



**Физические основы компьютерных и
сетевых технологий**

Семестр 2. Колебания и волны



Музыченко Я.Б.
muzychenko@itmo.ru
2024

Команда преподавателей

ИТМО



Музыченко Яна
Борисовна



Тимофеева Эльвира
Олеговна



Писарева Юлия
Игоревна



Хуснутдинова Наира
Рустемовна



Музыченко Я.Б., к.т.н.,
заместитель директора ФТ МФ
muzychenko@itmo.ru
2024

Основные разделы курса:

2 семестр. Физика (базовый курс)

3 модуль: Классическая механика

4 модуль: Электричество

3 семестр. Физика передачи сигнала и компьютерных сетей

5 модуль: Магнетизм. Колебания и волны

6 модуль: Волновые процессы. Оптика

4 семестр. Квантовая физика и квантовые вычисления

7 модуль: Основы квантовой физики.
Квантовые вычисления

8 модуль: Физика полупроводников.
Современные проблемы физики

Анализ и понимание задач физики

Понимание универсальности фундаментальных законов природы и их перенос на другие области
Формирование научно-инженерного мышления

Обработка и визуализация информации

Физика волновых процессов
Обработка сигналов
Передача данных

Обработка и хранение информации

Физика твердого тела и полупроводников
Бистабильные системы. Квантовый компьютер.

		3 модуль	4 модуль
1	Лабораторные работы	3*4=12 баллов	2*4=8 баллов
2	Задачи на моделирование	1*6= 6 баллов	1*6=6 баллов
3	Контрольная работа	12 баллов	12 баллов
5	Текущее тестирование (на каждой лекции)	8 баллов	6 баллов
6	Экзамен	30 баллов	
	Дополнительные баллы	3 балла	

Запись на курс и коммуникация

ІТМО



M3200 mz3cff
M3201 vhteqs
M3202 fit2sr
M3203 7zx35m
M3204 x62t56

Запись на курс
studyphysics.itmo.ru



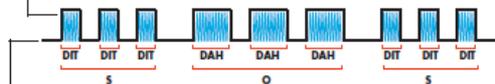
Чат потока в Telegram

1. Магнитное поле.
2. Основные законы магнитостатики.
3. Магнитное поле в веществе 1. Пара- Ферро- Диа- магнетизм.
4. Магнитное поле в веществе 2.
5. Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля.
6. Уравнения Максвелла.
7. Основные характеристики колебаний.
8. Затухающие и вынужденные колебания. Резонанс.
9. Колебания в системах со многими степенями свободы.
10. Переменный ток.
11. Волновое уравнение. Основные характеристики и типы волн.
12. Электромагнитные волны. Свет как эм волна.
13. Интерференция света.
14. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
15. Элементы Фурье-оптики.
16. Поляризация света.

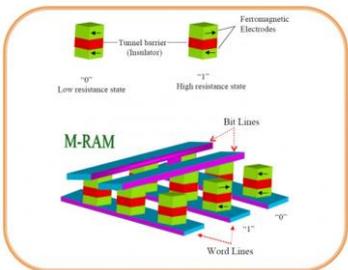


Содержание курса

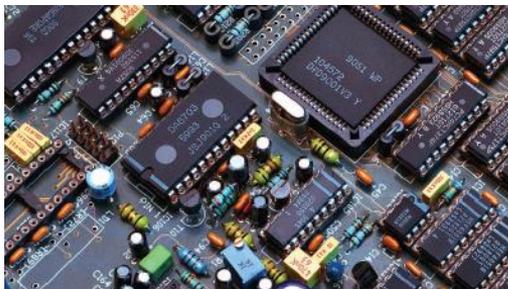
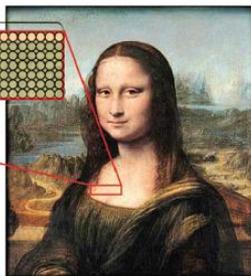
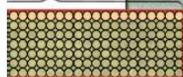
High noise level when key is pressed.



Little or no signal when key is not pressed.



29 pixels



Amplitude modulation makes changes to the amplitude of a wave.



<https://phyphox.org/>

ИТМО

Физическая лаборатория в телефоне

phyphox[®]
physical phone experiments

News Download Experiments Forums More ▾ English ▾

Contribute

Accelerometer

Accelerometer X
Accelerometer Y
Accelerometer Z

Requires access enabled. Access this experiment (beta)

Your smartphone is a mobile lab.

RWTH AACHEN
UNIVERSITY

Лекция 1. Магнитное поле. Введение.

This magnetic levitation train in China reaches a top speed of 460 km/h (280 mph).



- Опыты Ампера и Эрстеда.
- Магнитное поле. Магнитная индукция. Линии магнитного поля.
- Сила Ампера и сила Лоренца.
- Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле прямого и кругового тока.
- Измерение магнитного поля.

Что такое магнетизм и как он проявляется?

Что происходит с зарядами и токами в магнитном поле?

Где проявляется магнетизм?

Как измерить магнитное поле?

Проявление магнетизма. История

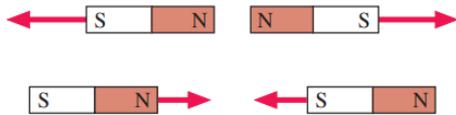
- 5 в. до н.э. – Древняя Греция, Магнесия
- 1 в. н.э. – Плиний Старший «Естественная история»
- Древний Китай – первый компас
- 16 в. – У. Гилберт «О магните, магнитных телах и о большом магните - Земле»

ИТМО

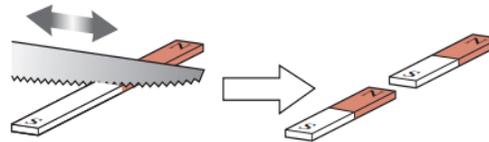


Простые эксперименты

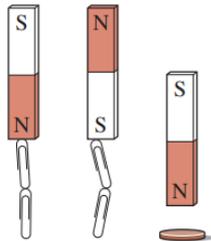
1



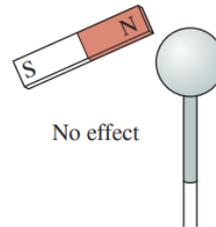
2



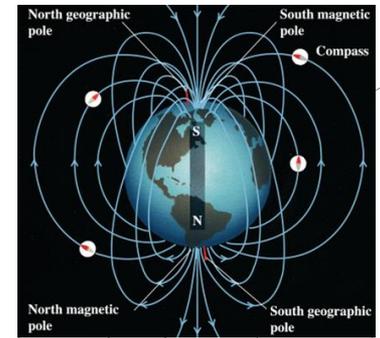
3



4



[Wiki](#)

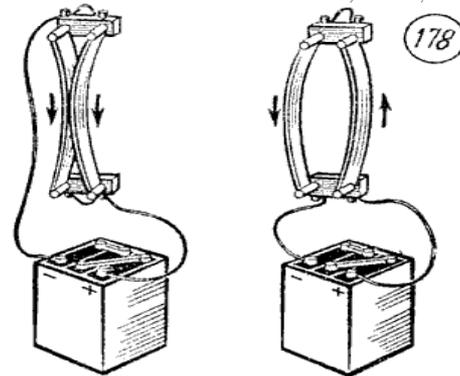


Опыты Ампера и Эрстеда

Опыт Эрстеда (1820 г.) – токи оказывают ориентирующее действие на магнитную стрелку.



Опыты Ампера (1820 г.) – закон взаимодействия токов. Токи, текущие в одном направлении притягиваются, в разных – отталкиваются.



$$F \approx \frac{I_1 I_2}{r}$$

<https://www.youtube.com/watch?v=F4JL2vYd8c>

<https://www.youtube.com/watch?v=43AeuDvWc0k>

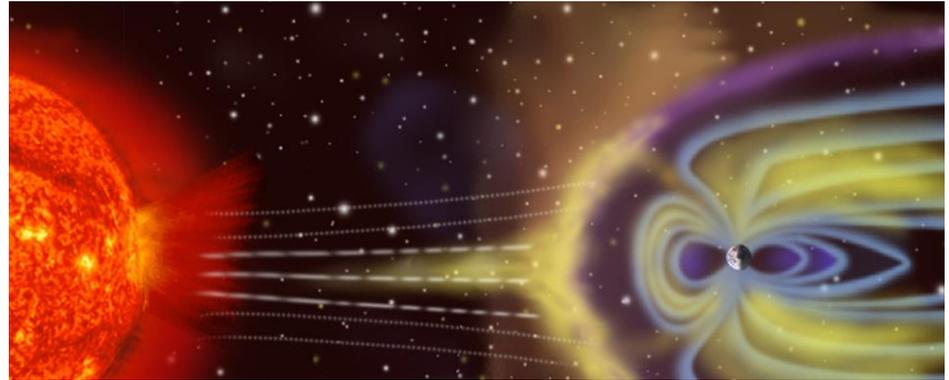
Движущиеся заряды (токи) изменяют свойства окружающего пространства – создают **магнитное поле**.

Магнитное поле действует на **движущиеся заряды** (токи, контуры с током).

Количественной характеристикой магнитного поля является вектор **магнитной индукции B** - аналог вектора напряженности для электрического поля.

$$[B] = \text{Тл}, \text{ СИ}$$

$$[B] = \text{Гс}, \text{ СГС}$$



Field source	Field strength (T)
Earth's magnetic field	5×10^{-5}
Refrigerator magnet	0.01
Industrial electromagnet	0.1
Superconducting magnet	10

Магнитная индукция – силовая характеристика магнитного поля.

Сила, действующая на единичный положительный заряд, двигающийся со скоростью 1 м/с, перпендикулярно линиям магнитной индукции (сила Лоренца).

$$|\vec{B}| = \frac{|\vec{F}|}{q \cdot v_{\perp}}$$

Сила, действующая на проводник с током длиной 1 м с током величиной 1 А, текущим перпендикулярно линиям магнитной индукции (сила Ампера).

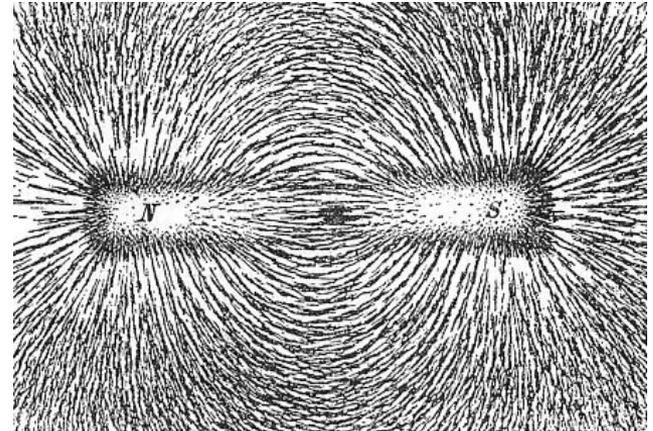
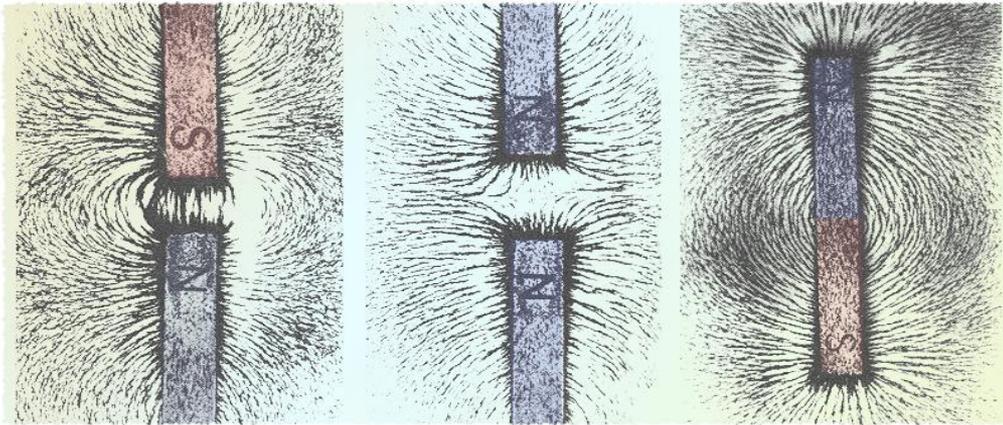
$$|\vec{B}| = \frac{|d\vec{F}|}{I \cdot dl_{\perp}}$$

Максимальный **вращающий момент**, действующий на пробный контур ($I=1$ А, $S=1$ м²) в магнитном поле.

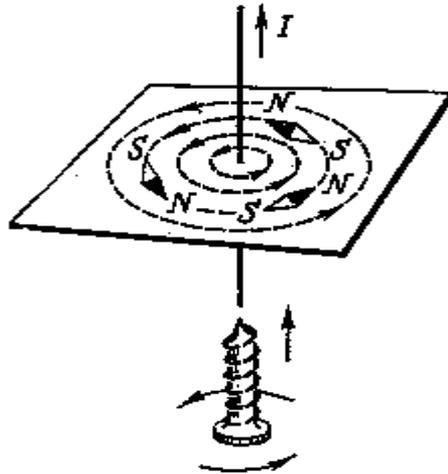
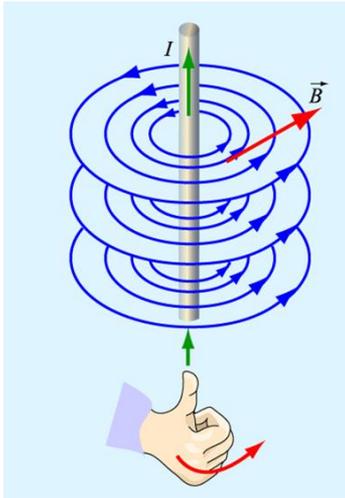
$$|\vec{B}| = \frac{|\vec{M}_{max}|}{I \cdot S}$$

Линии индукции – линии, касательные к которым направлены также как и вектор магнитной индукции в данной точке поля.

Густота линий пропорциональна модулю индукции магнитного поля.



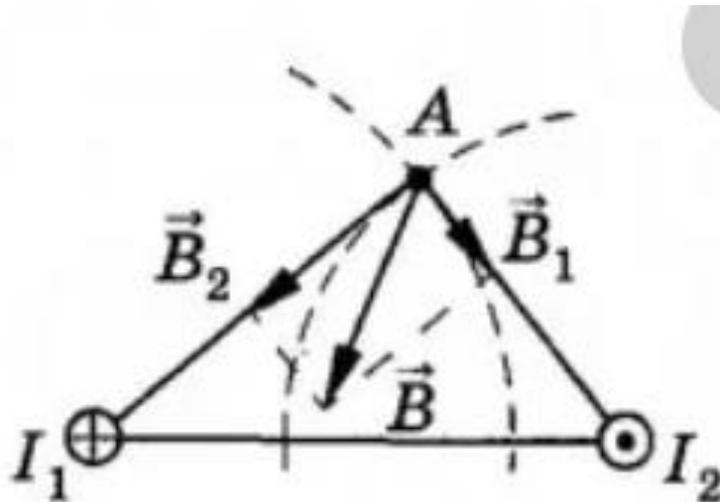
- Линии магнитного поля нигде не начинаются и нигде не заканчиваются. Магнитное поле является вихревым.
- Густота линий пропорциональна модулю магнитной индукции.
- Направление линий индукции определяется по правилу буравчика (правого винта).



Почему северное сияние наблюдается только вблизи полюсов?



$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$$



Сила, действующая на заряд в электромагнитном поле, зависит от величины заряда и от его скорости:

$$\vec{F}_L = \vec{F}_{Эл} + \vec{F}_M$$

$$\vec{F}_{Эл} = q\vec{E} \quad \text{электрическая составляющая силы}$$

$$\vec{F}_M = q[\vec{v}\vec{B}] \quad \text{магнитная составляющая силы}$$

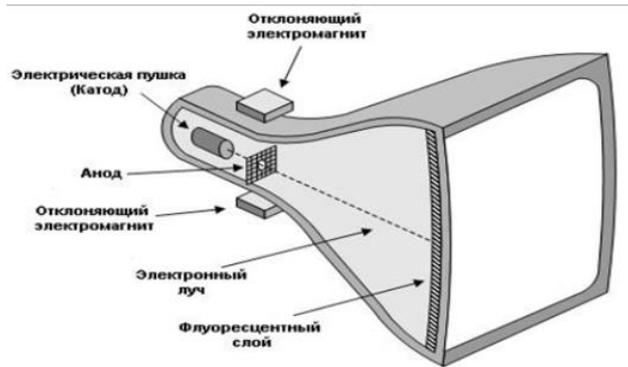
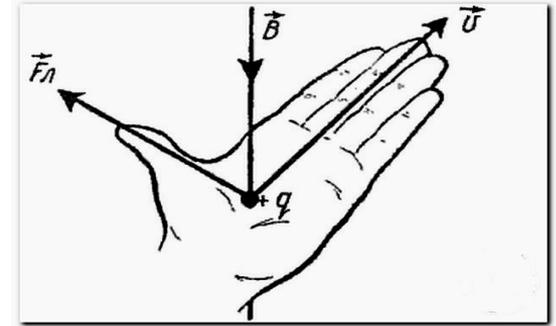
$$\vec{F}_M \gg \vec{F}_{Эл}$$

Направление силы Лоренца

ИТМО

Направление силы Лоренца (магнитной силы) определяется по правилу левой руки.

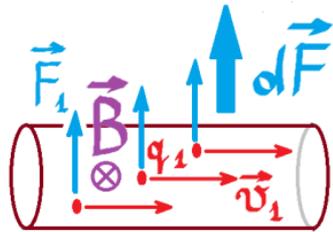
Вектор силы всегда перпендикулярен направлению скорости, → **магнитная сила не совершает работы**, т.е. энергия частицы, движущейся в постоянном магнитном поле, остается постоянной ($u = \text{const}$).



Magnetic Deflection
of a TV Image

MIT Department of Physics
Technical Services Group

Каждый носитель тока испытывает действие магнитной силы. Сила, действующая на элемент проводника с током – **сила Ампера**:



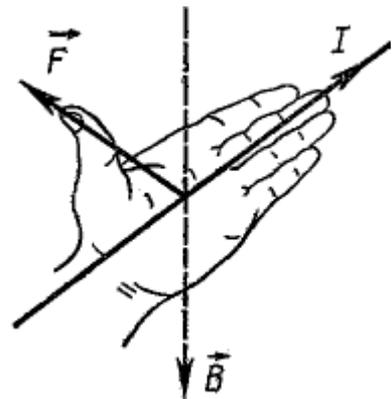
Здесь вывод на доске

Сила взаимодействия проводников с током конечных размеров складывается из взаимодействия отдельных элементов тока.

$$d\vec{F}_A = I [d\vec{l} \vec{B}]$$

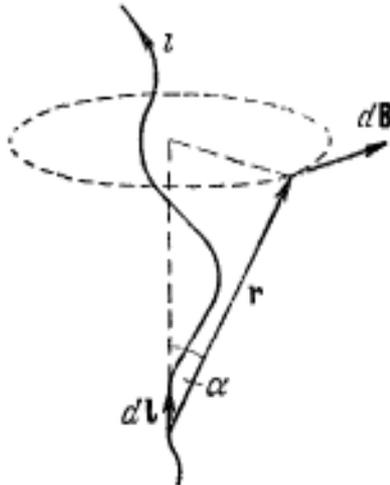
$$dF_A = Idl \cdot B \cdot \sin \alpha$$

$$\vec{F}_A = \int d\vec{F}_A$$



Закон Био-Савара-Лапласа

1820 г. – исследования Био и Савара по взаимодействию проводников с током, Лаплас проанализировал их данные и установил закон, по которому рассчитывается магнитная индукция элемента проводника с током



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I [d\vec{l}\vec{r}]}{r^3}$$

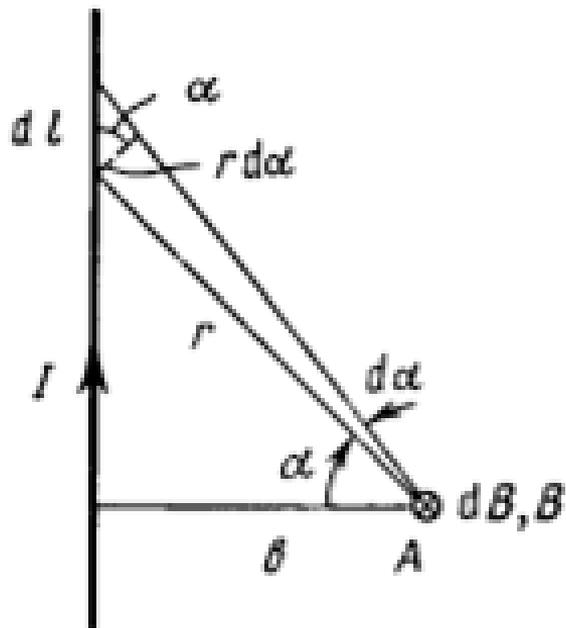
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{q[\vec{v}\vec{r}]}{r^3}$$

$d\vec{l}$ - элемент длины проводника; вектор, направленный в ту же сторону, куда течет ток.

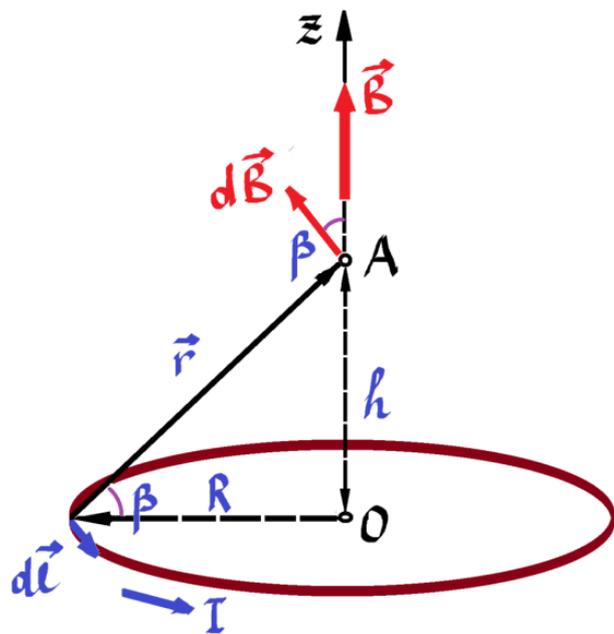
$$\vec{F}_M = q[\vec{v}\vec{B}]$$

$$\vec{F}_{\text{эл}} = q\vec{E}$$

Здесь вывод на доске



Здесь вывод на доске



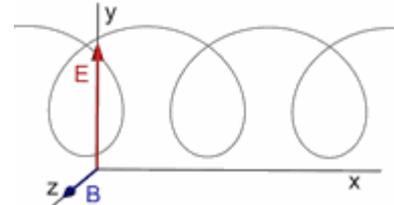
Здесь вывод на доске

1. Моделирование траектории движения заряда в магнитном поле.

Входные параметры: величина и знак заряда, величина и направление магнитной индукции, величина и направление скорости.

Итоговый вид модели: Исполняемая модель, интегрируемая в html документ, на которой показана траектория движения заряда в магнитном поле. Входные параметры меняются в реальном времени (с помощью ползунков/окон).

Пример модели и файл со стилями здесь:



1. Моделирование магнитного поля, создаваемого прямыми токами.

Входные параметры: величина и расположение токов в двумерном пространстве.

Итоговый вид модели: Исполняемая модель, интегрируемая в html документ, на которой показан вид (силовые линии) магнитного поля в двумерном пространстве, создаваемого несколькими токами ($N < 5$). Входные параметры меняются в реальном времени (с помощью ползунков/окон).

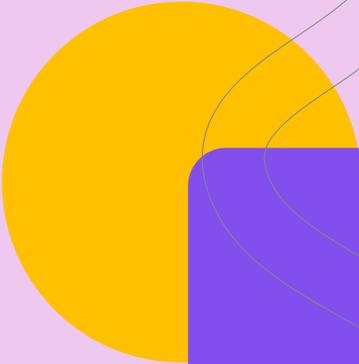
Пример модели и файл со стилями [здесь](#):

Задание к лекции. Вариант 3

1. Как работает циклотрон и масс-спектрометр?
2. Что происходит в большом андронном коллайдере? Физические принципы работы и особенности конструкции БАК.
3. Для выполнения задания необходимо наличие датчика Холла на телефоне. Установите приложение Phyrhox на телефон. Измерьте величину магнитного поля различных объектов (другой телефон, микроволновая печь, магниты и т.д.). Как влияет положение телефона при измерении? Проанализируйте полученные данные. Решите задачу на эффект Холла.

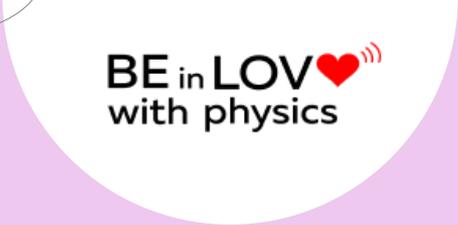
The accompanying table shows measurements of the Hall voltage and corresponding magnetic field for a probe used to measure magnetic fields. (a) Plot these data and deduce a relationship between the two variables. (b) If the measurements were taken with a current of 0.200 A and the sample is made from a material having a charge-carrier density of 1.00×10^{26} carriers/m³, what is the thickness of the sample?

ΔV_H (μV)	B (T)
0	0.00
11	0.10
19	0.20
28	0.30
42	0.40
50	0.50
61	0.60
68	0.70
79	0.80
90	0.90
102	1.00



**Спасибо
за внимание!**

muzychenko@itmo.ru



BE in LOV  
with physics