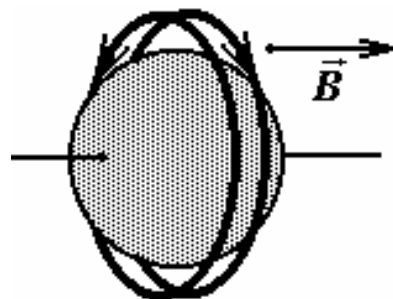


20 баллов

Условие

Задача 1. (20 баллов) Диамагнитные свойства кристалла определяются свойствами атомов, из которых образован данный кристалл.

В качестве модели диамагнитного атома рассмотрим массивный остов, вокруг которого вращаются в противоположных направлениях с одинаковыми по модулю угловыми скоростями два равномерно заряженных непроводящих жестких кольца. (Эти кольца моделируют орбиты электронов, находящихся на последней орбите, поэтому массу и заряд кольца положим равной массе m и заряду e электрона, радиус кольца также будем считать известным и равным r). Если такой атом попадает в магнитное поле, вектор индукции которого $\vec{B}_0$ направлен вдоль оси системы, то угловые скорости вращения колец изменяются (изменением положений и размеров колец и самих атом при этом пренебрегаем), что приводит к появлению у атома индуцированного магнитного момента. Индуцированные магнитные моменты атомов создают собственное магнитное поле B' , которое складываясь с внешним полем приводит к изменению поля внутри диамагнетика. Так как диамагнетик крайне слабо изменяет внешнее поле, то при расчете поля B' , можно считать, что каждый атом взаимодействует с полем, которое равно внешнему полю $\vec{B}_0$.

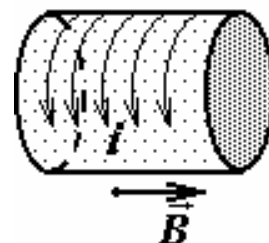


1.1 Покажите, что при изменении индукции магнитного поля от нуля до B_0 изменение модуля угловой скорости вращения каждого кольца определяется формулой $\Delta\omega = \frac{e}{2m}B_0$.

1.2 Если два одинаковых кольца вращаются в противоположных направлениях с различными скоростями, то движение их зарядов создает постоянный электрический ток (молекулярный ток). Найдите силу этого тока, на отдельном рисунке укажите направление тока (не забудьте указать на этом же рисунке направление магнитного поля).

1.3 Определите индуцированный магнитный момент p_m отдельного атома и магнитный момент J единицы объема магнетика, если концентрация атомов в этом веществе известна и равна n . *Подсказка. Магнитным моментом контура с током называется произведение силы тока в контуре на площадь контура.*

1.4 Рассмотрите сплошной цилиндр, изготовленный из рассматриваемого диэлектрика, размеры которого значительно превышают размеры атома, помещенный во внешнее однородное магнитное поле $\vec{B}_0$, направленное вдоль оси цилиндра. Совокупность молекулярных токов приводит к появлению поверхностного тока. Найдите линейную плотность i (заряд, протекающий за единицу времени через единицу длины) этого тока и величину индукции поля внутри магнетика B' , созданного поверхностным током.



Подсказка. Выразите магнитный момент цилиндра как через магнитный момент отдельного атома, так и через плотность поверхностного тока.

1.5 Учитывая, что магнитное поле B внутри однородно намагниченного магнетика определяется формулой $B = \mu B_0$, получите выражение для магнитной проницаемости рассматриваемого диамагнетика μ .

1.6 Оцените в рамках рассмотренной модели магнитную проницаемость меди. Вычислите величину $(1 - \mu)$, используя следующие характеристики меди: плотность $\rho \approx 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; молярная масса $M = 64 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; радиус атома $r = 0,6 \cdot 10^{-10} \text{м}$. Физические константы: заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{Кл}$; масса электрона $m = 0,9 \cdot 10^{-30} \text{кг}$, число Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{моль}^{-1}$, магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$.