

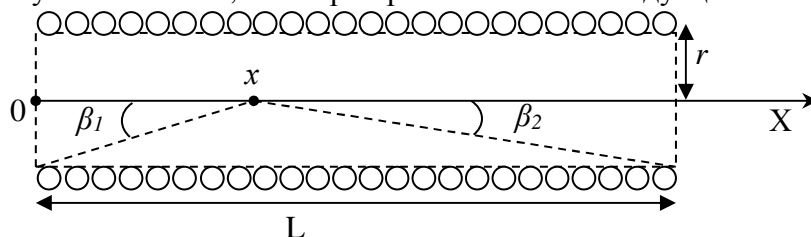
Задача 11-1

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

$$B_x = \frac{\mu_0 IN}{2L} (\cos \beta_1 + \cos \beta_2), \text{ где } I - \text{ сила тока в катушке, } \beta_1, \beta_2 - \text{ углы под которыми}$$

видны края катушки из точки, в которой рассчитывается индукция поля.



1.1 Определите индукцию магнитного поля внутри бесконечно длинного соленоида \hat{A}_∞ .

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 $I, \frac{N}{L}, r$.

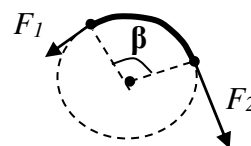
2. Край стола

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.

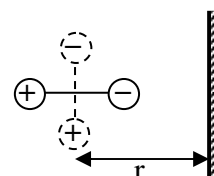
Определите силу взаимодействия диполя с бесконечной проводящей плоскостью:

3.1 ось диполя перпендикулярна плоскости;

3.2 ось диполя параллельна плоскости.

Примечание:

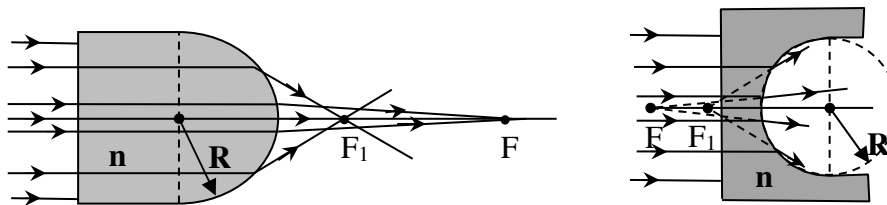
- r – расстояние от центра диполя до проводящей плоскости, $r \gg L$.



- 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)

Задача 11-2

В данной задаче рассмотрим известное явление фотоэффекта немного глубже, чем в обычном школьном курсе физики.

Важной характеристикой фотоэффекта, которая пригодится нам в задаче, является его квантовый выход Y , представляющий собой отношение числа вылетающих с поверхности электронов к числу падающих фотонов. Квантовый выход, вообще говоря, зависит от многих параметров: материала поверхности, угла падения излучения, частоты падающего излучения и прочих. В данной задаче можете считать квантовый выход постоянной величиной во всех пунктах, за исключением последнего вопроса. Также отметим, что будем рассматривать только однофотонный и одноэлектронный фотоэффект.

Напомним, одним из простых примеров конфигурации электромагнитного поля является плоская волна. Для плоской волны плотность энергии электромагнитного поля, то есть энергию в единице объема, можно рассчитать по формуле $w = \frac{\epsilon_0 E_0^2}{2}$, где E_0 – амплитуда напряженности электрического поля, изменяющейся со временем по гармоническому закону, ϵ_0 – электрическая постоянная.

Некоторые физические постоянные: скорость света $c = 3,0 \cdot 10^8$ м/с, постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Рассмотрим следующий классический эксперимент по регистрации фотоэффекта. На металлическую пластину падает плоская электромагнитная волна, модуль вектора напряженности которой в каждой точке меняется со временем по закону: $E(t) = E_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$, где амплитуда $E_0 = 15$ В/м, угловая частота $\omega = 9,5 \cdot 10^{15}$ рад/с, φ_0 – некоторая начальная фаза (назовем данную волну пробной). Полученная в этом случае зависимость силы тока в цепи от напряжения представлена на рисунке 2. Основные характеристики, используемые для описания вольт-амперной характеристики фотозлемента, это задерживающее напряжение U_z (обратное напряжение, при котором ток в цепи прекращается) и ток насыщения I_{\max} (максимальный ток при данном освещении пластины).