

## СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

ДЕСЯТИЧНЫЕ ПРИСТАВКИ		
Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$
мега	М	$10^6$
кило	к	$10^3$
гекто	г	$10^2$
деци	д	$10^{-1}$
санти	с	$10^{-2}$
милли	м	$10^{-3}$
микро	мк	$10^{-6}$
нано	н	$10^{-9}$
пико	п	$10^{-12}$

КОНСТАНТЫ	
Ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
Скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Элементарный электрический заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
1 а.е.м. (атомная единица массы)	$1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса электрона	0,0005486 а.е.м.
Масса протона	1,00728 а.е.м.
Масса нейтрона	1,00867 а.е.м.
Масса ядра дейтерия	2,01355 а.е.м.
Масса ядра трития	3,0155 а.е.м.
1 а.е.м. эквивалентна	931,5 МэВ

ПЛОТНОСТЬ, кг/м <sup>3</sup>			
бензин	710	древесина (сосна)	400
спирт	800	парафин	900
керосин	800	лёд	900
масло машинное	900	алюминий	2700
вода	1000	мрамор	2700
молоко цельное	1030	цинк	7100
вода морская	1030	сталь, железо	7800
глицерин	1260	медь	8900
ртуть	13 600	свинец	11 350
константан	8800	вольфрам	19 300
никелин	8800	нихром	8400
серебро	10 500	стекло	2500
олово	7300		

<b>УДЕЛЬНАЯ</b>			
<b>теплоёмкость, Дж/кг · °С</b>		<b>теплота, Дж/кг</b>	
воды	4200	парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$
спирта	2400	парообразования спирта	$9,0 \cdot 10^5$
льда	2100	плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$
алюминия	920	плавления стали	$7,8 \cdot 10^4$
стали	500	плавления олова	$5,9 \cdot 10^4$
цинка	400	плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$
меди	400	сгорания спирта	$2,9 \cdot 10^7$
олова	230	сгорания керосина	$4,6 \cdot 10^7$
свинца	130	сгорания бензина	$4,6 \cdot 10^7$
бронзы	420		

<b>Температура плавления, °С</b>		<b>Температура кипения, °С</b>	
свинца	327	воды	100
олова	232	спирта	78
льда	0		
алюминия	660		

<b>Удельное электрическое сопротивление, Ом · мм<sup>2</sup> / м (при 20 °С)</b>			
серебро	0,016	никелин	0,4
медь	0,017	нихром (сплав)	1,1
алюминий	0,028	фехраль	1,2
железо	0,10	сталь	0,12
вольфрам	0,055	константан (сплав)	0,5
свинец	0,21	олово	0,12

**Нормальные условия: давление  $10^5$  Па, температура 0 °С**

**ТЕМА 14. КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ.  
УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ**

1. Для каждого физического понятия из первого столбца подберите соответствующий пример из второго столбца.

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ	ПРИМЕРЫ
А) физическая величина	1) количество теплоты
Б) единица физической величины	2) тепловое равновесие
В) физический прибор	3) термометр
	4) теплообмен
	5) градус Цельсия

Ответ: 

А	Б	В

2. Выберите два верных утверждения. Количество теплоты — это физическая величина, которая равна изменению внутренней энергии тела при

- 1) совершении над ним механической работы
- 2) изменении его формы
- 3) изменении его объёма
- 4) теплопередаче путём теплопроводности
- 5) теплопередаче за счёт излучения и конвекции

Ответ: 

--	--

3. Изменение температуры тела при заданном количестве теплоты, полученной телом при нагревании, зависит от массы тела и от вещества, из которого оно изготовлено.

Для выявления этих качественных закономерностей можно нагревать в течение измеряемого времени на плитке определённой мощности металлические грузы, измеряя их температуру в ходе нагрева. Поставьте в соответствие проверяемые зависимости и описания опытов, в которых измеряют изменение температуры тела.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в ответ выбранную цифру рядом с соответствующей буквой.

ПРОВЕРЯЕМАЯ ЗАВИСИМОСТЬ	ОПИСАНИЕ ОПЫТОВ
<p>А) зависимость изменения температуры от массы тела</p> <p>Б) зависимость изменения температуры тела от вещества, из которого оно сделано</p>	<p>1) бруски из алюминия массой 100 г и стали массой 200 г нагревают в течение 5 минут каждый</p> <p>2) бруски из алюминия массой 200 г и 100 г нагревают 5 минут каждый</p> <p>3) бруски из алюминия массой 200 г и стали массой 200 г нагревают 5 минут каждый</p> <p>4) бруски из алюминия массой 100 г и стали 200 г нагревают 5 минут и 10 минут соответственно</p>

Ответ:

А	Б

4. Две разные жидкости чёрного цвета имеют одинаковую плотность. Ими заполнили два одинаковых прозрачных сосуда и выставили на солнце на 10 минут. Температура первой жидкости повысилась на 1 градус, второй — на 2 градуса. Выберите два верных утверждения.

- 1) Жидкости получили одинаковое количество теплоты.
- 2) Первая жидкость получила количество теплоты в 2 раза больше.
- 3) Вторая жидкость получила количество теплоты в 2 раза больше.
- 4) Теплоёмкость первой жидкости в 2 раза больше.
- 5) Теплоёмкость второй жидкости в 2 раза больше.

Ответ:

5. Внутренняя энергия твёрдого тела при погружении его в жидкость увеличилась на 2,85 кДж. Количество теплоты, полученной телом, равно

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

6. Выберите два верных утверждения.

Удельная теплоёмкость бронзы равна 420 Дж/кг · °С. Это означает, что

- 1) при охлаждении 1 кг бронзы на 1 °С выделяется энергия, равная 420 Дж
- 2) при нагревании 420 кг бронзы на 1 °С поглощается энергия, равная 1 Дж
- 3) при нагревании 1 кг бронзы на 420 °С поглощается энергия, равная 1 Дж
- 4) при охлаждении 420 кг бронзы на 1 °С выделяется энергия, равная 1 Дж
- 5) при нагревании 1 кг бронзы на 1 °С поглощается энергия, равная 420 Дж

Ответ:

7. Три тела одинаковой массы получили за счёт контакта с электроплитой одинаковое количество теп-

лоты. При этом первое тело нагрелось на один градус, второе — на два, третье — на три градуса.

Выберите два верных утверждения.

Удельные теплоёмкости веществ соотносятся как

- 1)  $c_1 > c_2$
- 2)  $c_2 < c_3$
- 3)  $c_1 < c_3$
- 4)  $c_2 > c_3$
- 5)  $c_1 = c_2 = c_3$

Ответ:

8. Выберите два верных утверждения.

Количество теплоты, выделяющейся при сгорании топлива, зависит от

- 1) начальной температуры топлива
- 2) температуры пламени
- 3) массы сгораемого топлива
- 4) химического состава топлива
- 5) темпа сгорания топлива

Ответ:

9. Поставьте в соответствие физические величины и единицы их измерения.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЕДИНИЦЫ
А) количество теплоты	1) Дж
Б) удельная теплоёмкость вещества	2) Дж/кг
В) удельная теплота сгорания топлива	3) Дж/кг · °С
	4) °С

Запишите в таблицу цифры, соответствующие физическим величинам, обозначенным в первом столбце буквами А, Б и В.

Ответ: 

А	Б	В

10. Какое количество теплоты выделится при сгорании 10 г керосина?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

11. Сколько бензина нужно сжечь, чтобы выделилось количество теплоты, равное 230 кДж?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

12. На спиртовке греют 150 г воды от 10 до 60 °С. Рассчитайте, какое количество теплоты получила вода от продуктов горения спирта.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

13. Раскалённая до 600 °С стальная игла массой 200 мг после опускания в воду остыла до 30 °С. Какое количество теплоты отдала игла окружающему пространству?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

14. При остывании на 16 °С свинцовая дробь отдала окружающему воздуху 5,2 кДж энергии. Какова была масса дроби?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

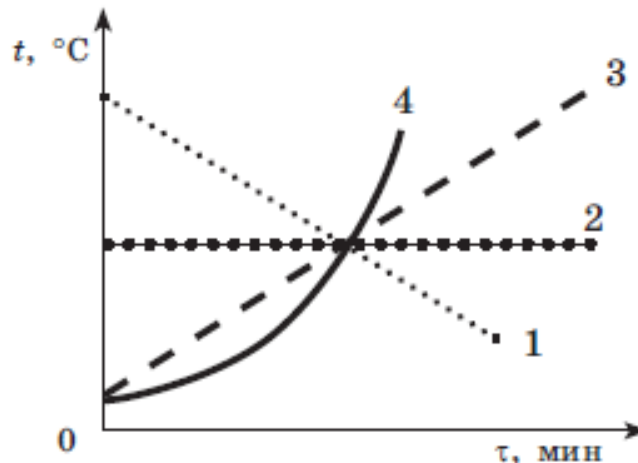
15. Бронзовую деталь массой 800 г, нагретую до температуры 530 °С, остудили до температуры 30 °С. При этом выделилось количество теплоты, равное 176,4 кДж. На сколько процентов удельная теплоёмкость бронзы по этим данным отличается от табличного значения?

Ответ: на \_\_\_\_\_ %.

16. В эксперименте по теплообмену между двумя жидкостями неизвестная жидкость передала известной количество теплоты, равное 3600 Дж, остыв при этом на 15 °С. Какова удельная теплоёмкость жидкости, если её масса была равна 100 г, а теплообменом с окружающей средой можно пренебречь?

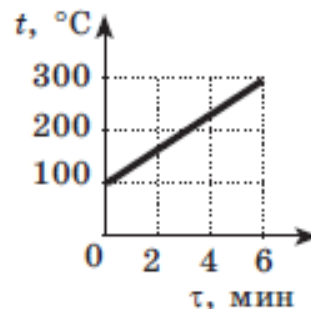
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/кг · °С.

17. Какой из графиков наиболее точно отражает зависимость изменения температуры стальной детали  $t$  от времени  $\tau$  при её нагревании на электроплите постоянной мощности?



Ответ: \_\_\_\_\_

18. В печи мощностью 1,2 кВт нагревают металлическую заготовку массой 6 кг. Зависимость температуры  $t$  этого тела от времени нагревания  $\tau$  показана на рисунке. Пренебрегая количеством теплоты, идущим на нагревание окружающего воздуха, рассчитайте удельную теплоёмкость материала заготовки.



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/кг · °С. ]

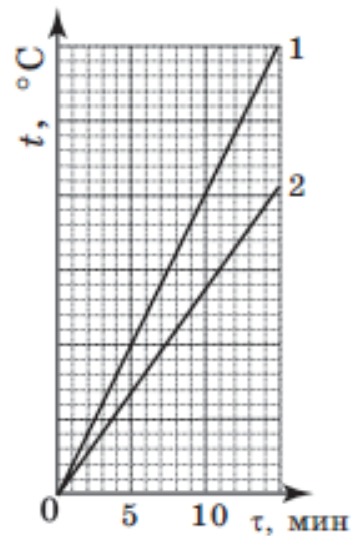
19. Две жидкости одинаковой массы греют на двух одинаковых плитках в одинаковых условиях. При этом теплоёмкость одной жидкости 4200 Дж/кг · °С, второй — 1800 Дж/кг · °С.

Первая нагрелась на 9 °С. На сколько градусов нагрелась за это же время вторая?

Ответ: \_\_\_\_\_ °С.



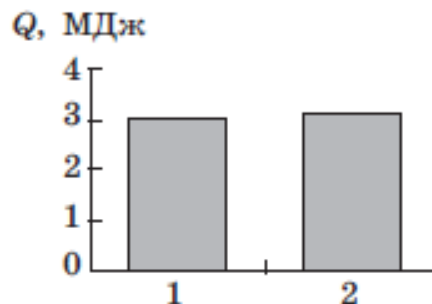
20. В двух опытах были получены два графика изменения температуры у двух веществ одинаковой массы при постоянном подводе к ним энергии за счёт теплопередачи (см. рис.). Как изменилось количество теплоты, подведённого к веществам за 10 минут, и теплоёмкость вещества при переходе от первого опыта ко второму?



- 1) увеличилось
- 2) уменьшилось
- 3) не изменилось

Количество теплоты, подведённого за 10 мин	Удельная теплоёмкость

21. На диаграмме показано соотношение значений количества теплоты, затраченного на нагревание тел массами  $m_1$  и  $m_2$  ( $m_1 = 2m_2$ ) на одинаковое число градусов. Чему равно отношение  $\frac{c_1}{c_2}$  удельных теплоёмкостей этих веществ?

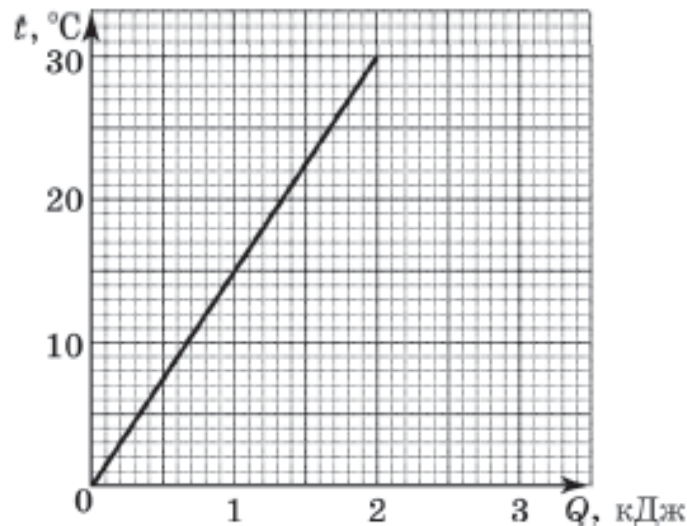


Ответ: \_\_\_\_\_.

22. Тёплое подсолнечное масло и вода не смешиваются друг с другом, но при их перемешивании обмениваются энергией. Если считать, что в ходе установления теплового равновесия между 200 г масла и 200 г воды потеря энергии во внешнюю среду не происходит, а масло отдаёт воде 16,8 кДж энергии, то на сколько градусов нагревается вода?

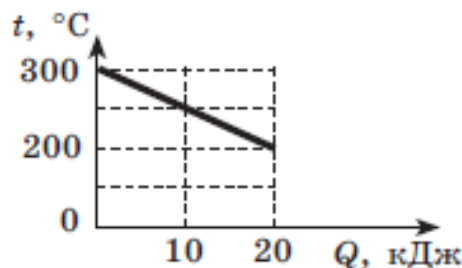
Ответ: \_\_\_\_\_ °С.

23. На графике показана зависимость температуры 0,1 кг твёрдого вещества от количества теплоты, подводимой к нему при нагревании. Рассчитайте на основании графика удельную теплоёмкость вещества. Полученное число округлите до целых.



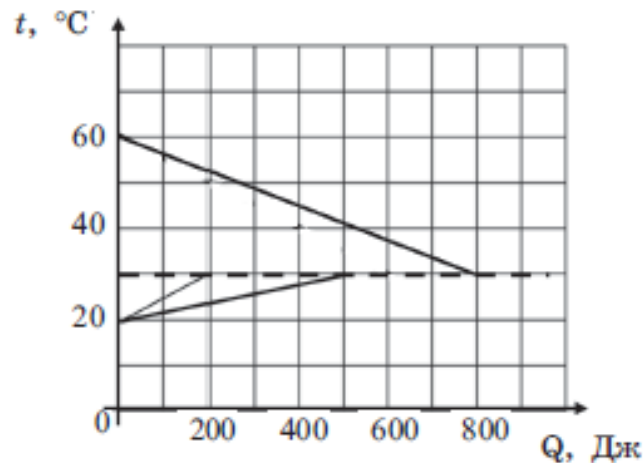
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/кг·°C.

24. Кубик массой 200 г остывал так, что график зависимости его температуры от отданного им количества теплоты оказался линейным (см. рис.). Чему равна удельная теплоёмкость вещества, из которого сделан кубик?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/кг · °C.

25. Нагретый до температуры  $60^\circ$  металлический брусок опускают в алюминиевый калориметр с водой при температуре  $20^\circ$ . Масса калориметра равна массе воды в нём. На рисунке представлена зависимость температуры трёх тел в процессе теплообмена от количества теплоты, полученного или отданного в ходе теплообмена.



- Используя данные, приведённые на рисунке, выберите два верных утверждения о процессе теплообмена.
- 1) Количество теплоты, переданное бруском воде, равно количеству теплоты, полученной водой.
  - 2) Калориметр нагрелся до  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - 3) Процесс охлаждения бруска закончился позже, чем нагревание воды и калориметра.
  - 4) В ходе теплообмена брусок внешним телам и воздуху отдал количество теплоты, равное  $100\text{ Дж}$ .
  - 5) Внутренняя энергия бруска уменьшилась на  $800\text{ Дж}$ .
26. В экспериментах, результаты которых приведены в таблице, измерялось количество теплоты, выделяющееся при остывании нагретых цилиндров из разных металлов при погружении их в калориметр с водой одинаковой массы и имеющем в каждом опыте начальную температуру  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .  $\Delta t$  — изменение температуры воды после опускания цилиндра и установления теплового равновесия в калориметре.

	№ опыта			
	1	2	3	4
Материал цилиндра	Медь	Цинк	Цинк	Медь
Масса цилиндра $m$ , г	100	100	200	200
Начальная температура цилиндра $t_1$ , $^{\circ}\text{C}$	100	50	100	100
Изменение температуры воды $\Delta t$ , $^{\circ}\text{C}$	10	4	18	18

Из предложенного перечня выберите два утверждения, соответствующие результатам экспериментов, если тепловыми потерями на нагревание калориметра и окружающего воздуха можно пренебречь.

- 1) Количество теплоты, выделяемое нагретым телом, зависит только от вещества, из которого изготовлено тело.
- 2) Количество теплоты, выделяемое нагретым телом, зависит от массы этого тела.
- 3) При остывании цилиндров в первом и третьем опытах выделилось одинаковое количество теплоты.
- 4) При остывании цинкового цилиндра в третьем опыте выделилось наименьшее количество теплоты.
- 5) Удельная теплоёмкость цинка равна удельной теплоёмкости меди.

Ответ:

27. Два кубика одинакового размера сделаны из разных материалов. Плотность материала первого кубика  $\rho_1 = 2700 \text{ кг/м}^3$ , второго —  $\rho_2 = 8100 \text{ кг/м}^3$ . Теплоёмкость материала первого кубика  $c_1 = 900 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ , второго —  $c_2 = 300 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ . Выберите два верных утверждения, характеризующих процессы, проводимые с этими кубиками.

- 1) Если расположить кубики на равноплечих весах, то перетянет первый.
- 2) Если расположить кубики на равноплечих весах, то перетянет второй.
- 3) Если расположить кубики на равноплечих весах, то весы окажутся в равновесии.
- 4) Если передать кубикам одинаковое количество теплоты, то сильнее нагреется первый.
- 5) Если передать кубикам одинаковое количество теплоты, то сильнее нагреется второй.
- 6) Если передать кубикам одинаковое количество теплоты, то кубики нагреются одинаково.

Ответ:

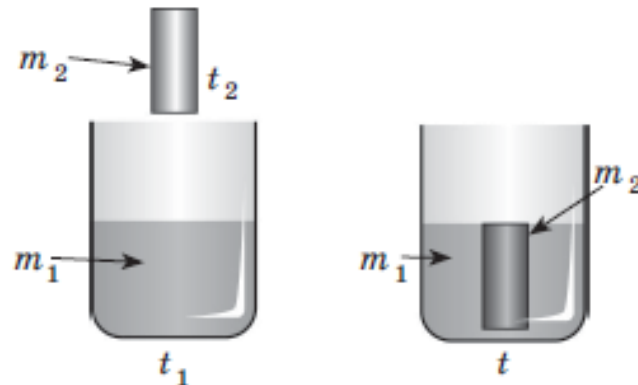
Качественные задачи предполагают письменный ответ на вопрос, содержащий пояснение, базирующееся на знании свойств данного явления.

28. Стальной и алюминиевый цилиндры одинакового объёма опускают в кастрюлю с кипящей водой, стоящей на включённой плите. Равное ли количество теплоты они получают от воды, если их начальные температуры равны комнатной? Ответ поясните.
29. Почему вблизи больших водоёмов летом днём температура ниже, чем вдали от них, а ночью выше?

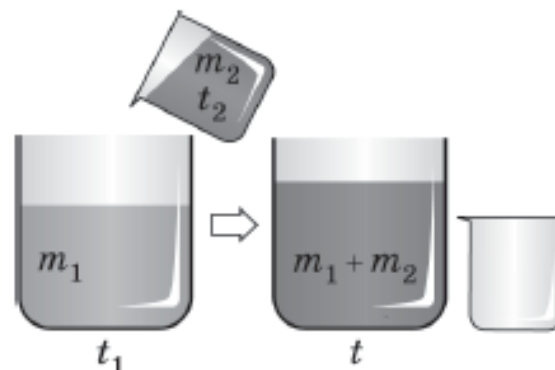
При решении заданий № 30–38 требуется дать краткую запись условия (Дано: ...), формульное представление законов и определений физических величин, которые необходимо и достаточно использовать при решении, математические преобразования, расчёты, численный ответ и, если надо, рисунок, поясняющий решение.

30. Мощность электроплитки 380 Вт, на ней в течение 3 минут нагревают медный цилиндр массой 150 г. На сколько градусов нагрелся цилиндр за это время, если 60 % энергии передано плиткой окружающему воздуху?
31. Какое минимальное количество спирта нужно сжечь, чтобы нагреть 1 кг воды на 58 °С?
32. В стальной кастрюле массой 0,5 кг нужно нагреть 2 кг воды от 15 до 85 °С. Какое количество теплоты нужно затратить, если пренебречь тепловыми потерями?
33. Полагая, что вся энергия, выделяющаяся при сгорании топлива, расходуется на нагревание воды, рассчитайте, сколько литров воды можно нагреть от температуры  $t_1 = 60$  °С до температуры кипения, если сжечь 84 г керосина?
34. Для определения теплоёмкости вещества груза массой  $m_2 = 150$  г его нагревают до  $t_2 = 100$  °С,

а потом опускают в теплоизолированный от внешнего пространства лёгкий сосуд, в который налита вода массой  $m_1=100$  г при температуре  $t_1=20$  °С (см. рис.). После опускания груза и перемешивания воды температура воды и груза становится равной  $t=30$  °С. Рассчитайте теплоёмкость вещества груза.



35. В воду, взятую при температуре  $10$  °С, добавили  $1$  кг кипящей воды. Температура смеси оказалась равной  $40$  °С. Чему равна масса холодной воды? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.
36. При помещении в калориметр, содержащий  $200$  г воды, медного цилиндра температура цилиндра уменьшилась на  $7$  °С, а температура воды возросла на  $1$  °С. Пренебрегая теплопотерями в калориметре, рассчитайте массу цилиндра.
37. В калориметре смешали  $m_2=150$  г воды из-под крана при  $t_2=15$  °С и  $m_1=300$  г горячего настоя трав при  $t_1=90$  °С. Какова конечная температура смеси в сосуде, если теплоёмкость настоя равна теплоёмкости воды?



38. При добавлении к порции воды массой 100 г при температуре  $t_1 = 30\text{ }^\circ\text{C}$  второй порции воды массой 400 г при  $t_2 = 70\text{ }^\circ\text{C}$  оказалось, что температура смеси имеет температуру  $t_{\text{общ.}} = 60\text{ }^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты получили сосуд и окружающий воздух?

Прочитайте текст и выполните задания № 39–41.

Английский физик Джозеф Блэк (1728–1799) произвёл первое сравнение удельных теплоёмкостей воды и ртути. В те времена господствовало представление о теплоте как невидимой жидкости (теплорода), протекающей из одного тела в другое при их контакте. Мерой теплоты при этом была температура. Считалось, что в равных объёмах различных тел, независимо от их природы, содержатся (при одной и той же температуре) равные количества теплоты. Эти представления предполагают, что если взять нагретую ртуть и такой же объём холодной воды, то теплота распределится между жидкостями поровну и температуры их станут равными среднему арифметическому, то есть изменятся на одинаковую величину. Однако в опытах температура воды вырастала только на  $20^\circ$  по Фаренгейту, а температура ртути падала на  $30^\circ$  по Фаренгейту.

Поместив эти же жидкости, взятые в равных объёмах, на одинаковом расстоянии от огня, Блэк наблюдал за скоростью повышения температуры жидкостей. Он был уверен, что температура ртути  $T_1$  будет повышаться медленнее, чем температура воды  $T_2$ , поскольку масса сосуда со ртутью была примерно в 13,6 раза больше массы сосуда с водой. Однако он увидел, что температура ртути повышается вдвое быстрее, чем воды. Это заставило его ввести понятие теплоёмкости. То есть «ёмкость» для жидкости и «ёмкость» для теплорода оказались разными. Получая одинаковое количество «тепловой жид-

кости», одинаковые объёмы вещества поднимали свою температуру по-разному.

Современная наука относит понятие удельной теплоёмкости не к единице объёма вещества, а к единице массы.

**39.** Опыты Блэка заставили его

- 1) отказаться от представлений, что теплота — это невидимая жидкость — теплород
- 2) отказаться от нагревания ртути, поскольку это опасно для здоровья
- 3) принять предложение возглавить кафедру химии в Эдинбургском университете
- 4) ввести представление о теплоёмкости вещества как о коэффициенте между изменением его температуры и количеством «тепловой жидкости», втекающей в заданное количество вещества.

Ответ:

**40.** Найдите удельную теплоёмкость ртути на основании данных Блэка в опыте по смешению горячей ртути с холодной водой. Считать, что градус Фаренгейта пропорционален градусу Цельсия. Используйте соотношение плотностей ртути и воды, имеющееся в тексте. Теплоёмкость воды считать равной  $4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$ . Ответ округлите до целых.

**41.** Найдите примерное отношение удельных теплоёмкостей воды  $c_1$  и ртути  $c_2$  на основе опыта по нагреванию жидкостей вблизи огня.