

Университет ИТМО

Школа на ладони

Задание «Можно ли с помощью
лазерной указки заглянуть в
наномир?»

Работа ученика 9-го класса школы №18
Василеостровского района Санкт-Петербурга
Ермакова Дмитрия

Содержание

Этап 1. Знакомство с теорией — слайды 3-7

Этап 2. Подготовка — слайды 8-11

Этап 3. Эксперимент с CD — слайды 12-14

Этап 4. Эксперимент с DVD — слайды 15-16

Этап 5. Расчеты — слайды 17-18

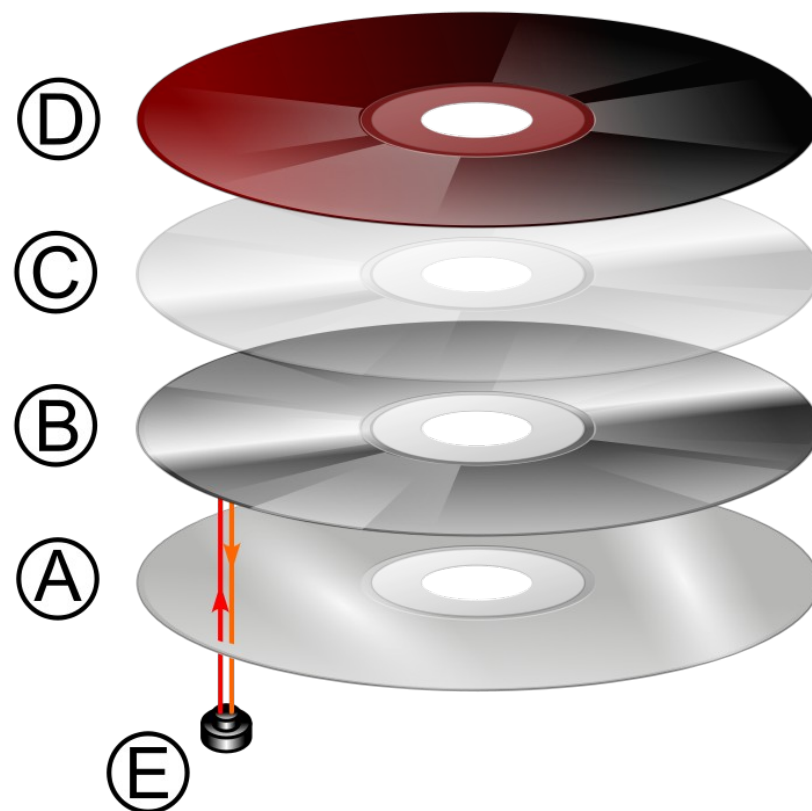
Этап 6. Выводы — слайды 19-20

Этап 1. Знакомство с теорией

Устройство компакт диска

Компакт-диск представляет собой поликарбонатную подложку толщиной 1,2 мм и диаметром 120 мм (А), покрытую тончайшим слоем металла (алюминий, золото, серебро и др.) (В), защищенного слоем лака (С), на который обычно наносится графическое представление содержания диска (Д).

Лазерный луч считывает поликарбонатный диск, отражается назад и считывается проигрывателем (Е).



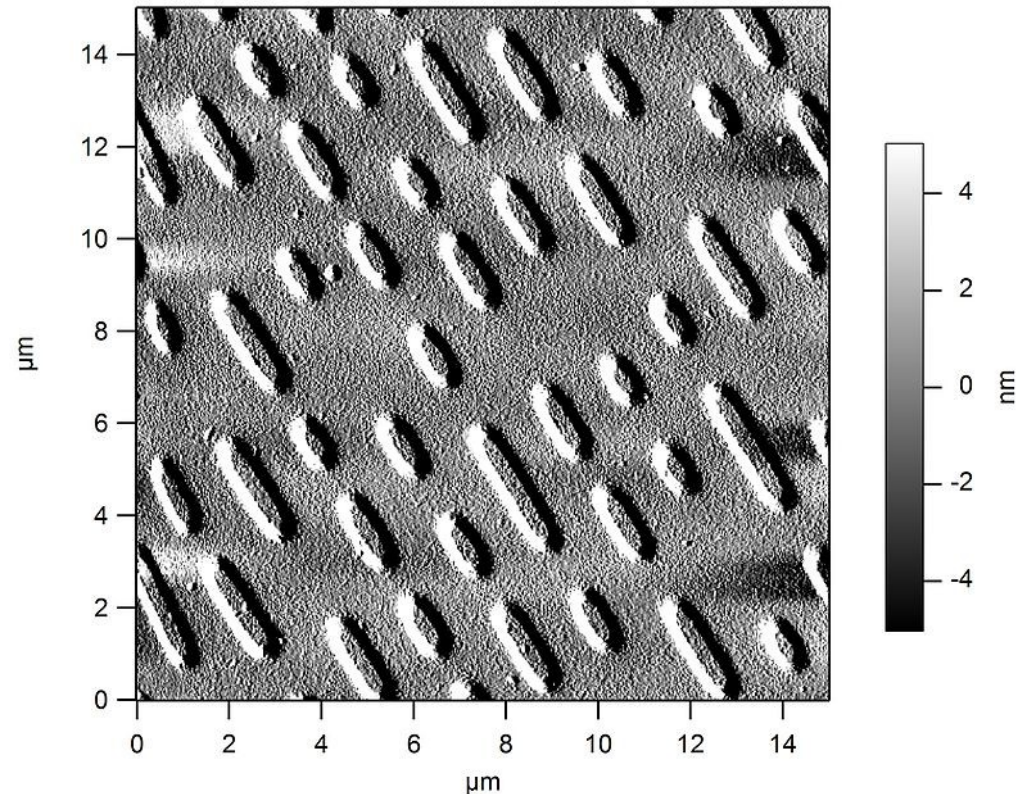
Этап 1. Знакомство с теорией

Устройство компакт-диска:

Информация на диске

записывается в виде спиральной дорожки из пиков (англ. pit — углубление), выдавленных в поликарбонатной основе.

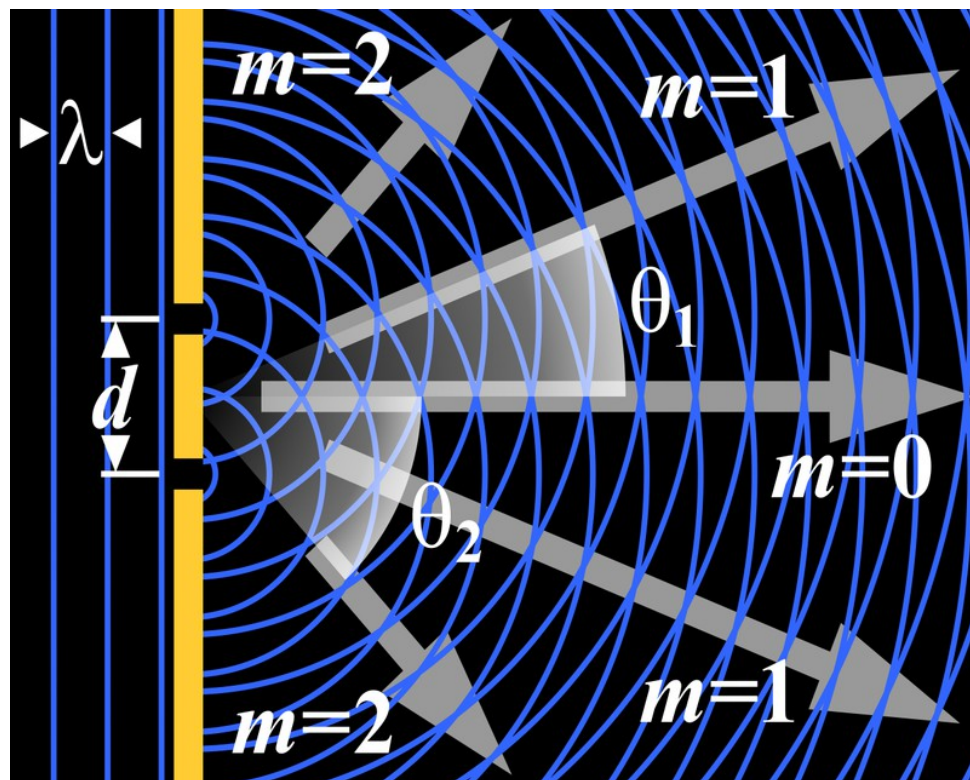
Каждый пик имеет примерно 100 нм в глубину и 500 нм в ширину. Длина пика варьируется от 850 нм до 3,5 мкм. Промежутки между пиками называются лендом. Шаг дорожек в спирали составляет 1,6 мкм. Для сравнения, у DVD период — 0,74 мкм.



Этап 1. Знакомство с теорией

Дифракционная решетка:

Дифракционная решётка — оптический прибор, действие которого основано на использовании явления дифракции света. Представляет собой совокупность большого числа регулярно расположенных штрихов (щелей, выступов), нанесённых на некоторую поверхность.



Этап 1. Знакомство с теорией

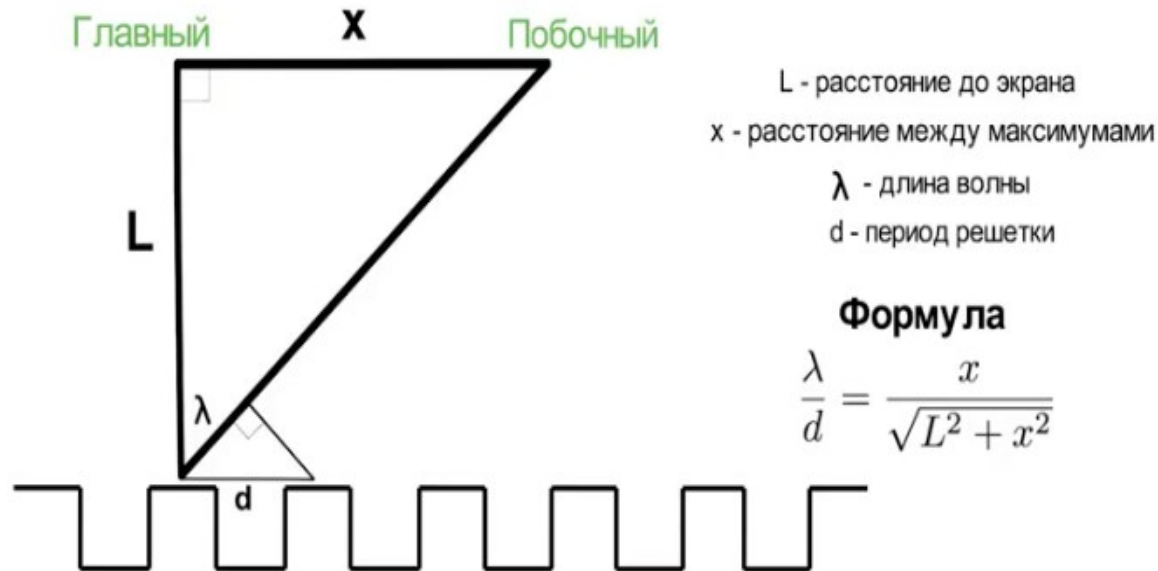
Изученные материалы:

- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Компакт-диск>
- <https://www.youtube.com/watch?v=SpdvckOLUUQ> Устройство компакт диска (видеоинструкция)
- <https://youtu.be/EqGcOQLoVoc> Принцип работы дифракционной решетки (видеоинструкция)
- <http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/chapter3/section/paragraph10/theory.html#.WJEskrFh1E5> Принцип работы дифракционной решетки

Этап 1. Знакомство с теорией

Основная схема, поясняющая формулу расчета периода дорожек, нанесенных на компакт-диск.

Определение положения максимумов



Этап 2. Подготовка

Используемые инструменты:

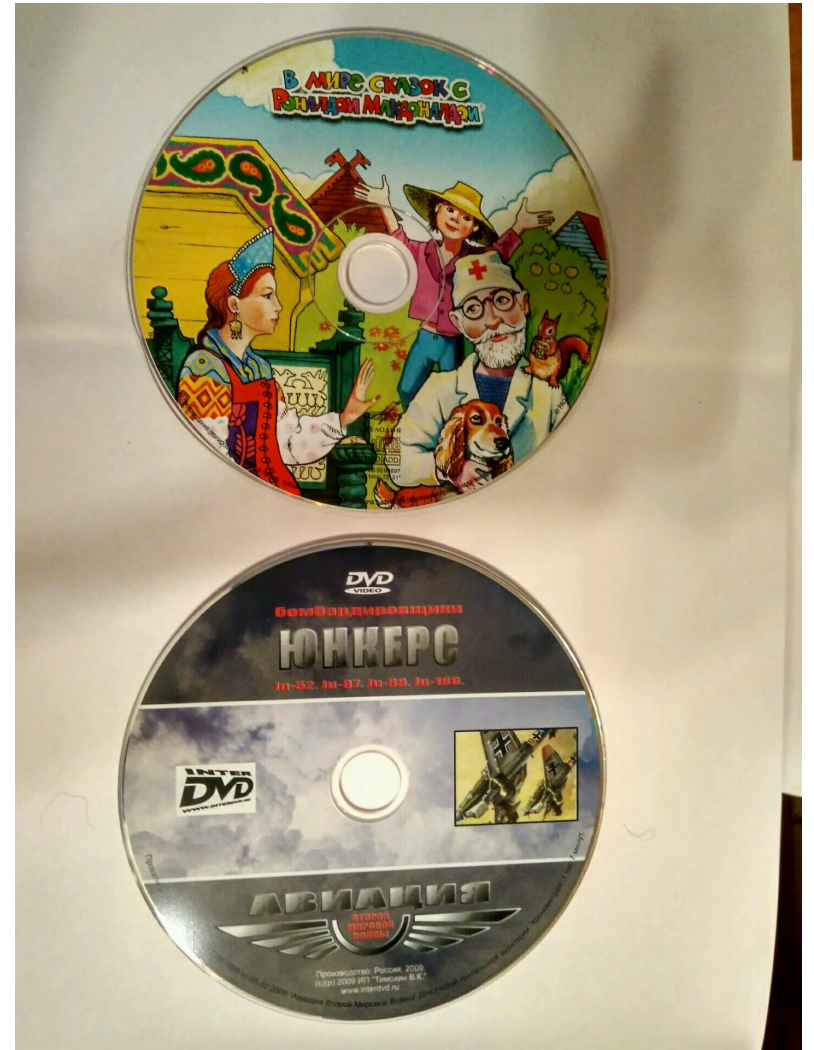
- Лазер
- Линейка
- Уровень
- Рулетка
- Маркер



Этап 2. Подготовка

Используемые диски:

- Диск CD
- Диск DVD



Этап 2. Подготовка

Используемый
лазер

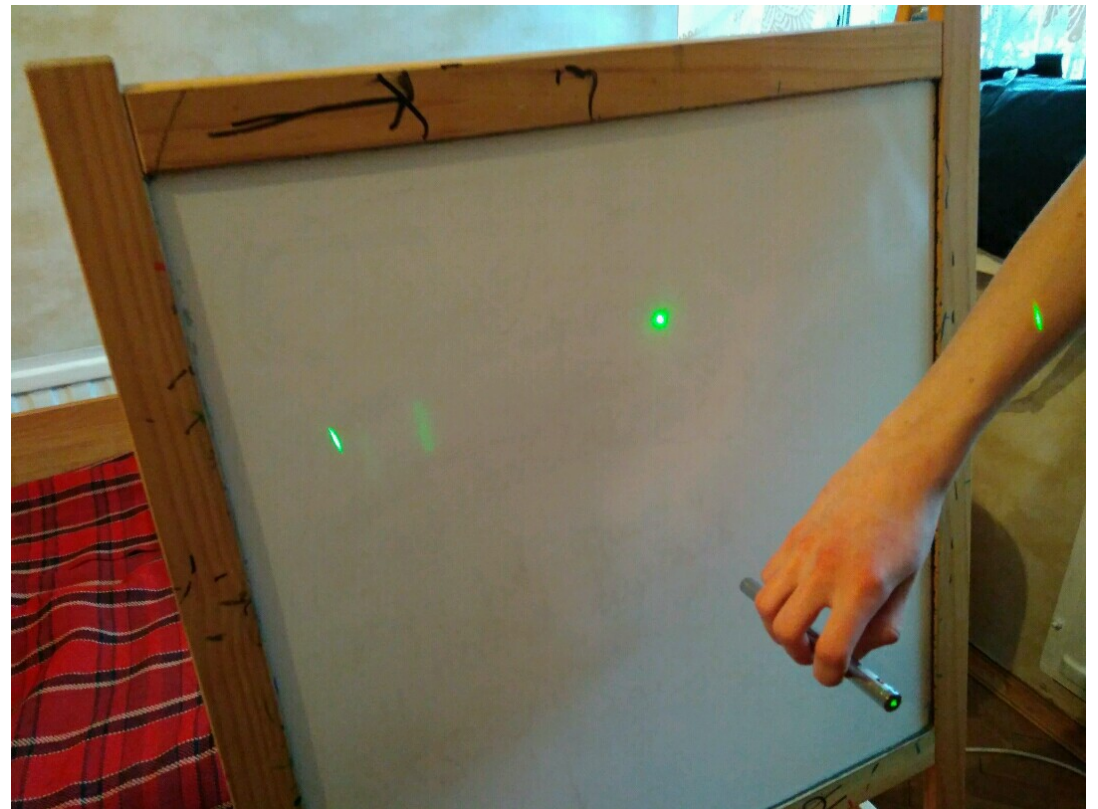
- 532 нм



Этап 2. Подготовка

Экран:

В качестве экрана
использован
мольберт Икеа



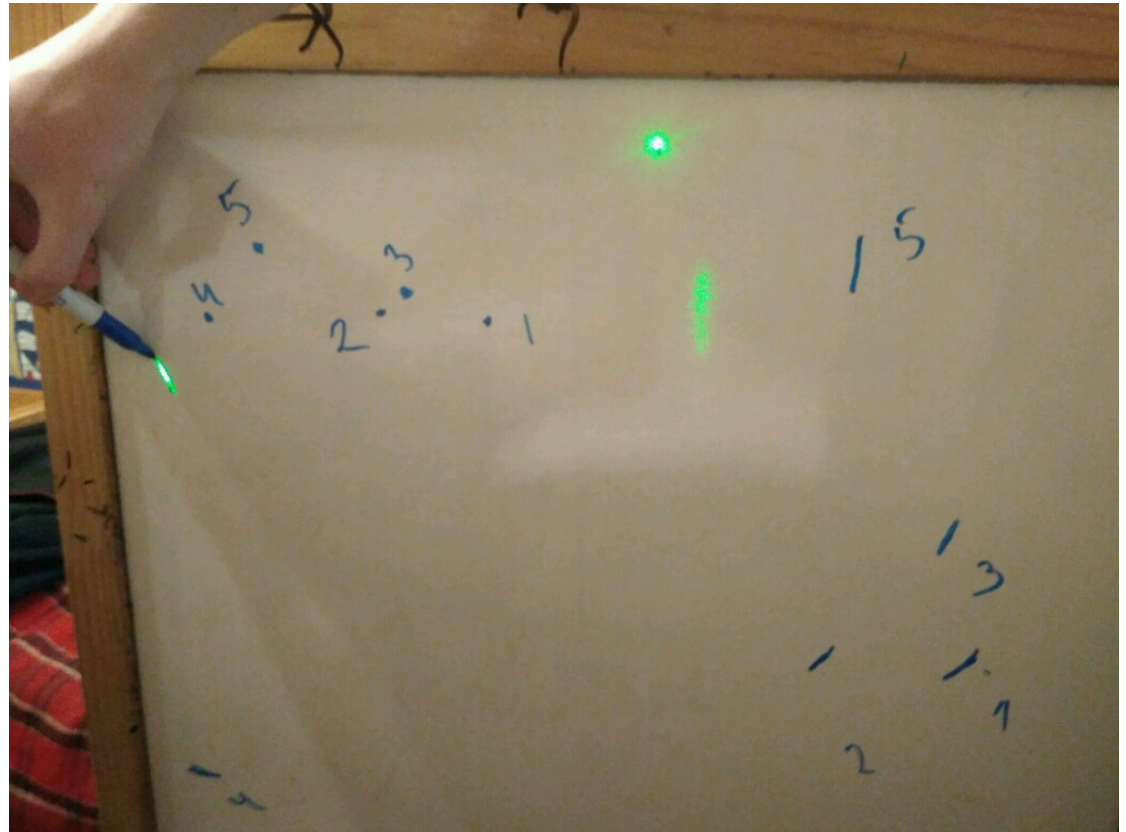
Этап 3. Эксперимент с CD

Замерим
расстояние от
диска до экрана:
810 мм.



Этап 3. Эксперимент с CD

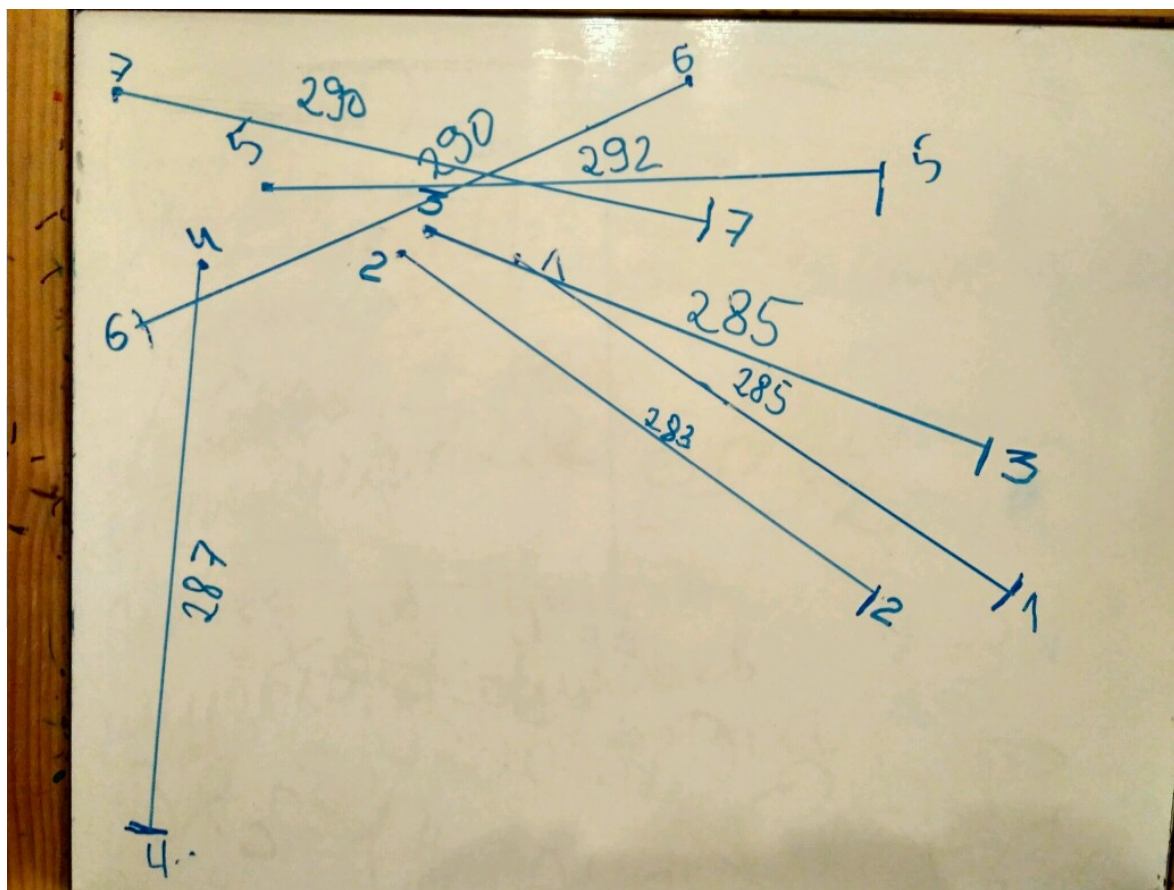
Отмечаем на экране точки. Для точности проведем измерения для 7 различных точек на диске.



Этап 3. Эксперимент с CD

Результаты измерений:

№	X, мм
1	285
2	283
3	285
4	287
5	292
6	290
7	287
среднее	287



Этап 4. Эксперимент с DVD

Замерим
расстояние
от диска до
экрана:

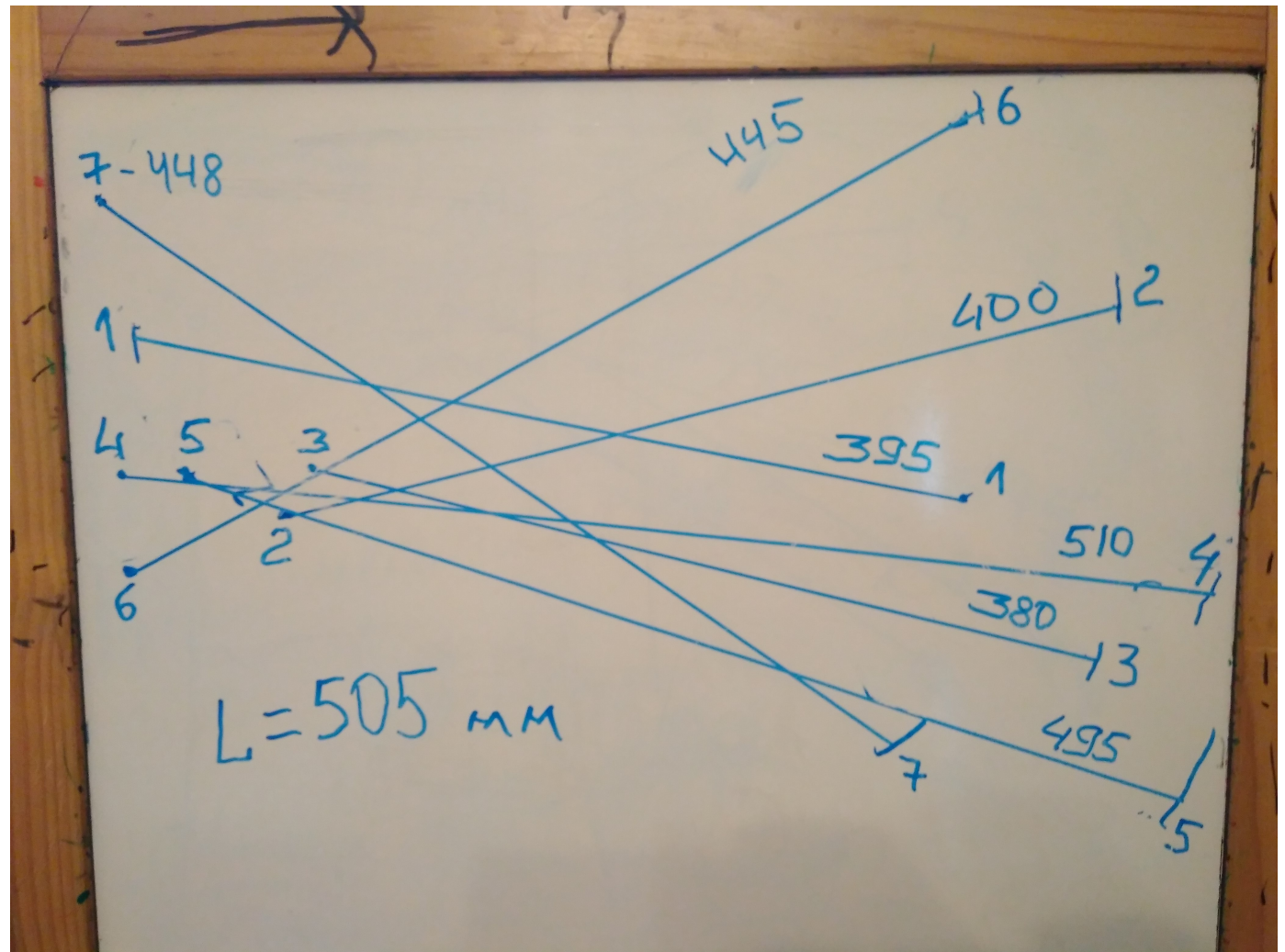
505 мм.



Этап 4. Эксперимент с DVD

Результаты измерений:

№	X, мм
1	395
2	400
3	380
4	510
5	495
6	445
7	448
среднее	439



Этап 5. Расчеты

Формула для расчета
периода решетки диска:

$$d = \lambda \frac{\sqrt{L^2 + x^2}}{x}$$

Полученный период решетки CD-диска — 1592 нм

Полученный период решетки DVD-диска — 810 нм

Табличные значения для CD — 1600 нм,
для DVD — 740 нм

Этап 6. Выводы

Суммарная длина дорожек диска обратна пропорциональна их периоду. Также можно предположить, что длина пита пропорциональна ширине дорожки. Объем диска — это максимальное количество записанных пит (n):

$$n = \frac{L}{h} \sim \frac{1}{d} \frac{1}{d}$$

Где L — суммарная длина дорожек, h — длина пита, d — период решетки

Этап 6. Выводы

Проведем численную оценку для наших
выводов:

$$\frac{n_{CD}}{n_{DVD}} = \frac{700}{4000} = 0.175$$

Для измеренных значений получим:

$$\frac{n_{CD}}{n_{DVD}} = \frac{d_{DVD}^2}{d_{CD}^2} = \frac{810^2}{1600^2} = 0.25$$

Наша гипотеза подтвердилась с некоторой
точностью

Этап 6. Выводы

2. Опыт с Blu-ray диском не был проведен. Попробуем оценить период дорожек из нашей гипотезы.

Объем однослойного диска — 25 Гб

$$\frac{n_{BLU-RAY}}{n_{DVD}} = \frac{25}{4} = \frac{d_{DVD}^2}{d_{BLU-RAY}^2}$$

Получим, что период BLU-RAY — 320 нм