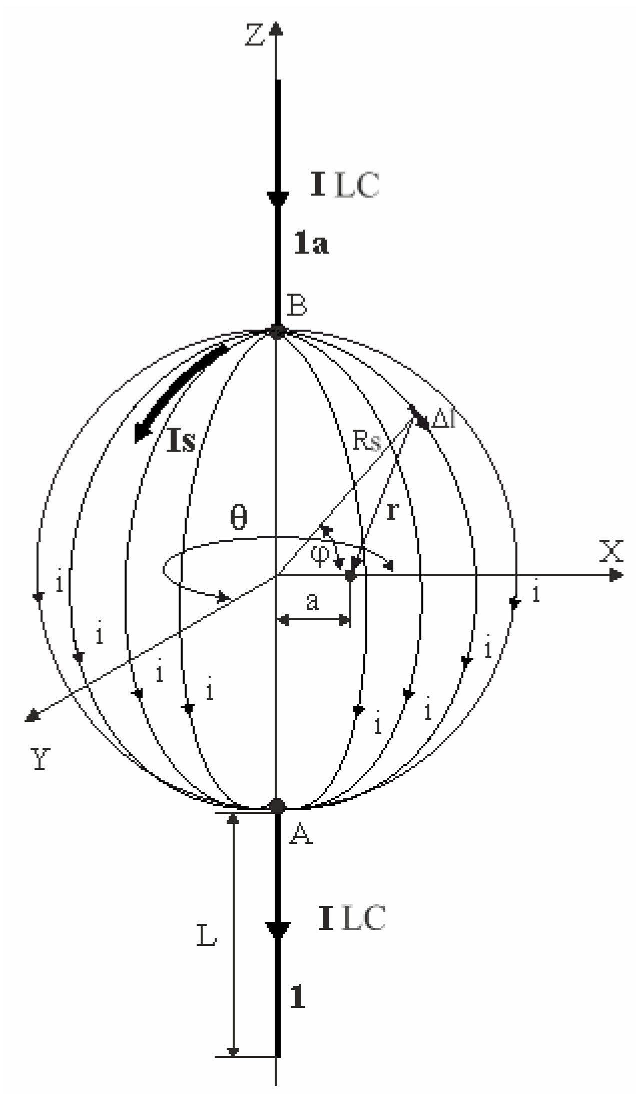
Первое научное открытие. Впервые в науке (!!!). Расчет магнитного поля (МП) внутри и вне системы проводников, эквивалентной по электромагнитным свойствам (в необходимом приближении) полому замкнутому проводнику (ПЗП) и с линейными подводящими проводниками (3D-цепь).
Поверхностный ток Is, текущий по полому замкнутому проводнику между его полюсами A и B, можно представить в виде "нитей тока" i [И .Е . Тамм, Основы теории электричества, стр. 140], т.е. токов, текущих по математическим меридианам сферы от B к A. Это значительно упрощает программу расчета МП внутри и вне системы проводников, эквивалентной по электромагнитным свойствам сферическому ПЗП.
Mathcad 15 RU



Закон Био-Савара-Лапласа

$$\Delta H = k \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot sin(\angle \Delta l, r)}{r^2}$$

Или в векторной форме:

$$\Delta \mathbf{H} = k \cdot I \cdot \frac{[\Delta \mathbf{l} \times \mathbf{r}]}{r^3}$$

Для упрощения расчетов примем:

- системный коэффициент k=1

- токи **I**L=**I**s=1

- радиус сферы R=1

Δl обозначим как Δs (Δs=R•Δφ=φ)

Расчет МП внутри ПЗП и вне его вдоль оси X.

$Rs := 1$ $NL := 200$ $n := 0..NL-1$ $\Delta\theta := \frac{2 \cdot \pi}{NL}$ Количество нитей тока

$N\Delta l := 200$ $m := 0..N\Delta l - 1$ $\Delta\varphi := \frac{\pi}{N\Delta l}$ Число элементов разбиения нити тока

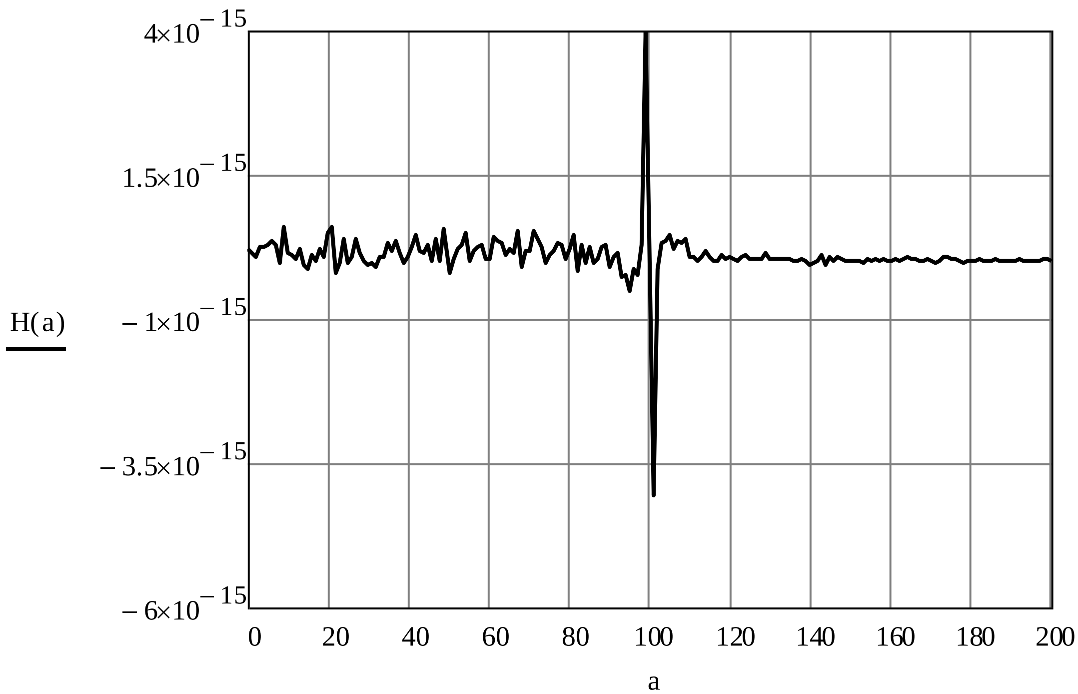
$Na := 200$ $a := 0..Na$ $s(a) := \frac{Rs}{100} \cdot a$ Число точек наблюдения

$Is := 1$ $i := \frac{Is}{NL}$

$$\Delta s\ (m,n) := \Delta\varphi \cdot \begin{pmatrix} \sin(m\cdot\Delta\varphi\ + 0.5\cdot\Delta\varphi\ )\cdot\cos(n\cdot\Delta\theta\ ) \\ \sin(m\cdot\Delta\varphi\ + 0.5\cdot\Delta\varphi\ )\cdot\sin(n\cdot\Delta\theta\ ) \\ -\cos(m\cdot\Delta\varphi\ + 0.5\cdot\Delta\varphi\ ) \end{pmatrix}$$

$$r(m,n,a) := \begin{bmatrix} s(a) - Rs\cdot(\cos(m\cdot\Delta\varphi\ + 0.5\cdot\Delta\varphi\ )\cdot\cos(n\cdot\Delta\theta\ )) \\ Rs\cdot\cos(m\cdot\Delta\varphi\ + 0.5\cdot\Delta\varphi\ )\cdot\sin(n\cdot\Delta\theta\ ) \\ -\sin(m\cdot\Delta\varphi\ + 0.5\cdot\Delta\varphi\ ) \end{bmatrix}$$

$$H(a) := i\cdot\left[\sum_{n}\sum_{m}\frac{(\Delta s\ (m,n)\times r(m,n,a))_1}{(|r(m,n,a)|)^3}\right]$$



Точность расчета можно повысить, разбивая нить на большее число элементов.
Точность аппроксимации ПЗП можно увеличить, увеличивая количество нитей тока.
В данном случае, точность счета достаточна для того, чтобы полагать результат достоверным.
На практике интересна как можно более точная аппроксимация электромагнитных свойств ПЗП на расстоянии (0-0.85)R от центра и вне ПЗП.
На графиках видно, что исходные данные удовлетворяют этому условию.

Расчет МП от подводящих линейных проводников 1 и 1а вдоль оси X.

$IL := Is \qquad L := Rs$

$N\Delta L := 50$ Количество элементов тока подводящего линейного проводника

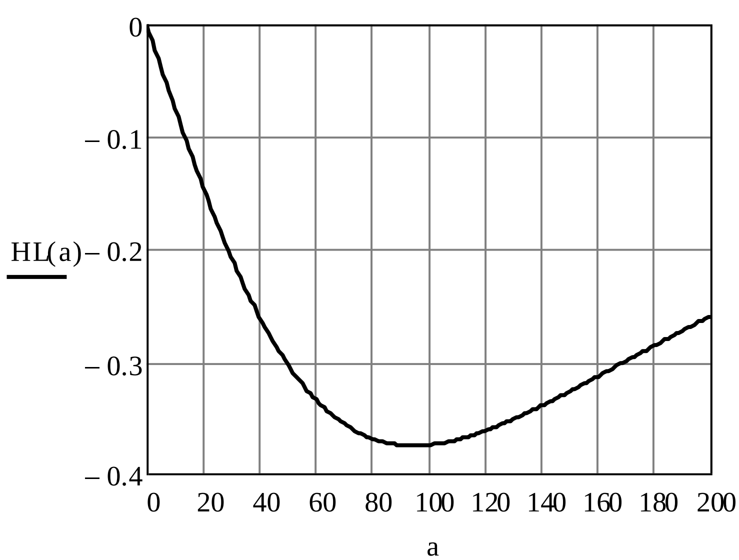
$z := 0 .. N\Delta L - 1$

$Le := \dfrac{L}{N\Delta L} \qquad \Delta L := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -Le \end{pmatrix}$

$$rL1(z,a) := \begin{pmatrix} s(a) \\ 0 \\ L + z \cdot Le + 0.5 \cdot Le \end{pmatrix} \qquad HL1(a) := IL \cdot \sum_{z} \frac{(\Delta L \times rL1(z,a))_1}{(|rL1(z,a)|)^3}$$

$$rL1a(z,a) := \begin{pmatrix} s(a) \\ 0 \\ -L - z \cdot Le - 0.5 \cdot Le \end{pmatrix} \qquad HL1a(a) := IL \cdot \sum_{z} \frac{(\Delta L \times rL1a(z,a))_1}{(|rL1a(z,a)|)^3}$$

$HL(a) := HL1(a) + HL1a(a)$



Сопоставляя результаты двух расчетов можно сделать следующие выводы:

1. МП внутри и вне ПЗП определяется только током подводящих линейных проводников (разница в значениях напряжённости МП – 14 порядков);
2. В пределах точности машинного счёта, МП, создаваемое внутри и вне ПЗП током, текущим по его поверхности и между его полюсами, равно нулю, **<u>что позволяет исключить из вклада в МП цепи отдельные её участки (элементы)</u>**.