Задание 10-16 СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА. Структура и свойства твёрдых тел

° - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома

Задачи простые

А1*. В чём с точки зрения их строения и физических свойств отличие аморфных, поли и монокристаллических тел? Ответ дайте в форме сравнительной таблицы.

А2*. Объясните, почему монокристаллы не могут обладать изотропией структуры и физических свойств. Выполняется ли это условие для поликристаллических тел?

А3*. Объясните, что такое трансляционная симметрия кристаллической решётки. Какую роль выполняют базисные вектора трансляции?

А4*. Объясните, что такое дальний и ближний порядок расположения атомов в твёрдых телах.

А5*. Перечислите основные преобразования и элементы симметрии. Ответ поясните рисунками.

А6*. Объясните, что такое группа симметрии?

А7*. Объясните, что такое элементарная ячейка кристаллической решётки Браве? Какая ячейка называется примитивной? В чём особенность ячейки Вигнера-Зейтца?

А8*. На соотношениях каких шести параметров построена классификация кристаллических решёток Браве?

А9*. Объясните, что такое полиморфизм кристаллических тел. Приведите примеры полиморфизма.

А10*. В форме сравнительной таблицы покажите, чем отличаются друг от друга четыре основные (по химической связи) типа кристаллов.

А11*. Приведите примеры веществ, в которых наблюдается несколько типов химических связей.

А12*. Объясните разницу между точечными дефектами внедрения, замещения и вакансией. Какой из этих дефектов не может являться примесью?

А13*. Объясните, чем отличаются диаграммы растяжения материала, обладающего упругостью, и хрупкого материала? Ответ проиллюстрируйте рисунками.

А14*. Перечислите и изобразите на рисунке основные виды упругих деформаций твёрдого тела.

Задачи средние

Б1*. Объясните, чем отличаются периодическое и апериодическое заполнение плоскости (паркет) одинаковыми плитками без зазоров.

Б2. Объясните, какие две фигуры могут быть названы пространственными изомерами, и чем они отличаются от пары фигур симметричных относительно плоскости и точки?

Б3*. Сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку кубической, кубической объёмно-центрированной, кубической гранецентрированной, гексагональной и гексагональной объёмно-центрированной решёток Браве?

Б4. Объясните, каким образом плотно упакованные шары могут образовывать гексагональную структуру, учитывая, что центры трёх соприкасающихся шаров лежат в вершинах правильного треугольника.

Б5*. Оцените, сколько элементарных ячеек содержится в $1\ см^3$ свинца? Кристаллическая решётка свинца кубическая гранецентрированная.

Б6*. Укажите пять основных кристаллических форм углерода.

Б7*. Объясните, чем отличаются друг от друга краевая и винтовая дислокации. Ответ поясните рисунком.

Б8*. Объясните и изобразите на рисунке механизм перемещения линейной дислокации в кристалле.

Б9. Какую силу F надо приложить к стальному стержню сечением $S = 1\ см^2$, чтобы растянуть его на столько же, на сколько он удлиняется при нагревании на $\Delta t = 10^oC$? Коэффициент линейного расширения стали равен $\alpha = 12\cdot10^{-6}\ K^{-1}$. Модуль Юнга стали — $E = 2.1\cdot10^{11}\ Н/м^2$.

Б10. Оцените жёсткость межатомной связи в веществе с модулем Юнга E и средним межатомным расстоянием a.

Б11*. Колонна Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге (Ленинграде) имеет высоту $30\ м$. Оцените на сколько она сжата под действием собственной тяжести? Плотность гранита равна $2.7\cdot10^3\ кг/м^3$, а его модуль Юнга $10^{11}\ Па$.

Б12. Стержень массы m, длины l и сечения S тянут за один конец в продольном направлении с ускорением a. Модуль Юнга материала стержня E. Колебаний в стержне нет. На сколько удлинится стержень?

Б13*. Запасом прочности материала называют отношение его предела прочности (напряжение $\sigma_п$, при котором материал разрушается в ходе одностороннего растяжения) к величине допустимого напряжения $\sigma_д$. Объясните, почему для хрупких материалов величину допустимого напряжения обычно выбирают равной пределу прочности, а для материалов, обладающих упругостью – пределу текучести $\sigma_т$. Можно ли утверждать, что запас прочности у хрупких материалов всегда меньше чем у упругих?

Б14*. Коэффициент Пуассона для стали равен 0.3. Увеличивается или уменьшается объем стального стержня при растяжении?

Б15. Объём резинового шнура при растяжении почти не меняется. Чему равен коэффициент Пуассона для резины?

Задачи сложные

В1*. Докажите, что одинаковыми плитками в виде правильных пятиугольников (семиугольников, восьмиугольников и т.д.) нельзя без зазоров заполнить плоскость периодическим паркетом.

В2. Известно, что в любом выпуклом многограннике (в том числе и правильном) сумма всех углов между ребрами, сходящимися в одной вершине, всегда меньше 360°. Используя это неравенство, докажите, что правильных выпуклых многогранников существует всего пять.

В3*. Объясните, почему в кристаллах могут существовать поворотные оси симметрии только второго, третьего, четвёртого и шестого порядков?

В4*. Перечислите все элементы симметрии кубической, тетрагональной и гексагональной элементарных ячеек.

В5*. Каким обязательным свойством должно обладать тело, чтобы при преобразовании отражения в плоскости не получился пространственный изомер?

В6. Какое основное свойство кристаллической решётки не наблюдается в квазикристаллах?

В7*. В форме сравнительной таблицы покажите, чем отличаются три основные типа жидких кристаллов.

В8*. Объясните, что отличает стёкла от всех остальных аморфных материалов.

В9*. Объясните в чём разница, и в чём сходство между жидкими кристаллами и стёклами.

В10. Равные количества соли растворяют в двух одинаковых сосудах с водой. В одном случае соль берут в виде одного большого кристалла, а в другом – в виде порошка. В каком случае температура раствора после полного растворения соли будет выше? Начальная температура соли и воды в обоих случаях одинакова.

В11*. Бронзовый стержень был охлажден в жидком азоте до температуры $78\ K$ и плотно вставили в прямоугольное отверстие жёсткой обоймы, имеющей температуру $293\ K$ (комнатную). Каким стало давление стержня на обойму после того, как он нагрелся до комнатной температуры? Коэффициент линейного расширения бронзы равен $\alpha = 1.75\cdot10^{-5}\ K^{-1}$, модуль Юнга — $E = 1.04\cdot10^{11}\ Н/м^2$.

В12. Латунное кольцо сечением 2×5 *мм* и диаметром в несколько сантиметров было нагрето до температуры *573 К* и плотно надето на стальной цилиндр, имеющий комнатную температуру. Какое усилие на разрыв испытывает кольцо после охлаждения? Коэффициент линейного расширения латуни равен $\alpha = 1.84 \cdot 10^{-3}$ K^{-1}. Модуль Юнга — $E = 6.47 \cdot 10^{10}$ $Н/м^2$.

В13. Шарик массы $m = 10$ *кг*, подвешенный на лёгкой проволоке, вращается в горизонтальной плоскости с частотой $n = 2$ *об/мин*. Найдите напряжение металла проволоки σ, если площадь поперечного сечения проволоки равна $S = 2$ $мм^2$, а длина — $l = 1.2$ *м*.

В14°*. На стальном стержне сечения 1 $см^2$ и длины *75 см* закрепили на расстоянии *25 см* друг от друга три груза массы *2000 кг* каждый. Нижний груз висит на конце стержня. Нарисуйте графики относительного удлинения (деформации) и смещения участков стержня. Модуль Юнга стали равен $2 \cdot 10^{11}$ *Па*. Каково растяжение всего стержня?

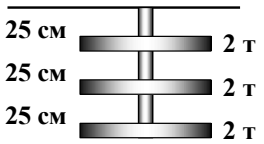
В15. Относительное удлинение растянутого стержня равно ε. Найдите энергию упругой деформации на единицу объема, если модуль Юнга материала стержня равен E. Выразите полученную величину через силу, действующую на единицу площади сечения и через нормальное напряжение σ.

В16. Какую наименьшую работу нужно совершить, чтобы согнуть в кольцо стержень, имеющий квадратное сечение со стороной a? Модуль Юнга материала равен E, длина стержня — $l >> a$.

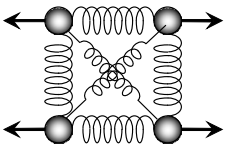
В17°. При действии продольных сил, растягивающих или сжимающих упругое тело, изменяются не только его продольные, но и поперечные размеры. Рассмотрите модель ячейки кристалла, в которой связи атомов представлены пружинами (см. рисунок). Жёсткость диагональных пружин k, остальных - k_0. Определите отношение сжатия поперечных пружин к удлинению продольных при малых деформациях.

В18*. При продольном растяжении образца относительное уменьшение его поперечных размеров $-\varepsilon'$ пропорционально относительному удлинению образца $\varepsilon = -\Delta l / l_0$. Отношение $-\varepsilon'/\varepsilon$ называется коэффициентом Пуассона μ. Определите коэффициент Пуассона для образца, отвечающего модели из задачи В17.

В19*. Сжимаемость вещества показывает, на какую долю от первоначального объема уменьшается объем тела при единичном увеличении давления на его поверхность. Рассматривая всестороннее сжатие кубика вещества, как сумму трёх односторонних сжатий, выразите сжимаемость через модуль Юнга и коэффициент Пуассона.



К задаче В14



К задаче В17

Теория

1. Г.Я. Мякишев – Механика. §§ 9.1-9.4. Молекулярная физика. Термодинамика. §§ 8.1-8.6.
2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 32.1-33.6, 34.6.
3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т1. Механика. §§ 24. Т.3. Строение и свойства вещества. §§ 12-13.
4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 263-287.
5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т1. Механика. §§ 73-80. Т.2. Термодинамика и молекулярная физика. §§ 129-135.
6. Д. Джанколи - Физика. Т.1. §§ 11.4-11.5, 17.5-17.6.