

Кольцевая

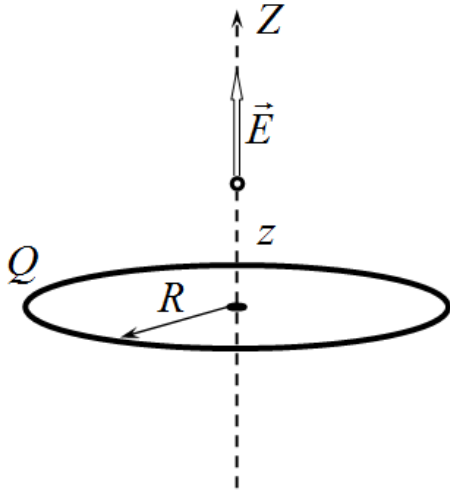
Условие

Задача 11- 2. «Кольцевая»

Построение всех графиков выполняйте на отдельных, выданных Вам бланках!

Часть 1. Электрическое поле кольца.

Суммарный электрический заряд тонкого равномерно заряженного кольца равен Q , радиус кольца - R . Совместим ось Z с осью кольца, начало отсчета поместим в центр кольца.



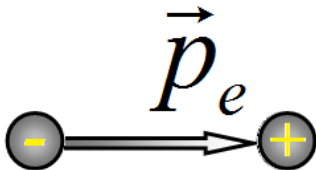
1.1 Найдите зависимость проекции вектора напряженности электрического поля $E_z(z)$ на ось Z от координаты на оси кольца.

Обозначим $E_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$.

1.2 Постройте график зависимости величины $\frac{E_z(z)}{E_0}$ от величины $\xi = \frac{z}{R}$.

1.3 Получите упрощенный вид зависимости $E_z(z)$ при $z \gg R$.

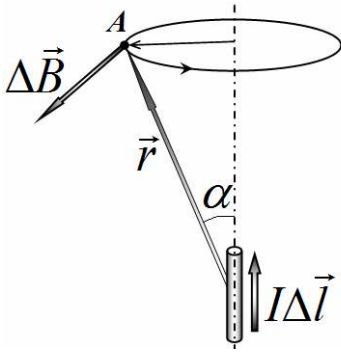
1.4 На оси кольца на расстоянии z находится электрический диполь с дипольным моментом $\vec{p}_e$. Считая, что $z \gg R$ найдите силу $\vec{F}$, действующую на диполь.



Электрическим диполем называется система из двух точечных зарядов, одинаковых по величине и противоположных по знаку $+q, -q$, находящихся на малом расстоянии a друг от друга. Характеристикой диполя является его дипольный момент, который определяется как $\vec{p}_e = q\vec{a}$.

Подсказка. Покажите, что сила, действующая на диполь равна $F_z = p_e \frac{\Delta E_z}{\Delta z}$.

Часть 2. Магнитное поле кольца.



Закон Био - Савара:

Малый элемент тока $I\Delta l$ создает в произвольной точке A магнитное поле, индукция которого определяется по формуле

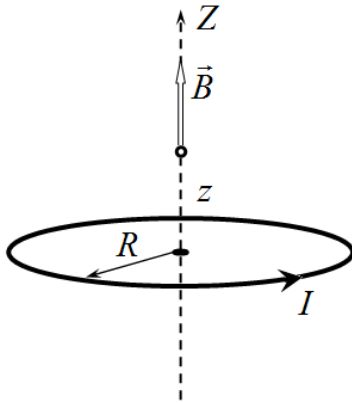
$$\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I\Delta l}{r^2} \sin \alpha \quad (1)$$

где I - сила тока, протекающего по элементу длиной Δl , r - расстояние от элемента тока до точки A , α - угол между направлением элемента тока и направлением на точку A . Вектор $\Delta \vec{B}$ перпендикулярен плоскости, в которой лежит элемент тока и точка A .

По проволочному кольцу радиуса R протекает постоянный электрический ток силы I .

Совместим ось Z с осью кольца, начало отсчета поместим в центр кольца.

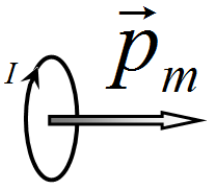
2.1 Найдите зависимость проекции вектора индукции магнитного поля $B_z(z)$ на ось Z от координаты на оси кольца.



Обозначим $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}$.

2.2 Постройте график зависимости величины $\frac{B_z(z)}{B_0}$ от величины $\xi = \frac{z}{R}$.

2.3 Получите упрощенный вид зависимости $B_z(z)$ при $z \gg R$.



2.4 На оси кольца на расстоянии z находится магнитный диполь с дипольным моментом $\vec{p}_m$. Считая, что $z \gg R$ найдите силу $\vec{F}$, действующую на диполь.

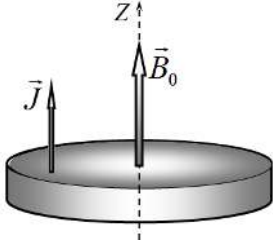
Магнитным диполем является малое кольцо с током. Магнитный дипольный момент определяется как произведение силы тока на площадь кольца $p_m = IS$. Направление вектора дипольного момента совпадает с осью кольца.

Подсказка. Известно, что сила, действующая на магнитный диполь равна $F_z = p_m \frac{\Delta B_z}{\Delta z}$.

Часть 3. Взаимодействие постоянных магнитов.

Постоянные магниты изготавливаются из намагниченных ферромагнетиков. Характеристикой степени намагниченности является вектор намагничивания $\vec{J}$, равный дипольному моменту единицы объема вещества.

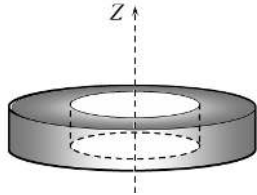
Постоянный магнит имеет форму тонкого диска радиуса R и толщины h ($h \ll R$). Диск намагничен однородно его вектор намагничивания равен $\vec{J}$ и направлен вдоль оси диска.



3.1 Найдите индукцию магнитного поля $\vec{B}_0$ в центре диска.

3.2 Найдите зависимость проекции вектора индукции на ось диска $B_z(z)$ в точках находящихся на оси диска, в зависимости от расстояния от его центра.

3.3 На большом расстоянии L ($L \gg R$) от магнита расположили еще один такой же магнит. Оси магнитов совпадают. Найдите зависимость силы взаимодействия между магнитами от расстояния между ними.



В описанном дисковом магните вырезают полость в цилиндра радиуса $\frac{R}{2}$, соосную с магнитом. В результате чего получился кольцевой магнит.

3.3 Найдите зависимость проекции вектора индукции на ось диска $B_z(z)$ в точках находящихся на оси магнита, в зависимости от расстояния от его центра. Постройте схематический график зависимости величины $\frac{B_z(z)}{B_0}$ от величины $\frac{z}{R}$.

Величина B_0 - та, что определена вами в п.3.1.