

Условие

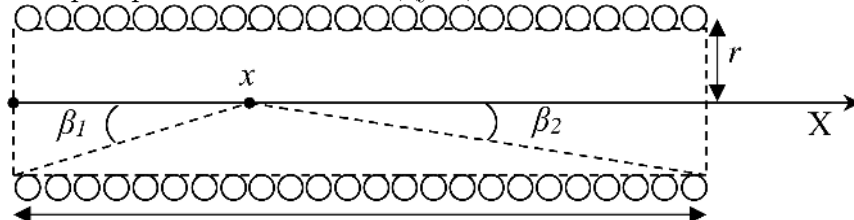
Задача 11-1

1. Край соленоида

В цилиндрической катушке длины L и радиуса r с числом витков N индукция магнитного поля в любой точке с координатой x на оси катушки определяется по формуле

$$B_x = \frac{\mu_0 I N}{2L} (\cos \beta_1 + \cos \beta_2),$$

где I – сила тока в катушке, β_1, β_2 – углы под которыми видны края катушки из точки, в которой рассчитывается индукция поля.



1.1 Определите индукцию магнитного поля внутри бесконечно длинного соленоида $\hat{A}_\infty$. 1.2 Определите максимальное $B_{x(max)}$ и минимальное $B_{x(min)}$ значение индукции магнитного поля соленоида конечной длины L ($L \gg r$).

*Рекомендуем использовать формулу приближения: $(1 + \delta)^n \approx 1 + n \cdot \delta$

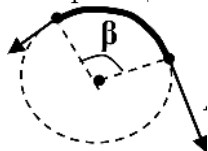
1.3 Изобразите примерную картину силовых линий магнитного поля бесконечного соленоида и соленоида конечной длины L ($L \gg r$) при одинаковых значениях $I, \frac{N}{L}, r$.

2. Край стола

Гибкая цепочка длины L и массы m лежит на горизонтальной поверхности стола. Край стола представляет собой полуокружность радиуса R ($R \ll L$). Коэффициент трения цепочки о стол равен $\mu = \frac{2}{\pi}$.

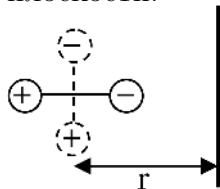
2.1 Определите минимальную длину цепочки, свисающую с края стола, при которой цепочка начинает соскальзывать без учета взаимодействия цепочки с краем стола.

2.2 При протягивании цепочки по закруглению сила натяжения цепочки изменяется по закону: $F_2 = F_1 e^{\mu \beta}$ Определите минимальную длину цепочки, свисающую с края стола, при которой цепочка начинает соскальзывать с учетом взаимодействия цепочки с краем стола.



3. «Край» электрического диполя

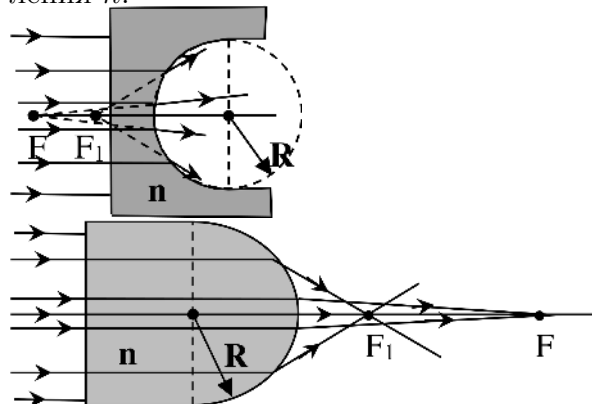
Система двух одинаковых по величине разноименных точечных зарядов $+q$ и $-q$, расстояние между которыми L , называется электрическим диполем. Прямая, проходящая через оба заряда, называется осью диполя. Определите силу взаимодействия диполя с бесконечной проводящей плоскостью: 3.1 ось диполя перпендикулярна плоскости; 3.2 ось диполя параллельна плоскости.



Примечание: * r – расстояние от центра диполя до проводящей плоскости, $r \gg L$. Рекомендуем использовать формулу приближения: $(1 + \delta)^n \approx 1 + n \cdot \delta$

4. Край сферической линзы

Широкий пучок монохроматических параллельных лучей падает из вакуума перпендикулярно на плосковыпуклую и плосковогнутую сферическую поверхность с показателем преломления n .



4.1 Определите максимальную сферическую aberrацию $\Delta F = |F - F_1|$ вдоль главной оптической оси для двух поверхностей.

4.2 Предложите способы устранения сферической aberrации для сферической поверхности раздела двух сред с разными показателями преломления.

Примечание:

* F – параксиальный фокус (фокус для узкого пучка лучей вблизи оси). * F_1 – краевой фокус (фокус для крайних лучей пучка)