

## Количество теплоты

ЗАДАЧА 1. Литр воды нагрелся в электрическом чайнике за одну минуту с  $10^\circ\text{C}$  до  $30^\circ\text{C}$ . После этого из чайника налили стакан тёплой воды (200 мл) и снова включили чайник в сеть.

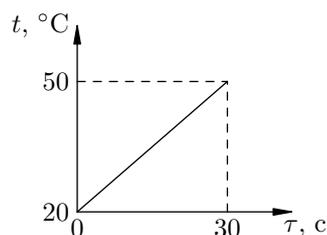
1) Определите мощность чайника.

2) Через какое время (после начала вторичного нагревания) чайник закипит?

Потери тепла не учитывать. Удельная теплоёмкость воды равна  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ .

1) 1400 Вт; 2) через 2 мин 48 с

ЗАДАЧА 2. В печи мощностью 1 кВт нагревают образец из неизвестного материала. График зависимости температуры образца от времени приведён на рисунке. Масса образца равна 2 кг. Определите удельную теплоёмкость материала.



$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$

ЗАДАЧА 3. («Курчатов», 2019, 8) С помощью кипятильника воду объемом 2 литра нагрели с  $80^\circ\text{C}$  до  $90^\circ\text{C}$  за 1 минуту. Затем его выключили, и еще через минуту вода остыла на  $1^\circ\text{C}$ . Найдите мощность кипятильника.

$1540 \text{ Дж}/\text{с}$

ЗАДАЧА 4. («Физтех», 2016, 8) Тело нагрели нагревателем мощностью 630 Вт сначала на  $\Delta t$ , а потом ещё на  $\Delta t$ , но уже нагревателем с вдвое большей мощностью. В результате весь процесс нагревания занял время  $\tau$ . Какая средняя мощность должна быть у нагревателя, чтобы сразу нагреть тело на  $2\Delta t$  за то же время  $\tau$ ? Ответ выразить в Вт, округлить до целых. Потерями пренебречь.

848

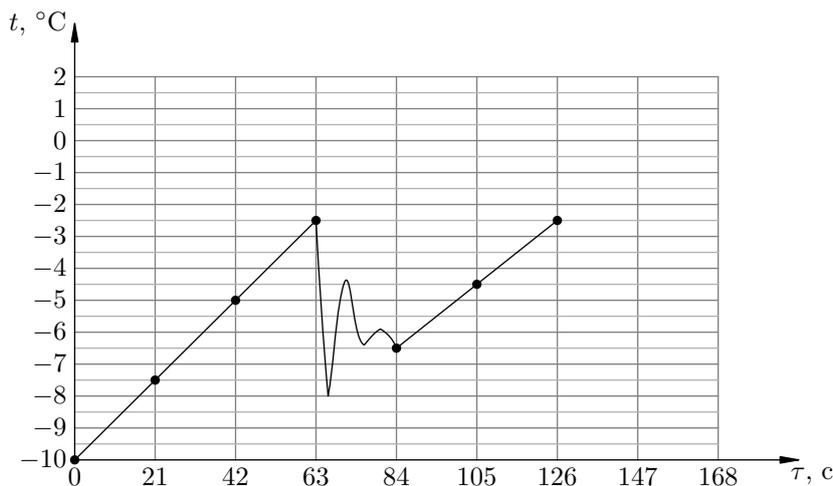
ЗАДАЧА 5. (МОШ, 2008, 8) Школьник Вася проводит дома физический эксперимент, а его младший брат Петя пытается ему помочь. Вася налил в банку  $V = 1 \text{ л}$  воды при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , поместил в воду кипятильник мощностью  $P = 1 \text{ кВт}$ , включил его и вышел в соседнюю комнату поговорить по телефону с одноклассником. Вернувшись через  $\tau = 5 \text{ мин}$ , он измерил температуру воды в банке, и оказалось, что она равна  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ . Выяснилось, что Петя на некоторое время отключал кипятильник, пока Вася разговаривал по телефону. Сколько времени длилась Петина «помощь»? Удельная теплоёмкость воды  $c = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ , плотность воды  $\rho = 1 \text{ кг}/\text{л}$ . Теплоёмкостями банки и кипятильника, а также потерями теплоты пренебречь.

$\tau = \frac{cV}{P} \left( \frac{t_2}{t_1} - 1 \right)$

Задача 6. (МОШ, 2013, 8, 10) По счастливой случайности отличнику Грише и первой красавице Арише выпало вместе делать лабораторную работу по физике. В работе требовалось поместить капсулу со снегом в нагреваемый калориметр и построить график зависимости температуры капсулы от времени.

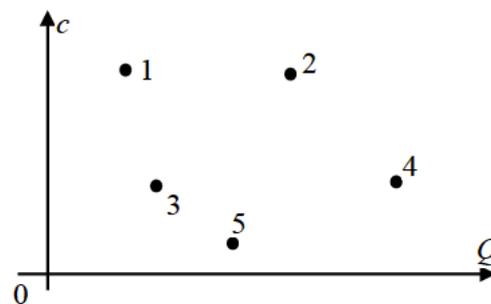
Гриша аккуратно включил печь, поместил 0,5 кг снега в калориметр и ровно в 9<sup>00</sup> по московскому времени начал измерения. «Скучно», — примерно через минуту подумала Ариша, и подсыпала немного снега в калориметр. Гриша в ужасе смотрел на график и печально думал: «Красота требует жертв...»

Используя график, определите мощность печи и массу добавленного Аришей снега. Удельная теплоёмкость снега  $c = 2,1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ .



Мощность печи 125 Вт, масса добавленного снега 125 г

Задача 7. («Максвелл», 2016, РЭ, 8) В лаборатории провели измерения удельной теплоемкости пяти твёрдых тел, имеющих одинаковую массу. Изменений агрегатного состояния вещества в процессе эксперимента не происходило. Результаты измерений нанесли на график, по одной оси которого откладывалась удельная теплоемкость  $c$ , а по другой — количество теплоты  $Q$ , подведённой к телам при их нагревании. К сожалению, масштаб по осям со временем был утрачен. Определите:



1) какому телу было передано больше всего теплоты?

2) у какого тела изменение температуры оказалось самым большим, а у какого — самым маленьким?

3) у каких тел изменения температуры оказались одинаковыми?

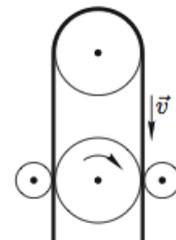
**Примечание!** Применять свои линейки для нанесения на график масштаба нельзя. Подобные решения будут оценены в ноль баллов.

1) 4; 2) 5; 1; 3) 3; 2 и 3

ЗАДАЧА 8. («Росатом», 2018, 8) Тело составлено из трёх частей одинакового объёма, но с разными плотностями, которые относятся друг к другу как  $\rho_1 : \rho_2 : \rho_3 = 1 : 2 : 4$ . Удельные теплоёмкости этих частей — также разные и относятся друг к другу как  $c_1 : c_2 : c_3 = 3 : 2 : 1$ . Найти среднюю удельную теплоёмкость тела, если большая из удельных теплоёмкостей его частей равна  $c$ .

$$\frac{1}{3}c = c_3$$

ЗАДАЧА 9. (Всеросс., 2007, ОЭ, 8) Проволоку площадью поперечного сечения  $S$  протягивают через систему шкивов (рис.). Шкив, отмеченный изогнутой стрелкой, жёстко закреплён на валу электромотора, а остальные могут вращаться свободно. Найдите минимальную мощность  $N_{\min}$  мотора, необходимую для протягивания проволоки со скоростью  $v$ , если известно, что из-за внутреннего трения при изгибе на верхнем шкиве температура проволоки увеличивается на  $\Delta T$ . Материал, из которого изготовлена проволока, имеет плотность  $\rho$  и удельную теплоёмкость  $c$ .



$$N_{\min} = \rho S v \Delta T$$

ЗАДАЧА 10. («Максвелл», 2018, РЭ, 8) Чайник с водой при температуре  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  нагрелся на газовой горелке до  $t_1 = 40^\circ\text{C}$  за время  $\tau_1 = 2$  мин. Желая ускорить нагрев, половину воды вылили, и ещё через  $\tau_2 = 1$  мин температура воды достигла  $t_2 = 55^\circ\text{C}$ . Так как и это показалось медленным, вылили ещё половину оставшейся воды, но при этом случайно задели кран горелки, вдвое убавив её мощность. Через какое время  $\tau_3$  чайник всё-таки нагреется до  $t_3 = 100^\circ\text{C}$ ? Потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь.

$$\tau_3 = \tau_1 \left( \frac{t_3 - t_0}{t_2 - t_0} - \frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} \right) = 4.5 \text{ мин}$$

ЗАДАЧА 11. («Курчатов», 2014, 8–9) В калориметр со встроенным электронагревателем налили 50 мл воды при комнатной температуре. Затем электронагреватель включили на 10 минут. Температура воды повысилась на  $12^\circ\text{C}$ . Затем воду вылили, дождалась, пока калориметр остынет до комнатной температуры, залили в него 100 мл воды и снова включили электронагреватель на 10 минут. В этот раз температура воды повысилась на  $8^\circ\text{C}$ . Затем повторили то же самое, но со 150 мл воды. На сколько градусов повысилась температура воды в этом случае? Мощность электронагревателя постоянна, теплопотерями можно пренебречь.

$$9.6^\circ\text{C}$$

ЗАДАЧА 12. Вова собирается вскипятить воду объёмом  $V$  в двух электрических чайниках, мощности которых равны  $P_1$  и  $P_2$ . Какие объёмы воды нужно налить в каждый чайник, чтобы при одновременном включении они и закипели одновременно? Чему равно в этом случае время закипания, если начальная температура воды на  $\Delta t$  градусов меньше температуры кипения? Плотность и удельная теплоёмкость воды равны  $\rho$  и  $c$  соответственно.

$$V_1 = \frac{P_2}{P_1 + P_2} V, \quad V_2 = \frac{P_1}{P_1 + P_2} V, \quad \tau = \frac{c \rho V \Delta t}{P_1 + P_2}$$

Задача 13. (МОШ, 2014, 8) В распоряжении школьника Вовы имеется водопроводная вода температурой  $20^\circ\text{C}$ , чайник мощностью  $P_1 = 1,2$  кВт и вместительностью 1,5 л, электрокипятильник мощностью  $P_2 = 500$  Вт, а также большой калориметр, в котором требуется получить  $V = 100$  л кипятка температурой  $100^\circ\text{C}$ . Как сделать это за наименьшее время? Вова предложил следующий план действий: нужно налить в калориметр некоторый начальный объём воды  $V_0$ , опустить туда включённый кипятильник и одновременно кипятить воду в чайнике, доливая из него в калориметр порции кипятка по мере его готовности. Определите, каким должен быть начальный объём  $V_0$  и за какое время  $\tau$  удастся получить в калориметре 100 литров кипятка, действуя указанным способом. Удельная теплоёмкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг  $\cdot$   $^\circ\text{C}$ ), плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>. Теплоёмкостью калориметра, потерями теплоты в окружающую среду и временем, затраченным на наполнение чайника и выливание из него кипятка, можно пренебречь.

$$V_0 \approx \frac{cV}{P_1 + P_2} = 1,14 \text{ л}; \tau \approx \frac{cV}{P_1 + P_2} = 1,14 \text{ л}$$

Задача 14. (МОШ, 2016, 8) На кухне стоят две включённые (прогревшиеся) электроплитки мощностями 1 кВт и 2 кВт, а также есть один кипятильник мощностью 0,5 кВт (время его прогрева мало). Хозяйка заполняет водой три кастрюли, налив в них 1, 2 и 3 литра воды соответственно, и планирует как можно быстрее получить 6 литров кипятка. Начальная температура воды во всех кастрюлях одинакова и равна  $+20^\circ\text{C}$ . Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг  $\cdot$   $^\circ\text{C}$ ). Чему равно минимальное время, необходимое для получения кипятка? Опишите одну из возможных процедур манипуляций с кастрюлями, плитками и кипятильником, при которой это рекордное время достигается. Считайте, что вся теплота передается только воде. Временами, которые хозяйка тратит на перестановку кастрюль и перемещение кипятильника, можно пренебречь.

$$c = 4200$$

Задача 15. (МОШ, 2014, 8–11) Школьницы Алиса и Василиса провели несколько опытов по нагреванию воды, при этом каждая из девочек использовала имеющийся у неё кипятильник.

В первом опыте школьницы нагревали одинаковые кружки с водой, взятой из ведра со смесью воды и льда. Спустя 2 мин после начала опыта Алиса выключила свой кипятильник. Василиса, наблюдая за нагреванием воды в своей кружке, обнаружила, что спустя 2 мин вода у неё холоднее, чем у Алисы, а спустя 3 мин — теплее, чем у Алисы.

Во втором опыте Алиса и Василиса стали нагревать кружку с водой двумя кипятилниками сразу. Выяснилось, что за 15 мин вода ещё не доводится до кипения, а за 16 мин — точно доводится.

Масса воды в кружке 1 кг. Удельная теплоёмкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ . Теплоёмкостью кружки и потерями тепла можно пренебречь.

А) Какое количество теплоты потребовалось для доведения воды до кипения? Ответ представьте в килоджоулях и округлите до целых.

В) Укажите минимальную при данных условиях мощность кипятилника Алисы. Ответ представьте в ваттах и округлите до целых.

С) Укажите максимальную при данных условиях мощность кипятилника Алисы. Ответ представьте в ваттах и округлите до целых.

Д) Укажите минимальную при данных условиях мощность кипятилника Василисы. Ответ представьте в ваттах и округлите до целых.

Е) Укажите максимальную при данных условиях мощность кипятилника Василисы. Ответ представьте в ваттах и округлите до целых.

A) 420; B) 219; C) 280; D) 175; E) 233

Задача 16. (МОШ, 2014, 8) Калорийность — это количество энергии, выделяемой человеком в результате поглощения того или иного продукта. Калория — внесистемная единица количества работы и энергии, равная количеству теплоты, необходимому для нагревания 1 грамма воды на 1 градус Цельсия при стандартном атмосферном давлении  $101325 \text{ Па}$  ( $1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж}$ ). Количество калорий, необходимых человеку, зависит от выполняемой работы, от физической активности, от пола, возраста, и даже от географической широты (холодный или жаркий климат).

Надеемся, что все помнят, как ранним утром Винни-Пух и Пятачок зашли в гости к Кролику. Воспитанный Кролик пригласил друзей к столу. Винни-Пух, обрадовавшись такому предложению, согласился (чтобы не обижать Кролика) и протиснулся по узкому проходу внутрь дома. Когда в какой-то момент запасы мёда и малинового варенья Кролика закончились, Винни-Пух решил, что настало то время, когда нужно поблагодарить хозяина и возвращаться домой. Однако... домой Винни-Пух сразу не попал, так как застрял в узком проходе к двери Кролика.

Допустим, что при своей начальной массе, равной 20 кг, Винни-Пух съел 3 банки мёда по 1,5 кг каждая и 6 банок малинового варенья по 500 г каждая. Калорийность 100 г мёда равна 314 ккал, а калорийность 100 г малинового варенья — 271,4 ккал. Энергетические затраты организма во время сна равны энергетическим затратам организма во время спокойного отдыха лёжа и составляют  $3977,46 \text{ Дж/час}$  на 1 килограмм массы тела; эта величина при пении равна  $7285,032 \text{ Дж/час}$  на килограмм массы тела, а при чтении вслух —  $5066,028 \text{ Дж/час}$  на килограмм массы тела.

Пусть Винни-Пух 8 часов в сутки спит, а остальное время — лежит, половину времени напевая, а другую половину декламируя свои «пыхтелки» — а что ещё остается ему делать? Так сколько же суток придется Винни-Пуху ждать таким необычным образом счастливого момента своего освобождения из норы Кролика?

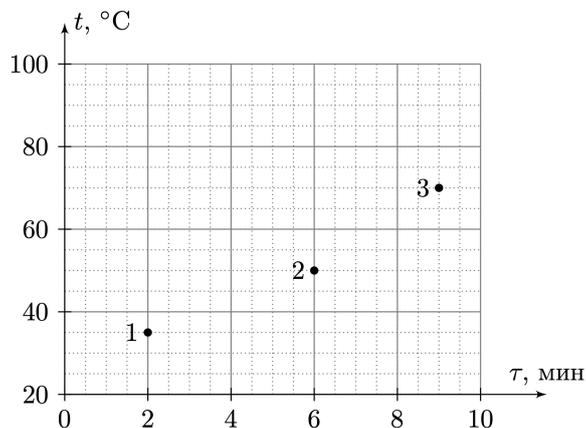
Получено 38 баллов

ЗАДАЧА 17. («Максвелл», 2021, 3Э, 8) Воду комнатной температуры  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  нагревали в кастрюле в течение 10 мин последовательно на трёх разных плитках, причём перенос с одной плитки на другую происходил быстро. Значения температуры  $t$  воды в разные моменты времени занесли в таблицу, но затем на неё случайно пролили варенье и часть данных пропала. Осталось только 3 точки, которые нанесли на график (см. рис.).

Известно, что точки 1, 2 и 3 относятся к моментам нагрева на первой, второй и третьей плитках соответственно. Также сохранилась информация, что третья плитка в два раза мощнее первой, и за всё время нагрева вода получила 1100 кДж теплоты.

1. Определите конечную температуру воды.
2. Найдите массу воды.
3. Какую мощность могла иметь вторая плитка?
4. Какое время длился нагрев кастрюли на второй плитке?

*Примечание.* Тепловые потери и теплоёмкость кастрюли пренебрежимо малы, удельная теплоёмкость воды  $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ .



1)  $85^\circ\text{C}$ ; 2)  $m = 4 \text{ кг}$ ; 3) от 0 до 1058 Вт; 4) от 3 мин 40 с до 6 мин 13 с