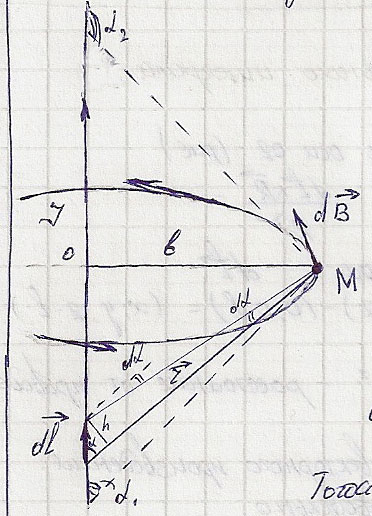
**Теория: см. лекции 06-07.**

**Вектор магнитной индукции** (Магнитное поле движущегося заряда).

**Закон Био-Савара**. Магнитное поле объемного элемента тока:

где радиус вектор направлен от заряда к точке наблюдения. Эти выражения применимы только для постоянных токов.

|  |  |
| --- | --- |
| **Линейный элемент тока**  Векторно | |
| **Объемный элемент тока** | **Поверхностный элемент тока** |
| *–* плотность тока | *–* линейная плотность тока |

**\*\*Задача**. Получить выражения для индукции магнитного поля в вакууме, создаваемого а) отрезком прямолинейного проводника, по которому проходит ток , б) бесконечно длинным проводником, по которому проходит ток на расстоянии от проводника.

**Решение**. Решение задачи дается законом Био и Савара.

Строго говоря, этот закон применим только для постоянных токов, а постоянные токи всегда замкнуты. По этой причине в обозначениях стоит интеграл по замкнутой кривой. В дифференциальной форме формула имеет вид:

Направление определяется правилом Буравчика. Любой элемент тока будет иметь одинаковое направление, поэтому будем интересоваться только скалярным значением этой величины

Из рисунка можно увидеть, что

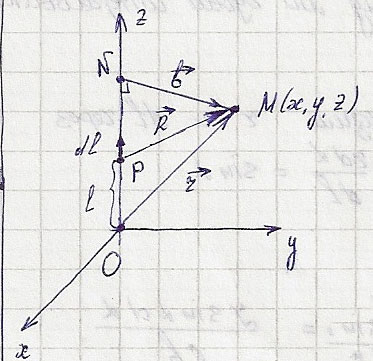
Следовательно

Тогда

Эта формула подходит и для конечного отрезка, и для бесконечного. Для бесконечного отрезка

Предположим, отрезок конечен. Пусть перпендикуляр из точки пересекает отрезок на расстоянии от нижнего конца и от верхнего. Тогда

Окончательно:

В качестве упражнения, первую часть задачи решим путем вычисления криволинейного интеграла. Введем соответствующую систему координат (рис.) Провод направим вдоль оси . Выделяем элемент провода и отмечаем, что

Пусть

тогда

Раскрываем векторное произведение

Следовательно

Подстановка позволяет без труда вычислить интеграл.

Видно, что

Получен прежний результат.

**\*\*Задача**. Найти уравнение силовых линий магнитного поля для случая бесконечно линейного проводника с постоянным током.

**Решение**. Магнитное поле мы нашли в конце предыдущей задачи

Уравнение силовых линий

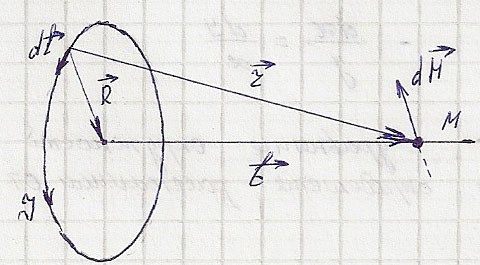
Подстановка компонент дает

Интегрируем:

или

Это уравнения окружностей. Радиус окружностей определяется расстоянием от прямой.

**\*\*Задача**. Линейный ток протекает по окружности радиуса . Найти напряженность магнитного поля в любой точке на оси этой окружности.

**Решение**.

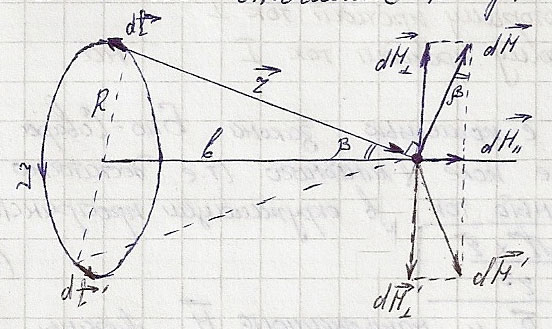
Способ 1. Выделим элемент окружности с током. Для него

Из рисунка видно, что

Часть , то при интегрировании по всей окружности уничтожится. Это ясно из того, что для любого элемента кольца найдется на противоположной стороне такой же элемент, вклад которого в эту сумму обнулит вектор. Остается

На оси кольца:

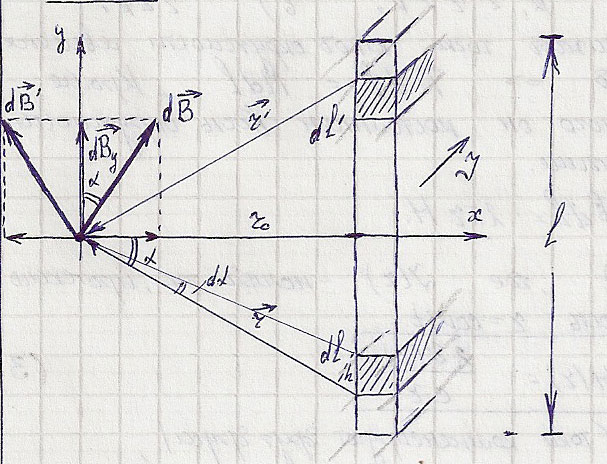
И, поскольку , запишем:

Способ 2. Этот способ не имеет принципиальных отличий, но может оказаться удобнее. Разложим поле на две составляющие

Очевидно, при сложении слагаемые исчезнут. Поэтому интересуемся только компонентой .

Дальнейшие вычисления очевидны и приводят к тому же результату.

**Задача**. Воспользовавшись результатом предыдущих задач получить выражение для индукции магнитного поля, создаваемого в вакууме током , проходящим 1) по тонкой прямой бесконечной длинной ленте шириной , 2) по тонкой, бесконечно протяженной плоскости.

**Решение**. Поместим ленту так, как указано на рисунке (ток течет от нас). Ищем поле на серединном перпендикуляре. Рассмотрим две тонкие линии тока, симметричные относительно оси. При суммировании индукции видно, что компоненты взаимно уничтожаются, поэтому суммировать нужно только компоненты .

Если – полный ток ленты, приходящийся на ширину , то на ширину приходится ток

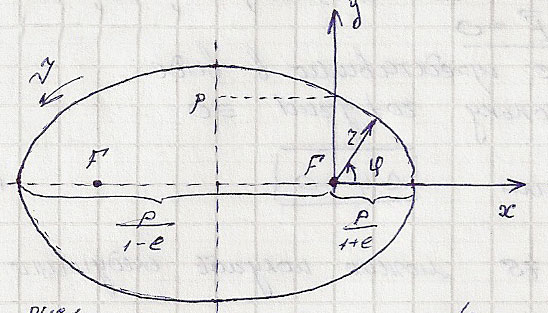
Поле

Поэтому

И

Осталось заметить, что

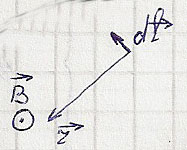
Если рассматривать плоскость, то пределы интегрирования будут от до , тогда

**Задача**. По проводнику, имеющему форму эллипса, течет постоянный ток . Найти индукцию магнитного поля в фокусе эллипса.

**Решение**. Полярное уравнение эллипса:

где эксцентриситет, – параметр эллипса. Заметим, что

Магнитное поле в фокусе направлено в нашу сторону (ось ), если ток течет против часовой стрелки.

В законе Био-Савара радиус вектор направлен от заряда (элемента тока) к точке наблюдения, а у нас – наоборот. Поэтому следует поставить знак минус.

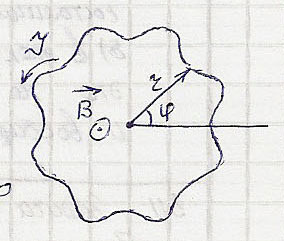
Поскольку , запишем

В полярных координатах , поэтому

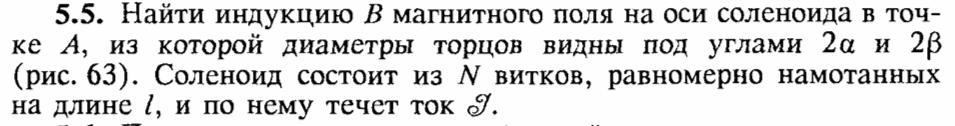
Окончательно записываем:

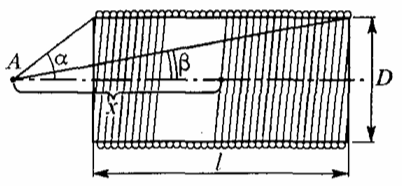
**5.2**. Решить предыдущую задачу для случая «гофрированной» окружности:

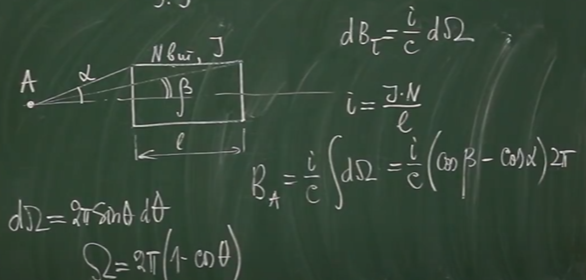
где , – целое число.

**Решение**. Рассуждаем аналогично

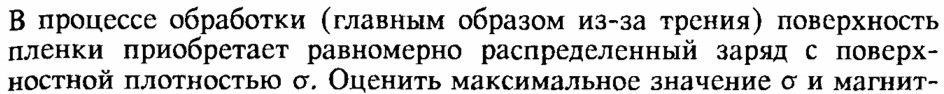
Поскольку , запишем

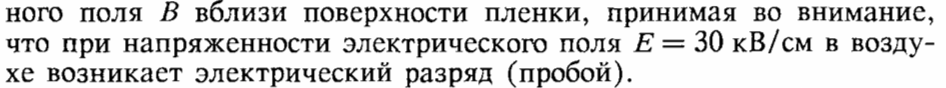


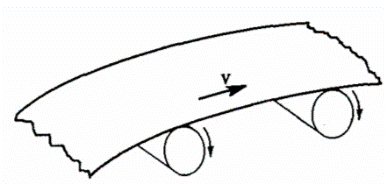
**Решение**.

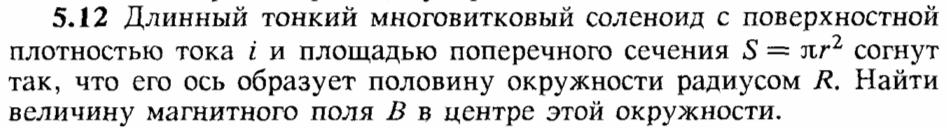






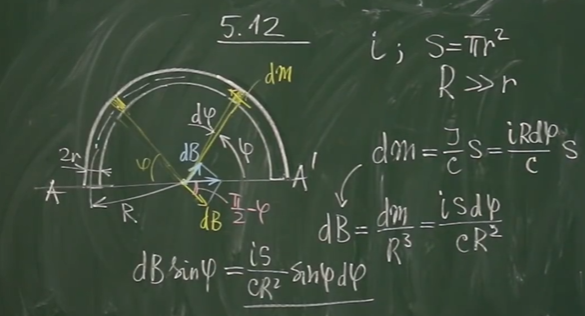
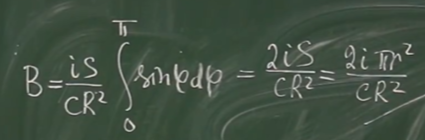


Решение (см. 7.45).

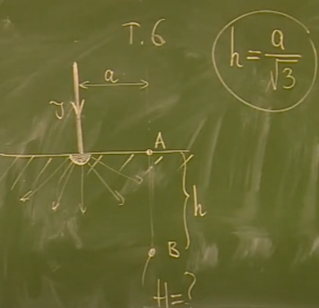


**Решение**.

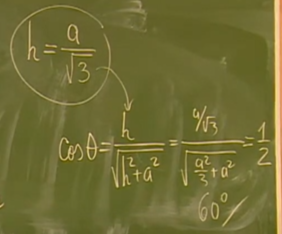
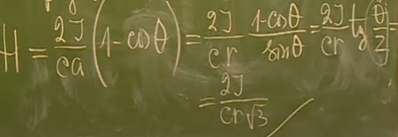
Из симметрии можно понять, что поле будет направлено по .

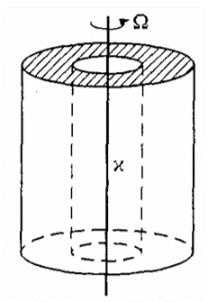
 

**Задача**. По вертикальному проводнику ток подводится к небольшому полусферическому заземлителю и затем равномерно растекается в однородном грунте. Пренебрегая проводимостью окружающего воздуха, определить напряженность магнитного поля в грунте в некоторой точке (рис), если .

**Решение**.



**Решение**. Диэлектрик. Ток создают поляризационные заряды. Имеем два типа поверхностного тока.

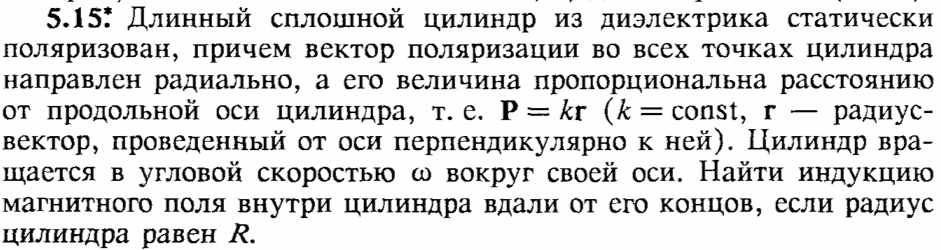
Поле радиально – векторы можно убрать.

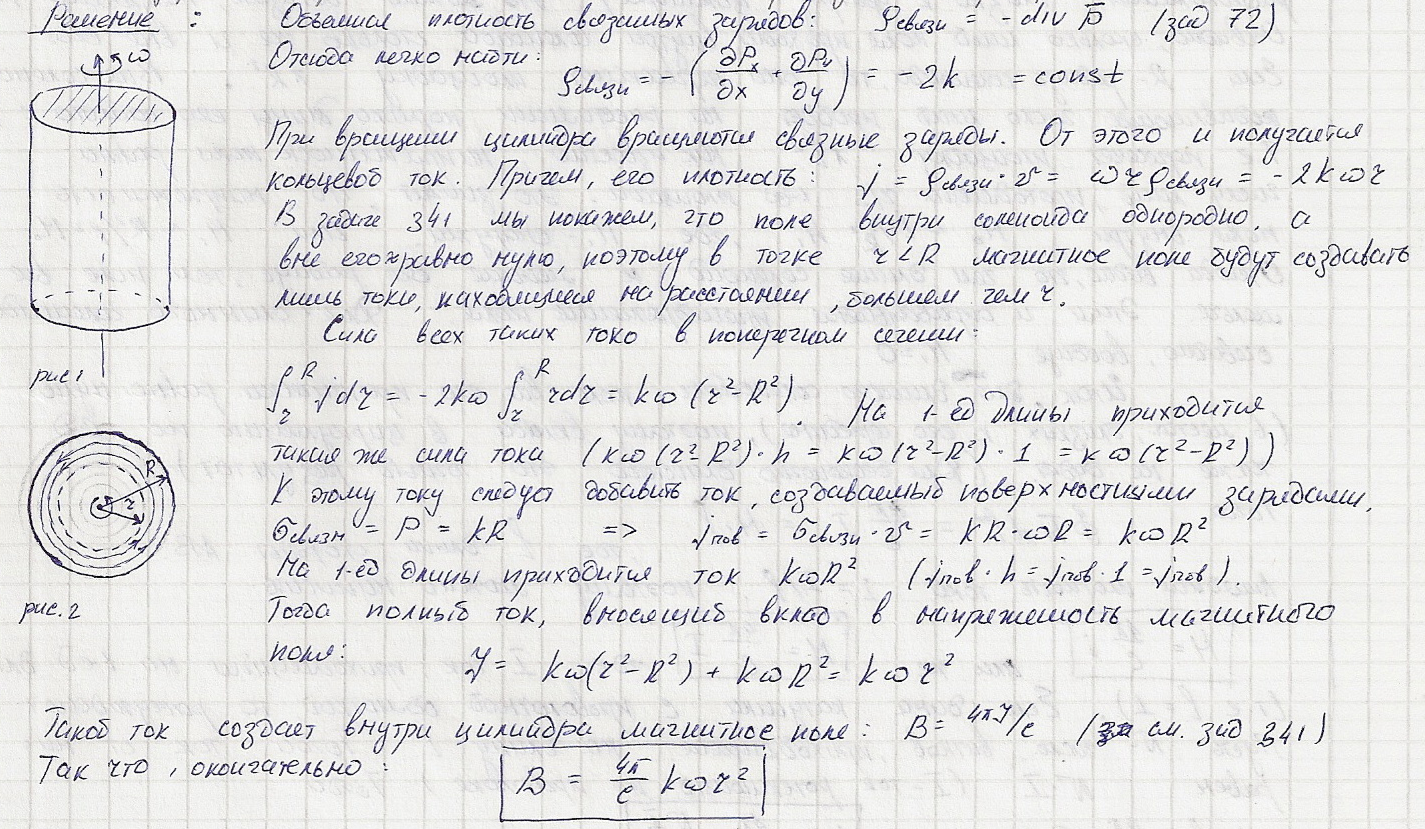
Таким образом, из поляризационных зарядов возникает поверхностный ток (две поверхности).

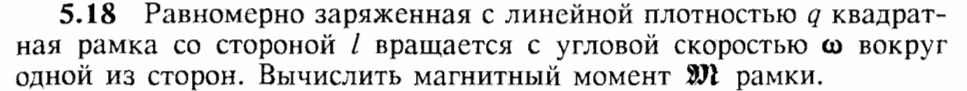
Получили, что токи не зависят от радиуса. Они дают два соленоида. В диэлектрике:

Поле в полости обнуляется, как и снаружи.

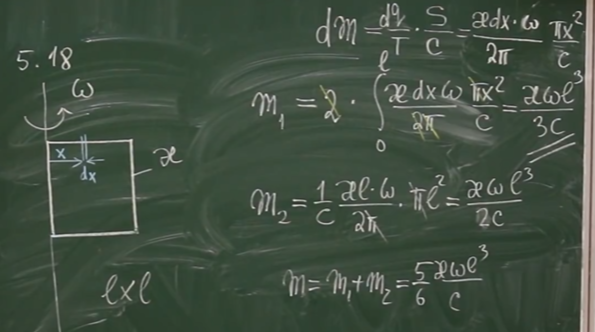
Металл. В этом случае также появляются индуцированные заряды.

**

**

**

**Решение**. Ищем момент от двух горизонтальных проволок, а потом от вертикальной.

 Момент направлен по .

**

**Решение**.

