

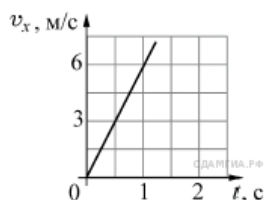
Вариант № 185425

1. **Задание 1 № 1098.** Три материальные точки начинают двигаться без начальной скорости из точки с координатой $x = 0$ вдоль горизонтальной оси OX . На рисунках изображены графики зависимостей кинематических характеристик (проекции скорости, проекции ускорения и координаты) этих тел от времени. Установите соответствие между графиками и зависимостями координат тел от времени: к каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго и внесите в строку ответов выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

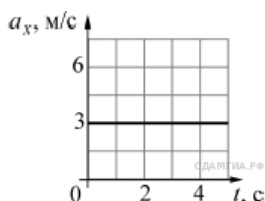
ЗАВИСИМОСТИ

А)

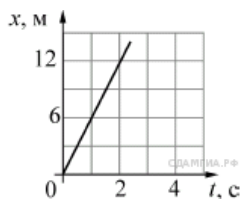


- 1) $x = 6t^2$
- 2) $x = 3t^2$
- 3) $x = 1,5t^2$
- 4) $x = 6t$
- 5) $x = 3t$

Б)



В)



Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

А	Б	В

Решение.

График А. Из графика видно, что скорость линейно растёт со временем, следовательно, есть ускорение и оно постоянно. Из графика видно, что это ускорение равно 6 м/с^2 . Используя формулу $x = \frac{at^2}{2}$, установим, что графику А соответствует зависимость 2.

График Б. Из графика видно, что ускорение постоянно и равно 3 м/с^2 . Используя формулу $x = \frac{at^2}{2}$, установим, что графику Б соответствует зависимость 3.

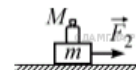
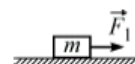
График В. Из графика видно, что координата линейно растёт со временем, значит движение равномерное и скорость движения равна 6 м/с . Используя формулу $x = vt$, установим, что графику В соответствует зависимость 4.

Ответ: 234.

Ответ: 234

2. Задание 2 № 1081.

На горизонтальную шероховатую поверхность кладут брусок массой $m = 1$ кг. В первом случае к бруску прикладывают горизонтально направленную силу F_1 так, чтобы он двигался равномерно.



Во втором случае на брусок кладут гирию массой $M = 1,5$ кг и снова прикладывают горизонтально направленную силу, добиваясь равномерного движения бруска (см. рисунки).

Максимальная сила трения покоя во втором случае по сравнению с первым

- 1) уменьшится в 1,5 раза
- 2) не изменится
- 3) увеличится в 1,5 раза
- 4) увеличится в 2,5 раза

Решение.

Сила трения прямо пропорциональна весу тела. Вес тела во втором случае больше, чем в первом два с половиной раза, следовательно и сила трения возрастёт на такую же величину.

Правильный ответ указан под номером: 4.

Ответ: 4

3. Задание 3 № 543. Мяч бросают вертикально вверх с поверхности земли. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. При увеличении массы бросаемого мяча в 2 раза высота подъёма мяча

- 1) не изменится
- 2) увеличится в $\sqrt{2}$ раз
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 4 раза

Решение.

Поскольку не оговорено обратное, начальная скорость мяча не изменилась. Следовательно, высота подъёма не изменится.

Правильный ответ указан под номером 1.

Ответ: 1

4. Задание 4 № 58. Каким параметром звуковых колебаний определяется громкость звука?

- 1) частотой
- 2) периодом
- 3) амплитудой
- 4) скоростью распространения

Решение.

Громкость звука — субъективное восприятие силы звука (физической величины). Которая зависит, в основном, от амплитуды.

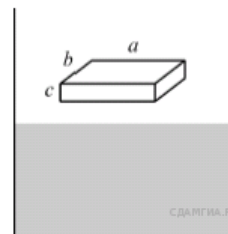
Правильный ответ указан под номером 3.

Примечание.

Вообще говоря, восприятие человеком силы звука зависит также от частоты (спектрального состава) звуковых волн и ряда других факторов. Однако первой в ряду этих факторов стоит всё-таки амплитуда.

Ответ: 3

5. Задание 5 № 1403. Сосновый брусок в форме прямоугольного параллелепипеда, имеющего размеры $a = 30$ см, $b = 40$ см и $c = 30$ см, начинают осторожно опускать в ванну с водой (как показано на рисунке). Глубина погружения бруска в воду при плавании будет равна



- 1) 6 см
- 2) 12 см
- 3) 16 см
- 4) 30 см

Решение.

Для того, чтобы тело плавало в воде сила тяжести, действующая на это тело должна быть уравновешена силой Архимеда: $mg = \rho_v g V_{\text{погр}}$ откуда

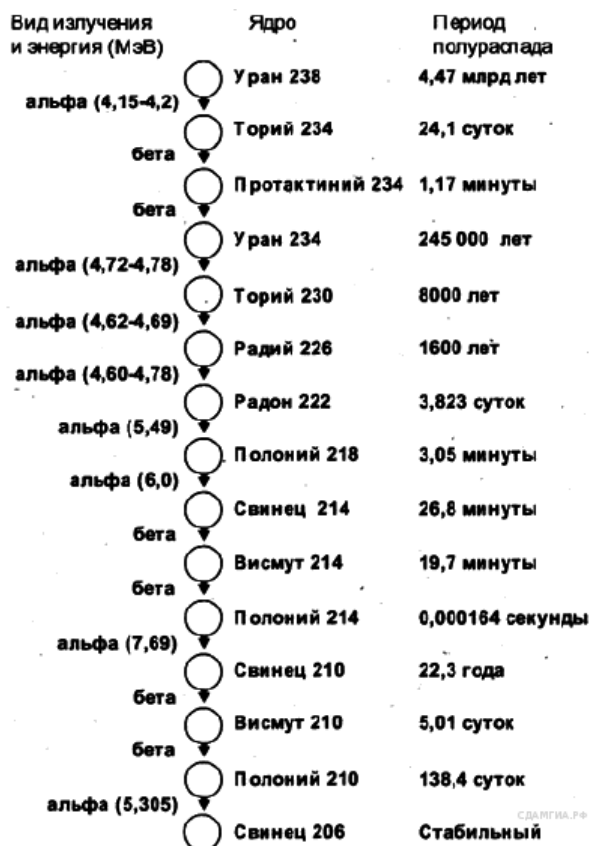
$$V_{\text{погр}} = \frac{V\rho}{\rho_v} = \frac{abc\rho}{\rho_v} = \frac{0,3 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 0,3 \text{ м} \cdot 400 \text{ кг/м}^3}{1000 \text{ кг/м}^3} = 0,0144 \text{ м}^3.$$

$$\text{Следовательно, глубина погружения: } h = \frac{V_{\text{погр}}}{S} = \frac{V_{\text{погр}}}{ab} = \frac{0,0144 \text{ м}^3}{0,3 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ м}} = 0,12 \text{ м} = 12 \text{ см}.$$

Ответ: 2.

Ответ: 2

6. Задание 6 № 642. На рисунке представлена цепочка превращений урана-238 в свинец-206. Используя данные рисунка, из предложенного перечня утверждений выберите два правильных.



- 1) Уран-238 превращается в стабильный свинец-206 с последовательным выделением шести α -частиц и шести β -частиц.
- 2) Самый малый период полураспада в представленной цепочке радиоактивных превращений имеет полоний-214.
- 3) Свинец с атомной массой 206 не подвержен самопроизвольному радиоактивному распаду.
- 4) Уран-234 в отличие от урана-238 является стабильным элементом.
- 5) Самопроизвольное превращение радия-226 в радон-222 сопровождается испусканием β -частицы.

Решение.

Проанализируем утверждения.

- 1) В данном превращении происходит выделение восьми α -частиц и шести β -частиц. Утверждение 1) неверно.
- 2) Утверждение 2) верно.
- 3) Свинец с атомной массой 206 является стабильным элементом, следовательно, он не распадается. Утверждение 3) верно.
- 4) Уран-234 имеет период полураспада меньше, чем уран-238, следовательно, он является более радиоактивным элементом. Утверждение 4) неверно.
- 5) Самопроизвольное превращение радия-226 в радон-222 сопровождается испусканием α -частицы. Утверждение 5) неверно.

Ответ: 23

7. Задание 7 № 1169. К пружине, имеющей в нерастянутом состоянии длину 20 см, в первом опыте подвесили груз массой m_1 , в результате чего пружина растянулась до 24 см. Во втором опыте подвесили груз массой $m_2 = 1,25m_1$. Длина растянутой пружины во втором опыте

- 1) на 1 см меньше длины пружины в первом опыте
- 2) такая же, как в первом опыте
- 3) на 1 см больше длины пружины в первом опыте
- 4) на 2 см больше длины пружины в первом опыте

Решение.

На груз действуют две силы: сила тяжести и сила упругости, они уравниваются друг друга. Выразим длину пружины во втором случае через удлинение пружины в первом:

$$\Delta l_1 k = m_1 g \Leftrightarrow l_1 = l_0 + \frac{m_1 g}{k},$$

$$(l_2 - l_0)k = m_2 g \Leftrightarrow (l_2 - l_0) = \frac{m_2 g}{k} \Leftrightarrow l_2 = l_0 + \frac{m_2 g}{m_1 g} \Delta l_1 \Leftrightarrow l_2 = l_0 + \frac{m_2}{m_1} \Delta l_1 \Leftrightarrow l_2 = l_0 + 1,25 \Delta l_1,$$

$$l_2 = 0,2 + 1,25(0,24 - 0,2) = 0,25 \text{ м.}$$

Разность $l_2 - l_1 = 25 - 24 = 1$ см.

Правильный ответ указан под номером: 3.

Ответ: 3

8. Задание 8 № 1278. Из холодильника вынули закрытую крышкой кастрюлю с водой, имеющую температуру $+5^\circ\text{C}$. Чтобы подогреть воду, кастрюлю с водой можно:

- А. поставить на газовую горелку;
- Б. освещать сверху мощной электрической лампой.

В каких из вышеперечисленных случаев вода в кастрюле нагревается в основном путём излучения?

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

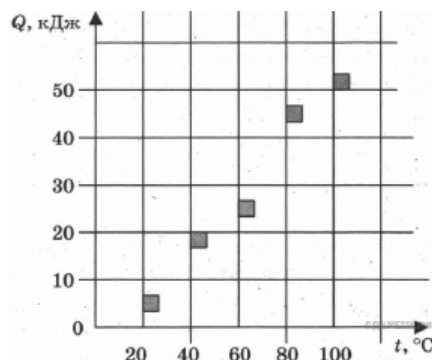
Решение.

В основном путём излучения кастрюля будет нагреваться при подогревании освещении сверху мощной электрической лампой.

Правильный ответ указан под номером: 2.

Ответ: 2

9. Задание 9 № 2609. На графике представлены результаты измерения количества теплоты Q , затраченного на нагревание 1 кг некоторого вещества, при различных значениях температуры t этого вещества. Погрешность измерения количества теплоты $\Delta Q = \pm 500$ Дж, температуры $\Delta t = \pm 2$ К



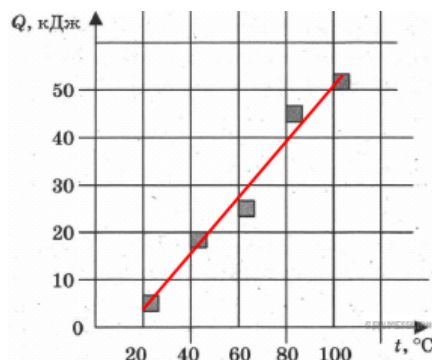
Выбери два утверждения, соответствующие результатам этих измерений.

- 1) Удельная теплоёмкость вещества примерно равна 600 Дж/(кг·К)
- 2) Для нагревания до 363 К необходимо сообщить больше 50 кДж.
- 3) При охлаждении 1 кг вещества на 20 К выделится 12000 Дж.
- 4) Для нагревания 2 кг вещества на 30 К необходимо сообщить примерно 80 кДж.
- 5) Удельная теплоёмкость зависит от температуры.

Решение.

Проверим справедливость предложенных утверждений.

1) Теплоту, переданную телу можно вычислить по формуле: $Q = cm\Delta t$. Поэтому зависимость $Q(t)$ — прямая. Проведём аппроксимационную прямую на графике:



Откуда удельная теплоёмкость

$$c = \frac{Q}{m\Delta t} = \frac{(50 - 5) \cdot 10^3 \text{ Дж}}{100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}} = 0,5625 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \approx 600 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

- 2) Для нагревания до 363 К, то есть до $363 - 273 = 90^\circ\text{C}$ необходимо сообщить телу меньше 50 кДж энергии.
- 3) При охлаждении 1 кг вещества на 20 К выделится $600 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot 1 \text{ кг} \cdot 20 \text{ К} = 12000 \text{ Дж}$.
- 4) Для нагревания 2 кг вещества на 30 К необходимо сообщить примерно $600 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot 2 \text{ кг} \cdot 30 \text{ К} = 36000 \text{ Дж} = 36 \text{ кДж}$.
- 5) Удельная теплоёмкость не зависит от температуры.

Таким образом, верными являются утверждения под номерами 1 и 3.

Ответ: 13.

Ответ: 13|31

10. Задание 10 № 1689. 3 л воды, взятой при температуре 20 °С, смешали с водой при температуре 100 °С. Температура смеси оказалась равной 40 °С. Чему равна масса горячей воды? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Решение.

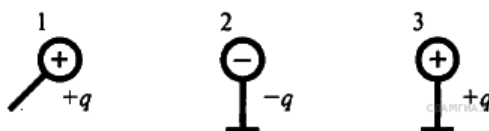
Более холодная вода нагрелась за счет остывания горячей воды: $cm_1\Delta T_1 = cm_2\Delta T_2$. Масса воды вычисляется по формуле: $m_1 = \rho * V = 1000 \text{ кг/м}^3 * 0,003 \text{ м}^3 = 3 \text{ кг}$

$$\text{Выражаем массу горячей воды: } m_2 = \frac{cm_1\Delta T_1}{c\Delta T_2} = \frac{m_1(T_3 - T_1)}{(T_3 - T_2)} = \frac{3 * 20}{60} = 1 \text{ кг}$$

Ответ: 1 кг.

Ответ: 1

11. Задание 11 № 361. Металлический шарик 1, укрепленный на длинной изолирующей ручке и имеющий заряд $+q$, приводят поочередно в соприкосновение с двумя такими же шариками 2 и 3, расположенными на изолирующих подставках и имеющими, соответственно, заряды $-q$ и $+q$.



Какой заряд в результате останется на шарике 3?

- 1) q
- 2) $\frac{q}{2}$
- 3) $\frac{q}{3}$
- 4) 0

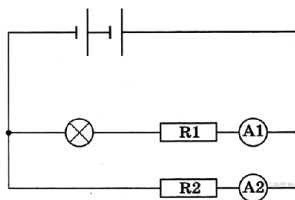
Решение.

Поскольку шарики одинаковые, то после соприкосновения с первым шариком, шарики окажутся незаряженными. После соприкосновения с последним шариком, заряд перераспределится равномерно.

Правильный ответ указан под номером 2.

Ответ: 2

12. Задание 12 № 470. В электрической цепи (см. рисунок) амперметр A1 показывает силу тока 1,5 А, амперметр A2 — силу тока 0,5 А. Ток, протекающий через лампу, равен



- 1) 2 А
- 2) 1,5 А
- 3) 1 А
- 4) 0,5 А

Решение.

Лампа и амперметр A1 соединены последовательно. При последовательном соединении, сила тока одна и та же. Таким образом, ответ 1,5 А.

Правильный ответ указан под номером 2.

Ответ: 2

13. Задание 13 № 336. В катушке, соединенной с гальванометром, перемещают магнит. Направление индукционного тока зависит

- А. от того, вносят магнит в катушку или его выносят из катушки
Б. от скорости перемещения магнита

Правильным ответом является

- 1) только А
2) только Б
3) и А, и Б
4) ни А, ни Б

Решение.

Направление индукционного тока зависит только от того, вносят магнит в катушку или его выносят из катушки. Величина индукционного тока зависит от скорости перемещения магнита.

Правильный ответ указан под номером 1.

Ответ: 1

14. Задание 14 № 121. На рисунке показаны положения главной оптической оси линзы (прямая a) предмета S и его изображения S_1 . Согласно рисунку



- 1) линза является собирающей
2) линза является рассеивающей
3) линза может быть как собирающей, так и рассеивающей
4) изображение не может быть получено с помощью линзы

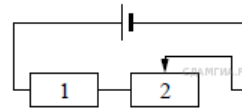
Решение.

Изображение получилось прямым и увеличенным. Данное изображение можно получить, если расположить собирающую линзу слева от предмета.

Правильный ответ указан под номером 1.

Ответ: 1

15. Задание 15 № 1694. На рисунке изображена электрическая цепь, состоящая из источника тока, резистора и реостата. Как изменяются при передвижении ползунка реостата влево его сопротивление и сила тока в цепи? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



- 1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сопротивление реостата 2	Сила тока в цепи

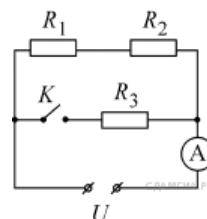
Решение.

При движении ползунка влево, сопротивление реостата будет уменьшаться. По закону Ома, сила тока обратно пропорциональна сопротивлению, поэтому при уменьшении сопротивления, сила тока в цепи должна увеличиться.

Ответ 21

Ответ: 21

16. Задание 16 № 1204. На рисунке показана электрическая схема, состоящая из источника постоянного напряжения U , трёх резисторов, имеющих сопротивления $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 2$ Ом, амперметра и ключа K . Сначала ключ был разомкнут, амперметр показывал силу тока I_1 . После замыкания ключа сила тока I_2 , текущего через амперметр, стала равна



1) $I_2 = 0,5 I_1$

2) $I_2 = 1,5 I_1$

3) $I_2 = 2 I_1$

4) $I_2 = 2,5 I_1$

Решение.

Амперметр показывает силу тока, протекающего в проводнике. Сила тока равна отношению напряжения к общему сопротивлению цепи $I = \frac{U}{R}$. Сопротивление цепи в первом случае $R' = R_1 + R_2 = 1 + 2 = 3$ Ом. Цепь во втором случае состоит из параллельно соединённых участков сопротивлениями R' и R_3 . Сопротивление цепи во втором случае $R'' = \frac{R' \cdot R_3}{R' + R_3} = \frac{3 \cdot 2}{3 + 2} = \frac{6}{5}$. Найдём отношение силы тока после замыкания ключа к силе тока после замыкания ключа:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{U}{R''} \cdot \frac{U}{R'} = \frac{R'}{R''} = \frac{3}{\frac{6}{5}} = 2,5.$$

Таким образом $I_2 = 2,5 I_1$.

Правильный ответ указан под номером: 4.

Ответ: 4

17. Задание 17 № 258. В соответствии с моделью атома Резерфорда

1) ядро атома имеет малые по сравнению с атомом размеры

2) ядро атома имеет отрицательный заряд

3) ядро атома имеет размеры, сравнимые с размерами атома

4) ядро атома притягивает α -частицы

Решение.

Модель Резерфорда — это планетарная модель атома, в которой положительно заряженное ядро находится в центре, а отрицательно заряженные электроны вращаются вокруг. В соответствии с данной моделью ядро атома имеет малые по сравнению с атомом размеры.

Правильный ответ указан под номером 1.

Ответ: 1

18. Задание 18 № 587. Стальной шарик нагревают на горелке. Как в процессе нагревания изменяются плотность шарика, его механическая и внутренняя энергии?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличилась

2) уменьшилась

3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Плотность шарика	Механическая энергия	Внутренняя энергия

Решение.

Плотность есть отношение объёма тела к массе, при нагревании шарика, он расширяется, то есть объём растёт, масса остаётся неизменной, следовательно плотность уменьшается. Механическая энергия есть сумма кинетической энергии и потенциальной, следовательно, при нагревании шарика, она не изменяется. Внутренняя энергия пропорциональна температуре тела и потенциальной энергии взаимодействия молекул тела между собой, при нагревании она будет увеличиваться.

Ответ: 231.

Ответ: 231

19. Задание 19 № 535. Ученик провёл эксперимент по изучению силы упругости, возникающей при подвешивании грузов разной массы к резиновому шнуру разной длины и толщины.

Результаты экспериментальных прямых измерений массы груза m , диаметра поперечного сечения шнура d , его первоначальной длины l_0 и удлинения $(l - l_0)$, а также косвенные измерения коэффициента жёсткости k представлены в таблице:

№ опыта	m , кг	d , мм	l_0 , см	$(l - l_0)$, см	k , Н/м
1	0,5	3	50	5,0	100
2	0,5	5	100	3,6	140
3	0,5	3	100	10,0	50
4	1,0	3	50	10,0	100

Какие утверждения соответствуют результатам проведённых экспериментальных измерений? Из предложенного перечня утверждений выберите два правильных. Укажите их номера.

- 1) Жёсткость шнура зависит от силы упругости
- 2) Удлинение шнура зависит от упругих свойств материала, из которого изготовлен исследуемый образец
- 3) Удлинение шнура зависит от его первоначальной длины
- 4) При увеличении толщины шнура его жёсткость увеличивается
- 5) При увеличении длины шнура его жёсткость увеличивается

Решение.

Проанализируем утверждения.

- 1) Утверждение не следует из экспериментальных данных, поскольку сила упругости не измерялась.
- 2) Утверждение не следует из экспериментальных данных, поскольку шнуры из других материалов не изучались.
- 3) Утверждение соответствует экспериментальным данным 1 и 3.
- 4) Утверждение соответствует экспериментальным данным 2 и 3.
- 5) Утверждение противоречит экспериментальным данным 1 и 3.

Ответ: 34

20. Задание 20 № 1096. Переход воды из газообразного состояния в жидкое при конденсации

- 1) является фазовым переходом первого рода
- 2) является фазовым переходом второго рода
- 3) не является фазовым переходом
- 4) может быть отнесён к фазовому переходу как первого, так и второго рода — в зависимости от условий, при которых происходит переход

Фазовые переходы

Известно, что при изменении внешних условий — температуры или давления — вещество может изменять своё агрегатное состояние (переходить из газообразной формы в жидкую, из жидкой в твёрдую, либо из газообразной в твёрдую, и обратно). Однако, как показывает опыт, возможен и другой тип превращения вещества. Вещество при изменении внешних условий может изменять какие-либо свои свойства, оставаясь при этом в прежнем агрегатном состоянии. Такие изменения свойств вещества называют **фазовыми переходами**, и говорят, что вещество перешло из одной фазы в другую. Любое изменение агрегатного состояния, естественно, является фазовым переходом. Обратное утверждение неверно. Таким образом, фазовый переход — более широкое понятие, чем изменение агрегатного состояния.

Различают два основных типа фазовых переходов. Их так и называют — фазовый переход первого рода и фазовый переход второго рода. При фазовом переходе первого рода скачком изменяются плотность вещества и его внутренняя энергия (при этом другие характеристики также могут меняться). Последнее означает, что при фазовом переходе первого рода выделяется или поглощается теплота. Примерами фазового перехода первого рода как раз могут служить упомянутые выше изменения агрегатного состояния вещества. Например, при превращении воды в лёд плотность вещества уменьшается (вещество расширяется) и выделяется теплота замерзания (равная по модулю теплоте плавления, поглощающейся при обратном фазовом переходе). При этом уменьшается удельная теплоёмкость вещества.

При фазовом переходе второго рода плотность вещества и его внутренняя энергия остаются неизменными, поэтому такие переходы могут быть внешне незаметными. Зато скачкообраз-

но изменяются удельная теплоёмкость вещества, его коэффициент теплового расширения и некоторые другие характеристики. Примерами фазовых переходов второго рода могут служить переход металлов и сплавов из обычного состояния в сверхпроводящее, а также переход твёрдых веществ из аморфного состояния в стеклообразное.

Интересные примеры фазовых переходов первого рода наблюдаются у некоторых металлов. Например, если нагревать железо, то при достижении температуры $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит перестройка его кристаллической решетки, в результате чего наблюдается увеличение плотности вещества и поглощается теплота фазового перехода. Этот фазовый переход обратим — при понижении температуры обратно до $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ плотность железа, наоборот, уменьшается, и происходит выделение теплоты фазового перехода.

Фазовые переходы могут быть и необратимыми. Ярким примером такого перехода может служить превращение так называемого «белого олова» в так называемое «серое олово». При комнатной температуре белое олово является пластичным металлом. При понижении температуры до примерно $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ оно начинает медленно переходить в другое фазовое состояние — серое олово — в котором олово существует в виде порошка. Фазовый переход происходит с очень малой скоростью (то есть после понижения температуры ниже точки фазового перехода олово всё ещё остаётся белым, но это состояние нестабильно). Однако фазовый переход резко ускоряется при понижении температуры до $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также при контакте серого олова с белым оловом. Поскольку при данном фазовом переходе происходит резкое уменьшение плотности (и увеличение объёма), то оловянные предметы рассыпаются в порошок, причём попадание этого порошка на «не пораженные» предметы приводит к их быстрой порче (предметы как бы «заражаются»). Вернуть серое олово в исходное состояние возможно только путём его переплавки.

Описанное явление получило название «оловянная чума». Оно явилось основной причиной гибели экспедиции Р.Ф. Скотта к Южному полюсу в 1912 г. (экспедиция осталась без топлива — оно вытекло из баков, запаянных оловом, которое поразила «оловянная чума»). Также существует легенда, согласно которой одной из причин неудачи армии Наполеона в России явились сильные зимние морозы, которые превратили в порошок оловянные пуговицы на мундирах солдат. «Оловянная чума» погубила многие ценнейшие коллекции оловянных солдатиков. Например, в запасниках петербургского музея Александра Суворова превратились в труху десятки фигурок — в подвале, где они хранились, во время суровой зимы лопнули батареи отопления.

Решение.

Переход воды из газообразного состояния в жидкое при конденсации сопровождается скачкообразным изменением плотности вещества и при этом выделяется теплота парообразования, следовательно, это фазовый переход первого рода.

Правильный ответ указан под номером: 1.

Ответ: 1

21. Задание 21 № 1097. При фазовом переходе скачком изменился коэффициент теплового расширения вещества.

Какое(-ие) утверждение(-я) справедливо(-ы)?

А. При данном переходе не выделялась и не поглощалась теплота.

Б. Данный переход является фазовым переходом второго рода.

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

Фазовые переходы

Известно, что при изменении внешних условий — температуры или давления — вещество может изменять своё агрегатное состояние (переходить из газообразной формы в жидкую, из жидкой в твёрдую, либо из газообразной в твёрдую, и обратно). Однако, как показывает опыт, возможен и другой тип превращения вещества. Вещество при изменении внешних условий может изменять какие-либо свои свойства, оставаясь при этом в прежнем агрегат-

ном состоянии. Такие изменения свойств вещества называют **фазовыми переходами**, и говорят, что вещество перешло из одной фазы в другую. Любое изменение агрегатного состояния, естественно, является фазовым переходом. Обратное утверждение неверно. Таким образом, фазовый переход — более широкое понятие, чем изменение агрегатного состояния.

Различают два основных типа фазовых переходов. Их так и называют — фазовый переход первого рода и фазовый переход второго рода. При фазовом переходе первого рода скачком изменяются плотность вещества и его внутренняя энергия (при этом другие характеристики также могут меняться). Последнее означает, что при фазовом переходе первого рода выделяется или поглощается теплота. Примерами фазового перехода первого рода как раз могут служить упомянутые выше изменения агрегатного состояния вещества. Например, при превращении воды в лёд плотность вещества уменьшается (вещество расширяется) и выделяется теплота замерзания (равная по модулю теплоте плавления, поглощающейся при обратном фазовом переходе). При этом уменьшается удельная теплоёмкость вещества.

При фазовом переходе второго рода плотность вещества и его внутренняя энергия остаются неизменными, поэтому такие переходы могут быть внешне незаметными. Зато скачкообразно изменяются удельная теплоёмкость вещества, его коэффициент теплового расширения и некоторые другие характеристики. Примерами фазовых переходов второго рода могут служить переход металлов и сплавов из обычного состояния в сверхпроводящее, а также переход твёрдых веществ из аморфного состояния в стеклообразное.

Интересные примеры фазовых переходов первого рода наблюдаются у некоторых металлов. Например, если нагревать железо, то при достижении температуры $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит перестройка его кристаллической решетки, в результате чего наблюдается увеличение плотности вещества и поглощается теплота фазового перехода. Этот фазовый переход обратим — при понижении температуры обратно до $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ плотность железа, наоборот, уменьшается, и происходит выделение теплоты фазового перехода.

Фазовые переходы могут быть и необратимыми. Ярким примером такого перехода может служить превращение так называемого «белого олова» в так называемое «серое олово». При комнатной температуре белое олово является пластичным металлом. При понижении температуры до примерно $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ оно начинает медленно переходить в другое фазовое состояние — серое олово — в котором олово существует в виде порошка. Фазовый переход происходит с очень малой скоростью (то есть после понижения температуры ниже точки фазового перехода олово всё ещё остаётся белым, но это состояние нестабильно). Однако фазовый переход резко ускоряется при понижении температуры до $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также при контакте серого олова с белым оловом. Поскольку при данном фазовом переходе происходит резкое уменьшение плотности (и увеличение объёма), то оловянные предметы рассыпаются в порошок, причём попадание этого порошка на «не пораженные» предметы приводит к их быстрой порче (предметы как бы «заражаются»). Вернуть серое олово в исходное состояние возможно только путём его переплавки.

Описанное явление получило название «оловянная чума». Оно явилось основной причиной гибели экспедиции Р.Ф. Скотта к Южному полюсу в 1912 г. (экспедиция осталась без топлива — оно вытекло из баков, запаянных оловом, которое поразила «оловянная чума»). Также существует легенда, согласно которой одной из причин неудачи армии Наполеона в России явились сильные зимние морозы, которые превратили в порошок оловянные пуговицы на мундирах солдат. «Оловянная чума» погубила многие ценнейшие коллекции оловянных солдатиков. Например, в запасниках петербургского музея Александра Суворова превратились в труху десятки фигурок — в подвале, где они хранились, во время суровой зимы лопнули батареи отопления.

Решение.

Если при фазовом переходе скачком изменился коэффициент теплового расширения вещества, это означает, что это фазовый переход второго рода, следовательно внутренняя энергия тела не изменилась, значит, не выделялась и не поглощалась теплота. Утверждение А *верно*.

Если при фазовом переходе скачком изменился коэффициент теплового расширения вещества, это означает, что это фазовый переход второго рода. Утверждение Б *верно*.

Правильный ответ указан под номером: 3.

Ответ: 3

22. Задание 22 № 1102. Один конец железной проволоки прикрепили к неподвижному штативу, а ко второму концу прикрепили груз и перекинули проволоку через неподвижный блок, в результате чего она оказалась натянутой горизонтально, получив возможность изменять свою длину. Через проволоку пропустили электрический ток, нагрев её до красного каления. Затем силу тока начали медленно уменьшать, постепенно понижая температуру проволоки. При остывании проволока светилась всё менее ярко и, вследствие теплового сжатия, медленно укорачивалась. При температуре $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ произошёл фазовый переход. Укажите, что произошло с яркостью свечения проволоки в момент фазового перехода — она начала светиться более ярко или более тускло по сравнению с моментом, предшествующим фазовому переходу?

Ответ поясните.

Фазовые переходы

Известно, что при изменении внешних условий — температуры или давления — вещество может изменять своё агрегатное состояние (переходить из газообразной формы в жидкую, из жидкой в твёрдую, либо из газообразной в твёрдую, и обратно). Однако, как показывает опыт, возможен и другой тип превращения вещества. Вещество при изменении внешних условий может изменять какие-либо свои свойства, оставаясь при этом в прежнем агрегатном состоянии. Такие изменения свойств вещества называют **фазовыми переходами**, и говорят, что вещество перешло из одной фазы в другую. Любое изменение агрегатного состояния, естественно, является фазовым переходом. Обратное утверждение неверно. Таким образом, фазовый переход — более широкое понятие, чем изменение агрегатного состояния.

Различают два основных типа фазовых переходов. Их так и называют — фазовый переход первого рода и фазовый переход второго рода. При фазовом переходе первого рода скачком изменяются плотность вещества и его внутренняя энергия (при этом другие характеристики также могут меняться). Последнее означает, что при фазовом переходе первого рода выделяется или поглощается теплота. Примерами фазового перехода первого рода как раз могут служить упомянутые выше изменения агрегатного состояния вещества. Например, при превращении воды в лёд плотность вещества уменьшается (вещество расширяется) и выделяется теплота замерзания (равная по модулю теплоте плавления, поглощающейся при обратном фазовом переходе). При этом уменьшается удельная теплоёмкость вещества.

При фазовом переходе второго рода плотность вещества и его внутренняя энергия остаются неизменными, поэтому такие переходы могут быть внешне незаметными. Зато скачкообразно изменяются удельная теплоёмкость вещества, его коэффициент теплового расширения и некоторые другие характеристики. Примерами фазовых переходов второго рода могут служить переход металлов и сплавов из обычного состояния в сверхпроводящее, а также переход твёрдых веществ из аморфного состояния в стеклообразное.

Интересные примеры фазовых переходов первого рода наблюдаются у некоторых металлов. Например, если нагревать железо, то при достижении температуры $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит перестройка его кристаллической решетки, в результате чего наблюдается увеличение плотности вещества и поглощается теплота фазового перехода. Этот фазовый переход обратим — при понижении температуры обратно до $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ плотность железа, наоборот, уменьшается, и происходит выделение теплоты фазового перехода.

Фазовые переходы могут быть и необратимыми. Ярким примером такого перехода может служить превращение так называемого «белого олова» в так называемое «серое олово». При комнатной температуре белое олово является пластичным металлом. При понижении температуры до примерно $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ оно начинает медленно переходить в другое фазовое состоя-

ние — серое олово — в котором олово существует в виде порошка. Фазовый переход происходит с очень малой скоростью (то есть после понижения температуры ниже точки фазового перехода олово всё ещё остаётся белым, но это состояние нестабильно). Однако фазовый переход резко ускоряется при понижении температуры до $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также при контакте серого олова с белым оловом. Поскольку при данном фазовом переходе происходит резкое уменьшение плотности (и увеличение объёма), то оловянные предметы рассыпаются в порошок, причём попадание этого порошка на «не пораженные» предметы приводит к их быстрой порче (предметы как бы «заражаются»). Вернуть серое олово в исходное состояние возможно только путём его переплавки.

Описанное явление получило название «оловянная чума». Оно явилось основной причиной гибели экспедиции Р.Ф. Скотта к Южному полюсу в 1912 г. (экспедиция осталась без топлива — оно вытекло из баков, запаянных оловом, которое поразила «оловянная чума»). Также существует легенда, согласно которой одной из причин неудачи армии Наполеона в России явились сильные зимние морозы, которые превратили в порошок оловянные пуговицы на мундирах солдат. «Оловянная чума» погубила многие ценнейшие коллекции оловянных солдатиков. Например, в запасниках петербургского музея Александра Суворова превратились в труху десятки фигурок — в подвале, где они хранились, во время суровой зимы лопнули батареи отопления.

Решение.

1. Яркость свечения увеличилась.
2. Наблюдаемый переход является фазовым переходом первого рода. Он происходит с выделением теплоты. Эта теплота в момент фазового перехода отдаётся проволоке, в результате чего её температура возрастает и яркость свечения увеличивается.

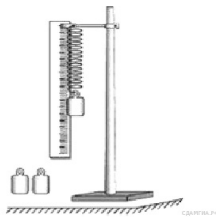
23. Задание 23 № 726. Используя штатив лабораторный с муфтой и лапкой, пружину, груз массой (100 ± 2) г, линейку длиной 300 мм с миллиметровыми делениями, соберите установку для определения жёсткости пружины. Подвесьте пружину за один из концов к штативу. Прикрепив к свободному концу пружины груз, измерьте удлинение пружины

В ответе:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для определения силы упругости;
- 3) запишите условие равновесия груза на пружине;
- 4) измерьте удлинение пружины после прикрепления к ней груза и запишите измеренную величину;
- 5) определите жёсткость пружины и оцените погрешность её измерения.

Решение.

- 1) Рисунок экспериментальной установки:



2) $F_{\text{упр}} = k\Delta l$.

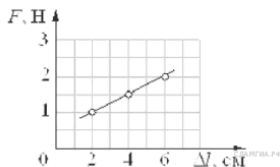
3) $F_{\text{тяж}} = mg = F_{\text{упр}} = k\Delta l$.

4)

№	Масса груза m (кг)	Удлинение пружины Δl (см)	Модуль силы упругости F (Н)
1	0,1	2	1
2	0,2	4	2
3	0,3	6	3

Погрешность измерения удлинения Δl составляет $\approx 0,5$ мм.

5)



Зависимость модуля силы упругости пружины от её удлинения носит линейный характер.

24. Задание 24 № 1215. В печах, используемых для отопления домов в сельской местности, для удаления из топки дыма служит труба (дымоход). При нормальном режиме работы печи частицы дыма «засасываются» в трубу и вылетают наружу, в атмосферу — труба «вытягивает» дым из печи. Будет ли кирпичная печная труба обеспечивать лучшую тягу, чем стальная? Теплопроводность кирпича значительно меньше, чем у стали. Ответ поясните.

Решение.

1. Да.

2. Тяга возникает из-за того, что горячий воздух в трубе имеет меньшую плотность, чем холодный воздух вокруг печи. С его стороны на горячий воздух действует выталкивающая сила, обеспечивающая движение воздуха по трубе, то есть «тягу». Чем меньше воздух за время подъёма по трубе будет охлаждаться, тем тяга будет лучше. Поэтому труба должна иметь как можно меньшую теплопроводность, и кирпич лучше стали.

25. Задание 25 № 1397. Однородный горизонтальный брус массой $M = 120$ кг опирается левым концом A на подставку. Определите модуль вертикально направленной силы F , которую нужно приложить к правому концу бруса B для того, чтобы он находился в равновесии.

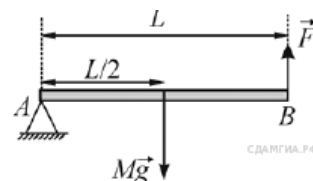
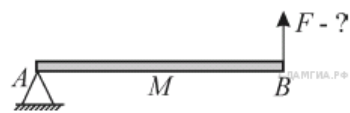
Решение.

Дано: Решение:

$M = 120$ кг Брус находится в равновесии при условии равенства нулю суммы моментов всех действующих на него сил. Согласно правилу рычага, записанно-

$F - ?$ му относительно точки A : $Mg \cdot \frac{L}{2} = F \cdot L$. Отсюда $F = \frac{Mg}{2} = 600$ Н.

Ответ: 600 Н.



26. Задание 26 № 513. В алюминиевый калориметр массой 50 г налито 120 г воды и опущен электрический нагреватель мощностью 12,5 Вт. За какое время калориметр с водой нагреется на 24°C , если тепловые потери в окружающую среду составляют 20%?

Решение.

КПД нагревателя — есть отношение полезной работы A_1 к затраченной A_2 :

$$\eta = \frac{A_1}{A_2},$$

где

$$A_1 = Q = c_K m_K \Delta t + c_B m_B \Delta t = \Delta t (c_K m_K + c_B m_B);$$

$$A_2 = P \tau.$$

Подставим A_1 и A_2 в первую формулу:

$$\eta = \frac{\Delta t (c_K m_K + c_B m_B)}{P \tau} \Leftrightarrow \tau = \frac{\Delta t (c_K m_K + c_B m_B)}{\eta P} = 1320 \text{ с.}$$

Ответ: 1320 с.

Ключ

№ п/п	№ задания	Ответ
1	1098	234
2	1081	4
3	543	1
4	58	3
5	1403	2
6	642	23
7	1169	3
8	1278	2
9	2609	13 31
10	1689	1
11	361	2
12	470	2
13	336	1
14	121	1
15	1694	21
16	1204	4
17	258	1
18	587	231
19	535	34
20	1096	1
21	1097	3