

УДК 537.633.2:004.4'6

А.А. Григорьев

кандидат физ.-мат. наук, доцент,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: agrig@bsuir.by

A.A. Grigoryev, Candidate in Physics and Mathematics, associate professor,
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

**ТЕХНОЛОГИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ
МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ В
MATHCAD**

**TECHNOLOGIZATION OF THE PROCESS OF STUDYING THE PROPERTIES
OF MAGNETIC FIELDS THROUGH SIMULATION IN MATHCAD**

Аннотация: рассматривается технологизация процесса обучения посредством визуализации результатов моделирования в математическом редакторе MATHCAD.

Abstract: the technologization of the learning process through the visualization of simulation results in the mathematical editor MATHCAD has being regarded.

Ключевые слова: технологизация процесса обучения, MATHCAD, электромагнетизм.

Keywords: technologization of the learning process, MATHCAD, electromagnetism.

Процесс технологизации охватывает всю структуру образования, в том числе и предметное обучение. Наиболее важно технологизировать процессы, состоящие из большого числа последовательных этапов, стадий. Основной смысл технологизации заключен в том, чтобы определить и целесообразно распределить порядок процедур, обеспечивающих ход учебно-воспитательного процесса, стремясь при этом к достижению максимальной последовательности, рациональности и простоте выполнения операций. Технологические схемы учебно-воспитательного процесса базируются на следующих методологических требованиях: концептуальность, управляемость, системность и эффективность и ориентированы на принятие своевременных педагогических решений по конкретизации исходных принципов и идей обучения, для составления методических систем, для рационализации и индивидуализации учения.

При обучении естественнонаучным дисциплинам необходимо использовать программное обеспечение, которое может являться средой общения, редактирования математических объектов, моделирования процессов и средством презентации материала в лекционном режиме.

Mathcad - система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением. Среда математического моделирования *Mathcad* используется в сложных проектах, чтобы визуализировать результаты математического моделирования, путем использования распределённых вычислений и традиционных языков программирования. *Mathcad* достаточно удобно использовать для обучения, вычислений как физических, так и инженерных расчетов. Открытая архитектура приложения в сочетании с поддержкой технологий *.NET* и *XML* позволяют легко интегрировать *Mathcad* практически в любые ИТ-структуры и инженерные приложения. Есть возможность создания электронных книг (*e-Book*) [1].

Для экспериментального исследования характеристик движения частиц, имеющих магнитный момент, применяется неоднородное магнитное поле катушки с током. В качестве меры его неоднородности вдоль горизонтальной оси *OX* (Рис.1) используется функция градиента $\frac{\partial B_x}{\partial x}$. Такие катушки размещают внутри камеры сверхвысокого вакуума для реализации градиента магнитного поля с нулевой индукцией магнитного поля в центре, причем катушки находятся в антигельмгольцевой конфигурации, то есть токи текут в катушках в противоположных направлениях. Также такие поля используются в ЯМР – томографии. Рассмотрим, как в среде *Mathcad* можно произвести расчет величины индукции магнитного поля на оси симметрии *OX* одной катушки в которой течет ток *I*, а плотность намотки – *n*, (Рис.1).

Воспользуемся известной формулой для индукции поля кольцевого слоя с плотностью намотки *n*:
$$dB = \mu_0 n I \frac{r^2}{2R^3 \cos\alpha} ds.$$
 После перехода к полярной системе координат получаем следующее выражение:
$$dB = \mu_0 n I \frac{r^2 \sin\theta}{2R^3 \cos\alpha} d\theta.$$

Средствами *Mathcad* выполняем интегрирование данного выражения в пределах от θ_1 до θ_2 и получаем величину индукции магнитного поля как функцию координаты x : $B(x) = \frac{\mu_0 n I}{\cos \alpha} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$, где $\cos \theta_1 = \frac{h - (x - c)}{\sqrt{(h - (x - c))^2 + (b)^2}}$, $\cos \theta_2 = \frac{(x - c)}{\sqrt{(x - c)^2 + a^2}}$.

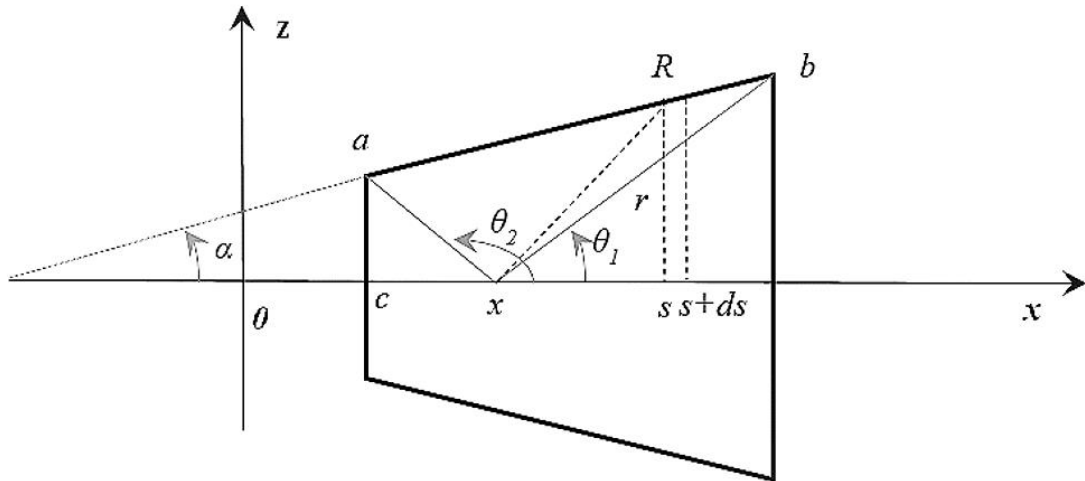


Рисунок 1 – Схема расположения катушки с током.

Для построения графика функции $B(x)$ зададим модельный диапазон координат $x := -2, -1.9..15$; выберем радиусы катушки: $a := 2$; $b := 4.39$. На участке $X \in [1.15; 2]$ наблюдаем линейный рост (Рис.2) функции $B(x)$. Это означает, что на данном участке можно воспользоваться следующим приближением функции: $Bf(X) = kX + c$.

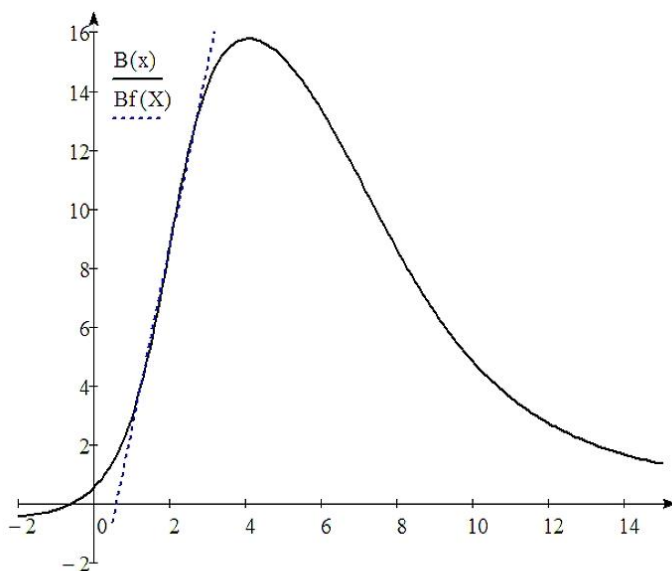


Рисунок 2 – Графики функций $B(x)$ и $Bf(X)$

Для установления явного вида этой аппроксимирующей функции, воспользуемся встроенной процедурой *linfit*. Выберем линейную функцию вида:

$$Bf(X) := F(X)S, \quad S := \text{linfit}(x, B, F), \quad \text{где } F := \begin{pmatrix} x \\ 1 \end{pmatrix}, \quad S^{<0>} := \begin{pmatrix} 6.17 \\ -3.7 \end{pmatrix}, \quad \text{откуда следует, что } k = 6.17, \quad c = -3.7.$$

Таким образом, убеждаемся, что слева от катушки в небольшой области градиент индукции магнитного поля равен: $\frac{\partial Bf}{\partial x} = k = 6.17 \frac{\text{мТл}}{\text{м}}$.

По полученным данным построим в координатах XOY график векторного поля \vec{B} на оси катушки в пределах $x \in [1.15; 2.29]$. Определим закон наращивания координат: $x_k := 1.15 + k \cdot 0,057$; $k := 1..20$ и $y_m := 0$; $m := 1$. Построим вектор функцию $B(x, y) := \begin{pmatrix} B(x) \\ 0 \end{pmatrix}$ и зададим ее x - и y -компоненты: $B_{x_{k,m}} := B(x_k, y_m)_0$, $B_{y_{k,m}} := B(x_k, y_m)_1$, соответственно. Из меню «Вставка» получаем график векторного поля магнитной индукции на оси OX :

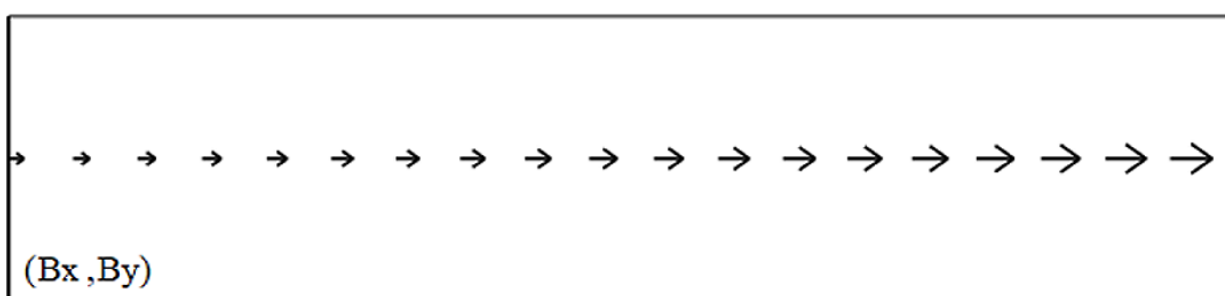


Рисунок 3 – График векторного поля \vec{B} на оси катушки

Концептуально, информационные технологии дают возможность использовать программную среду не только как средство обучения, но и как средство усиления интеллектуального потенциала студентов, что способствует улучшению их развития. Эти технологии используются как для повышения управляемости учебной работы так и как средство телекоммуникации.

В учебном классе или в режиме *on-line*, технологизированный таким образом процесс, позволяет индивидуализировать выполнение лабораторных работ или практических занятий и проводить их системно. В рамках педагогических технологий значительно усиливается организованность учебного процесса, повышается эффективность и привлекательность процесса обучения за счет использования программных продуктов и визуализации результатов работы.

Литература

1. Clayton, R. Paul, Introduction to Electromagnetic Fields / R. Paul Clayton, W. Whites Keith, A. Nasar Syed – N.Y.: WCB/McGraw-Hill, 1998. – 758 p.