	1,03	1,05	1,08	1,11	1,14	1,20

Известно, что температура жидкости изменялась на одинаковую величину за равные промежутки времени. Длины шкал $L = 10$ см, а весь эксперимент длился $\Delta\tau = 5$ минут.

Постройте график полученной зависимости $\rho(T)$ и определите, с какой максимальной скоростью перемещались шкалы друг относительно друга в ходе эксперимента.

Задача 2. Каникулы в Простоквашино (1). От станции Простоквашино до дома, в котором живёт кот Матроскин, расстояние $s = 1,2$ км. Дядя Фёдор с Шариком приехал на станцию Простоквашино и пошёл домой со скоростью $v_\phi = 4$ км/ч, а Шарик побежал со скоростью $v_{\text{Ш}} = 12$ км/ч. Добежав до дома Шарик повернул обратно, навстречу дяде Фёдору, и так бегал вперед и назад между дядей Фёдором и домом вплоть до момента прибытия мальчика домой. Какой путь больше: суммарный путь S_1 , который Шарик пробежал, перемещаясь в сторону дома, или S_2 , который он пробежал, перемещаясь в обратном направлении. На сколько один путь длиннее другого? Определите S_1 и S_2 .

Задача 3. Усреднение. На рисунке приведены графики зависимости от времени координат двух машин, ехавших по одной прямой дороге. Определите среднюю путевую скорость v_{10} второй машины за 10 минут движения с точки зрения наблюдателя, находящегося в первой. В какие моменты времени движения, кроме конечного, средняя скорость второй машины относительно первой также была равна v_{10} ? Какого максимального значения достигала средняя путевая скорость второй машины в процессе движения.



Задача 4. Кубический коктейль. Если в стакан, доверху заполненный жидкостью с плотностью $\rho = 1,2$ г/см³, погрузить кубик, то средняя плотность содержимого станет равна $\rho_1 = 1,4$ г/см³, если вместо этого кубика поместить другой кубик такого же объема, то средняя плотность содержимого станет равна $\rho_2 = 1,6$ г/см³. Какой окажется средняя плотность ρ_3 содержимого, если в стакан поместить сразу оба кубика? Внутренний объем стакана в 5 раз больше объема кубика.

22 января на портале <http://abitunet/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач теоретического тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 12.00; 9 класс – 13.00; 10 класс – 14.30; 11 класс – 16.00.

Чтобы при разборе задач вы могли задать вопросы, необходима регистрация на портале.

7 класс

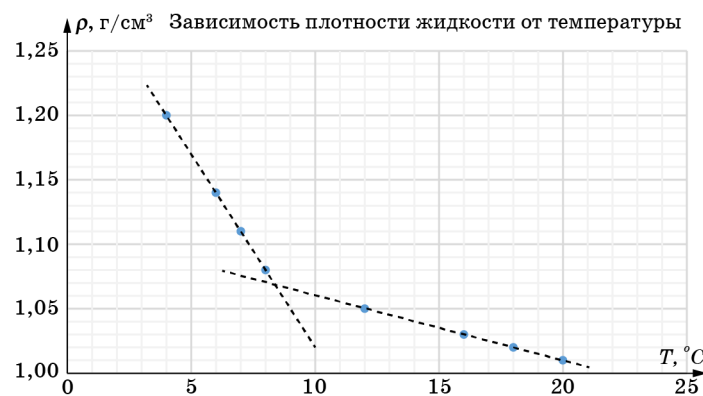
Возможное решение

Задача 1. Термоариометр. Длина шкалы температур $L = 10$ см. Её пределы измерения от -20°C до $+20^\circ\text{C}$. В ходе эксперимента показания шкалы температур изменялись от $+20^\circ\text{C}$ до $+4^\circ\text{C}$. Значит, шкала сместилась на $\Delta x_T = \frac{20^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C} - (-20^\circ\text{C})} 10 \text{ см} = 4,0 \text{ см}$.

По условию она смещалась равномерно в течение $\Delta \tau = 5$ мин, значит скорость её движения относительно указателя $v_T = \frac{\Delta x_T}{\Delta \tau} = \frac{4 \text{ см}}{5 \text{ мин}} = 0,8 \frac{\text{см}}{\text{мин}}$.

1) Скорость остывания $\frac{\Delta T}{\Delta \tau} = 3,2 \frac{^\circ\text{C}}{\text{мин}}$.

2) Построим график $\rho(T)$:



Из него видно, что изменение плотности линейно зависит от температуры (и значит от времени, так как температура изменяется равномерно) на двух участках. На первом участке

модуль скорости изменения равен $\left| \frac{\Delta \rho}{\Delta \tau} \right| = \left| \frac{\Delta \rho}{\Delta T} \frac{\Delta T}{\Delta \tau} \right| = \frac{1,20 - 1,08}{8 - 4} 3,2 = 0,096 \frac{\text{г/см}^3}{\text{мин}}$, а на втором

$\left| \frac{\Delta \rho}{\Delta \tau} \right| = \left| \frac{\Delta \rho}{\Delta T} \frac{\Delta T}{\Delta \tau} \right| = \frac{1,05 - 1,01}{20 - 12} 3,2 = 0,016 \frac{\text{г/см}^3}{\text{мин}}$. Это меньше чем на первом участке.

Длина шкалы плотностей $L = 10$ см. Её пределы измерения от $0,8 \text{ г/см}^3$ до от $1,2 \text{ г/см}^3$. Значит, максимальная по модулю скорость смещения шкалы плотностей относительно указателя будет на первом участке:

$$v_\rho = \frac{\Delta x_\rho}{\Delta \tau} = \frac{|\Delta \rho| \frac{10 \text{ см}}{(1,2 - 0,8) \text{ г/см}^3}}{\Delta \tau} = \frac{|\Delta \rho|}{\Delta \tau} 25 \frac{\text{см}}{\text{мин}} = 2,4 \frac{\text{см}}{\text{мин}}$$

Так как шкалы двигаются в противоположные стороны, то их относительная скорость

$$v = v_\rho + v_T = 3,2 \frac{\text{см}}{\text{мин}}$$

22 января на портале <http://abitunet/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач теоретического тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 12.00; 9 класс – 13.00; 10 класс – 14.30; 11 класс – 16.00.

Чтобы при разборе задач вы могли задать вопросы, необходима регистрация на портале.

Критерии оценивания

1	График а) Не подписаны оси (величины и ед. измерения): - 1 балл б) Неудачный масштаб (график занимает по одной из осей менее половины): - 1 балл в) Нанесены не все точки (или есть ошибки в их положении): - 1 балл	4 балла
2	Правильно определена скорость v_T движения шкалы T	1
3	Правильно определена скорость остывания	1
4	Указано, что на двух участках скорость изменения плотности равномерна (так как равномерно изменяется температура)	1
5	Правильно найдена максимальная скорость изменения плотности	1
6	Правильно определена скорость движения шкалы ρ	1
7	Правильно определена относительная скорость движения шкал	1

Задача 2. Каникулы в Простоквашино (1).

$S_{\downarrow} \equiv S_1 = s_1 + s_3 + s_5 + s_7 + \dots$ (1), $S_{\uparrow} \equiv S_2 = s_2 + s_4 + s_6 + \dots$ (2) – см. рис.2. $s_1 = s$ (путь, который преодолел Шарик от станции до дома, $s_2 = s_3, s_4 = s_5, s_6 = s_7, \dots$ (Шарик пробежал от дома до Дяди Фёдора, а потом пробежал обратно до дома; причем так много-много раз).

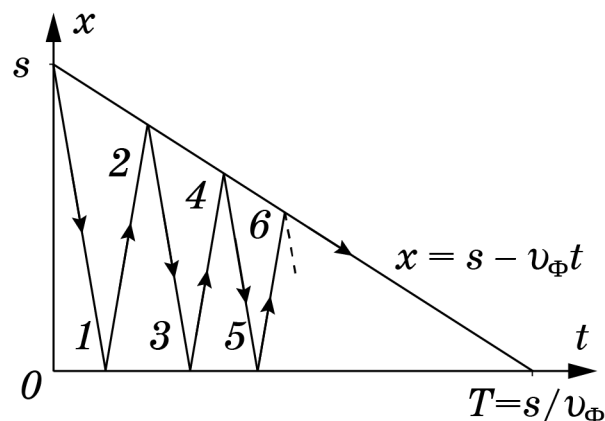


Рис. 2

В итоге, в сумме (1) первое слагаемое равно s (расстоянию от станции до дома), а сумма остальных слагаемых в точности равна сумме всех слагаемых в (2), т.е. $S_1 - S_2 = s$, или

$$v_{III}T_1 - v_{III}T_2 = s, \text{ или еще иначе } T_1 - T_2 = \frac{s}{v_{III}}. \quad (1)$$

$$\text{Сумма времен } T_1 \text{ и } T_2 \text{ дает общее время движения дяди Фёдора: } T_1 + T_2 = \frac{s}{v_{\Phi}}, \quad (2)$$

которое, разумеется, совпадает с полным временем движения Шарика.

Решая систему уравнений (1-2), находим:

$$T_1 = \frac{v_{III} + v_{\Phi}}{v_{III}v_{\Phi}} \frac{s}{2} = 0,2 \text{ часа}, \quad T_2 = \frac{v_{III} - v_{\Phi}}{v_{III}v_{\Phi}} \frac{s}{2} = 0,1 \text{ часа}.$$

$$S_1 = s \frac{v_{III} + v_{\Phi}}{2v_{\Phi}} = 2,4 \text{ км}, \quad S_2 = s \frac{v_{III} - v_{\Phi}}{2v_{\Phi}} = 1,2 \text{ км}.$$

22 января на портале <http://abitunet/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач теоретического тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 12.00; 9 класс – 13.00; 10 класс – 14.30; 11 класс – 16.00.

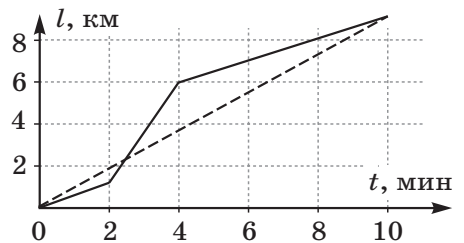
Чтобы при разборе задач вы могли задать вопросы, необходима регистрация на портале.

Критерии оценивания

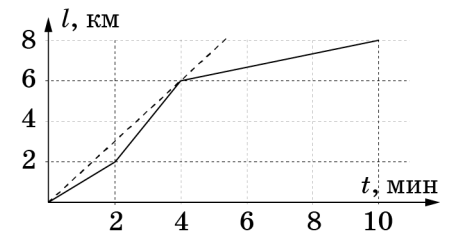
1	Указано, что $S_1 - S_2 = s = 1,2$ км.	2 балла
2	Указано, что $T_1 + T_2 = s/v_{\text{ф}}$	2 балла
3	Найдено время T_1 (не обязательно в числах)	2 балла
4	Найдено время T_2 (не обязательно в числах)	2 балла
5	Найден путь S_1	1 балл
6	Найден путь S_2	1 балл

Задача 3. Усреднение. Построим график зависимости пути от времени для второй машины относительно первой. За $t_0 = 10$ минут она проехала относительно первой путь $l_0 = 9$ км, следовательно, ее средняя скорость $v_0 = 0,9$ км/мин.

Пунктирная линия на графике соответствует движению со средней скоростью 0,9 км/мин. Видно, что график зависимости пути от времени пересекается пунктирной линией один раз, через $t_x \approx 2,5$ мин после старта.



Построим для второй машины график зависимости пути от времени (движение относительно дороги). Максимальная средняя скорость $v_{\text{max}} = 1,5$ км/мин была через 4 мин после старта (на рисунке ей соответствует пунктирная линия).



Примечание. Если ученик находил среднюю путевую скорость второй машины относительно первой, то такое решение тоже считать верным.

Критерии оценивания

1	Построен график пути от времени для второй машины относительно первой или аналитически найден путь $l_0 = 9$ км	3 балла
2	Найдена относительная путевая скорость за 10 мин движения	2 балла
3	Найден момент времени, когда средняя скорость второй машины относительно первой была равна v_{10}	2 балла
4	Построен график пути от времени для второй машины или аналитически показано, что максимальное значение скорости будет достигнуто через 4 минуты на пути $l_2 = 6$ км	2 балла
5	Найдено максимальное значение путевой скорости	1 балл

Задача 4. Кубический коктейль. Запишем выражения для средних плотностей содержимого:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= ((V_0 - V)\rho + V\rho_{01})/V_0 = (4\rho + \rho_{01})/5; \\ \rho_2 &= ((V_0 - V)\rho + V\rho_{02})/V_0 = (4\rho + \rho_{02})/5; \\ \rho_3 &= ((V_0 - 2V)\rho + V\rho_{01} + V\rho_{02})/V_0 = (3\rho + \rho_{01} + \rho_{02})/5. \end{aligned}$$

22 января на портале <http://abitunet/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач теоретического тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 12.00; 9 класс – 13.00; 10 класс – 14.30; 11 класс – 16.00.

Чтобы при разборе задач вы могли задать вопросы, необходима регистрация на портале.

ЛIII Всероссийская олимпиада школьников по физике. Региональный этап.
Теоретический тур. 21 января 2019 г.

Здесь ρ_{01} и ρ_{02} – неизвестные плотности первого и второго кубиков, V_0 – объем стакана, V – объем кубика. Решая систему уравнений, получим:

$$\rho_3 = \rho_1 + \rho_2 - \rho = 1,8 \text{ г/см}^3.$$

Критерии оценивания

1	Записано уравнение для ρ_1	2 балла
2	Записано уравнение для ρ_2	2 балла
3	Записано уравнение для ρ_3	3 балла
4	Решена система уравнений и найдено выражение для плотности ρ_3	2 балла
5	Получен численный ответ для ρ_3	1 балл

22 января на портале <http://abitunet/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач теоретического тура. Начало разбора (по московскому времени):

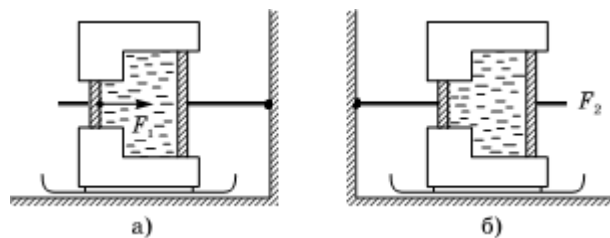
7 класс – 11.00; 8 класс – 12.00; 9 класс – 13.00; 10 класс – 14.30; 11 класс – 16.00.

Чтобы при разборе задач вы могли задать вопросы, необходима регистрация на портале.

8 класс

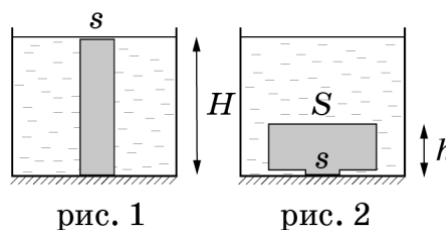
Задача 1. Каникулы в Простоквашино (2). От станции Простоквашино до дома, в котором живёт кот Матроскин, расстояние $s = 1,2$ км. Дядя Фёдор с Шариком приехал на станцию Простоквашино и пошёл домой вниз по склону со скоростью $v_\phi = 4$ км/ч, а Шарик побежал со скоростью $v_{ш,1} = 12$ км/ч. Добежав до дома Шарик повернул обратно и побежал вверх по склону навстречу дяде Фёдору со скоростью $v_{ш,2} = 8$ км/ч. Так пёс бегал вперед и назад между дядей Фёдором и домом вплоть до момента прибытия мальчика домой. Какой путь больше: суммарный путь S_1 , который Шарик пробежал, перемещаясь в сторону дома или S_2 который он пробежал, перемещаясь в обратном направлении. На сколько один путь длиннее другого? Определите S_1 и S_2 .

Задача 2. Качаем пресс. На ползьях, которые могут скользить по гладкому полу, установлен гидравлический пресс, заполненный несжимаемым маслом. Шток поршня большего диаметра прикреплен к стене (рис. а). При движении поршня между ним и стенкой прессы возникает сила трения F (одинаковая для обоих поршней). Чтобы сдвинуть пресс с места, к меньшему поршню необходимо приложить силу не меньшую, чем $F_1 = 500$ Н.

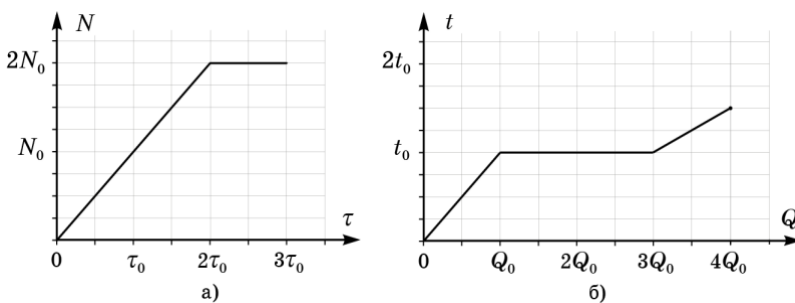


Определите величину силы трения F , если площади поршней отличаются в 4 раза. Какую минимальную горизонтальную силу F_2 необходимо приложить к поршню большего диаметра, чтобы отодвинуть пресс от стены, если установить его так, чтобы шток меньшего поршня был прикреплен к стене (рис. б)? В какую сторону в этом случае должна быть направлена сила F_2 ?

Задача 3. Пластичность. Цилиндрический столбик из пластилина высотой H и площадью основания s плотно прилепили к гладкому дну сосуда, в который налили жидкость плотностью ρ_0 до верха столбика (рис. 1). Вода под столбик пластилина не подтекает. Не изменяя площади контакта пластилина с дном и не отделяя его от дна, столбик превратили в цилиндр высоты h стоящий на очень короткой ножке (рис. 2). Определите, в какую сторону направлена и чему равна результирующая сила, действующая со стороны жидкости на деформированный пластилин. Атмосферное давление p_0 .



Задача 4. Нелинейное плавление. В calorиметре со встроенным нагревателем расплавили некоторое вещество. На рисунке приведены графики зависимости мощности N нагревателя от времени τ его работы и температуры t вещества от переданного ему количества теплоты Q .



Найдите отношение теплоемкостей вещества в твердом и жидком состоянии.

Определите, сколько времени длился процесс плавления τ_n , считая известным время τ_0 . Постройте график зависимости температуры вещества от времени, указав на нем величины τ и t в характерных точках.

8 класс

Возможное решение

Задача 1. Каникулы в Простоквашино (2). Пусть S_1 – путь, который Шарик пробежал, перемещаясь в сторону дома, а S_2 – путь, который он пробежал перемещаясь в обратном направлении. Тогда $S_1 - S_2 = s$, или

$$v_{Ш,1}T_1 - v_{Ш,2}T_2 = s. \quad (1)$$

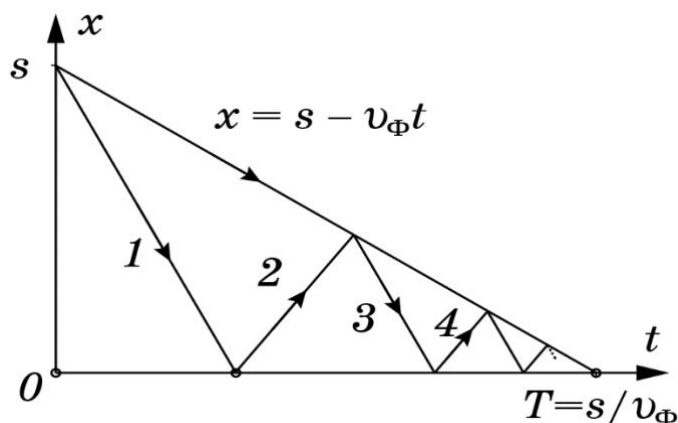


Рис. 2

Сумма времен T_1 и T_2 дает общее время движения дяди Фёдора: $T_1 + T_2 = \frac{s}{v_\Phi}$, (2)

которое, разумеется, совпадает с полным временем движения Шарика.

Решая систему уравнений (1-2), находим:

$$T_1 = \frac{v_{Ш,2} + v_\Phi}{v_{Ш,1} + v_{Ш,2}} \frac{s}{v_\Phi} = 0,18 \text{ часа}$$

$$T_2 = \frac{v_{Ш,1} - v_\Phi}{v_{Ш,1} + v_{Ш,2}} \frac{s}{v_\Phi} = 0,12 \text{ часа.}$$

$$S_1 = v_{Ш,1}T_1 = s \frac{v_{Ш,1}}{v_\Phi} \frac{v_{Ш,2} + v_\Phi}{v_{Ш,1} + v_{Ш,2}} = 2,16 \text{ км,}$$

$$S_2 = v_{Ш,2}T_2 = s \frac{v_{Ш,2}}{v_\Phi} \frac{v_{Ш,1} - v_\Phi}{v_{Ш,1} + v_{Ш,2}} = 0,96 \text{ км.}$$

$$S_1 - S_2 = s = 1,2 \text{ км.}$$

Критерии оценивания

1	Указано, что $S_1 - S_2 = s = 1,2$ км.	2 балла
2	Указано, что $T_1 + T_2 = s/v_\Phi$	2 балла
3	Найдено время T_1 (не обязательно в числах)	2 балла
4	Найдено время T_2 (не обязательно в числах)	2 балла
5	Найден путь S_1	1 балл
6	Найден путь S_2	1 балл

22 января на портале <http://abit.net/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач теоретического тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 12.00; 9 класс – 13.00; 10 класс – 14.30; 11 класс – 16.00.

Задача 2. Качаем пресс. Обозначим площадь малого поршня S , а большого $4S$. Для сохранения объема масла, при движении малого поршня к стене, пресс должен двигаться от стены. Это возможно, если

$$p_1(4S - S) = 2F, \quad (1)$$

где p_1 – это давление масла в цилиндре. Условие начала движения малого поршня

$$F_1 - p_1S = F. \quad (2)$$

Откуда $F = 3F_1/5 = 300$ Н.

Влияние атмосферного давления здесь не принципиально ($p_1 > p_0$). При желании, можно заменить в формулах давление p_1 на разность давлений $p_1 - p_0$.

Во втором случае, чтобы пресс отодвинуть от стены, большой поршень, для сохранения объема жидкости, тоже должен двигаться от стены, но медленнее, чем сам пресс. Таким образом, обе силы трения, действующие на пресс, направлены к стене и уже без учета атмосферного давления трудно объяснить движение прессы вправо. Давление p_2 масла внутри прессы меньше атмосферного! Условие равномерного движения прессы:

$$(p_0 - p_2)(4S - S) = 2F, \quad (3)$$

а условие равновесия большого поршня:

$$4S(p_0 - p_2) = F_2 + F. \quad (4)$$

Откуда $F_2 = F_1 = 500$ Н.

Критерии оценивания

1	Записано соотношение (1) или его аналог	2 балла
2	Записано соотношение (2) или его аналог	2 балла
3	Найдена сила трения F	1 балл
4	Записано соотношение (3) или его аналог	2 балла
5	Записано соотношение (4) или его аналог	1 балл
6	Найдена сила F_2	1 балл
7	Указано направление действия силы F_2	1 балл
8	За отсутствие ссылки на необходимость внешнего давления p_0 баллы не снимать	

Задача 3. Пластичность. После деформации объём пластилина не изменился, следовательно, $sH = Sh$, где S – площадь верхней грани нового цилиндра. Горизонтальные составляющие сил давления жидкости, действующие на столбик, компенсируют друг друга. На деформированный пластилин со стороны жидкости в вертикальном направлении вверх действует сила: $F = \rho_0 g (S - s)H + p_0 (S - s) - [\rho_0 g S (H - h) + p_0 S] = -p_0 s$.

(Другой вариант решения)

$F_{Арх} = \rho_0 g (S - s)h$ – сила Архимеда, действующая на «шайбу» площадью $S - s$. Сила давления жидкости на столбик сечением s равна $F_{жс} = \rho_0 g s (H - h) + p_0 s$.

Результирующая сила $F_{общ} = F_{жс} - F_{Арх} = \rho_0 g [s(H - h) - (S - s)h] + p_0 s = p_0 s$.

Следовательно, после деформации пластилина результирующая сила не изменяется.

22 января на портале <http://abitru.net/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач теоретического тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 12.00; 9 класс – 13.00; 10 класс – 14.30; 11 класс – 16.00.

Критерии оценивания

1	Записано условие постоянства объёма пластилина	2 балла
2	Упомянута компенсация горизонтальных составляющих сил.	1 балл
3	Правильно записана сила давления сверху Если не учтено атмосферное давление – ставить 1 балл	2 балла
4	Правильно записана сила давления снизу Если не учтено атмосферное давление – ставить 1 балл	2 балла
5	Показано, что результирующая сила равна p_0s Если не учтено атмосферное давление – ставить 1 балл	2 балла
6	Учтено атмосферное давление (или аргументирован отказ его учёта)	1 балл

Примечание: Задачу можно решить в общем виде: Искомая сила есть разница между силой Архимеда действующей на полностью окруженное водой тело и силой давления жидкости на площадку s . Поскольку, в обоих случаях пятно контакта со дном и объём пластилина не изменялись, то и результирующая сила не изменялась. Если участник рассуждал подобным образом, то он заслуживает полный балл!

Задача 4. Нелинейное плавление.

Теплоемкость вещества $C = Q/t$. С помощью графика (рис. б) находим:

для твёрдой фазы $C_{Тв} = Q_0/t_0$;

для жидкой фазы $C_{Ж} = Q_0/(t_0/2) = 2C_{Тв}$.

Следовательно, $C_{Тв}/C_{Ж} = 1/2$.

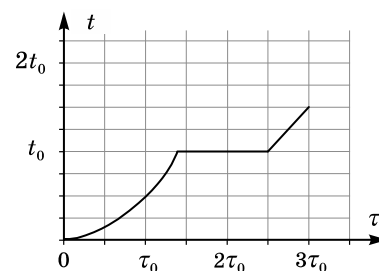
За время работы нагревателя ($3\tau_0$) выделилось $4Q_0$ теплоты.

Площадь под графиком (а) соответствует выделившемуся количеству теплоты: $4N_0\tau_0 = 4Q_0$. Таким образом $N_0\tau_0 = Q_0$.

Вещество нагреется до точки плавления за время $\sqrt{2}\tau_0$. При этом мощность нагревателя возрастет до $\sqrt{2}N_0$.

Для плавления вещества потребуется количество теплоты $2Q_0$. На это потребуется время:

$$\tau_{п} = 0,5\tau_0 + (2 - \sqrt{2})\tau_0 = (2,5 - \sqrt{2})\tau_0 \approx 1,1\tau_0.$$



Критерии оценивания

1	Найдена теплоёмкость твёрдой фазы	1 балл
2	Найдена теплоёмкость жидкой фазы	1 балл
3	Найдено отношение теплоёмкостей	1 балл
4	Установлена связь $4N_0\tau_0 = 4Q_0$	2 балла
5	Построен график и найдено время нагрева вещества до точки плавления	3 балла
6	Найдено время плавления вещества	2 балла

22 января на портале <http://abitu.net/vseros> будет проведён онлайн-разбор решений задач теоретического тура. Начало разбора (по московскому времени):

7 класс – 11.00; 8 класс – 12.00; 9 класс – 13.00; 10 класс – 14.30; 11 класс – 16.00.