



Всероссийская научно-образовательная школа
"Квантовый скачок"



Квантовая единица информации: реализация кубитов

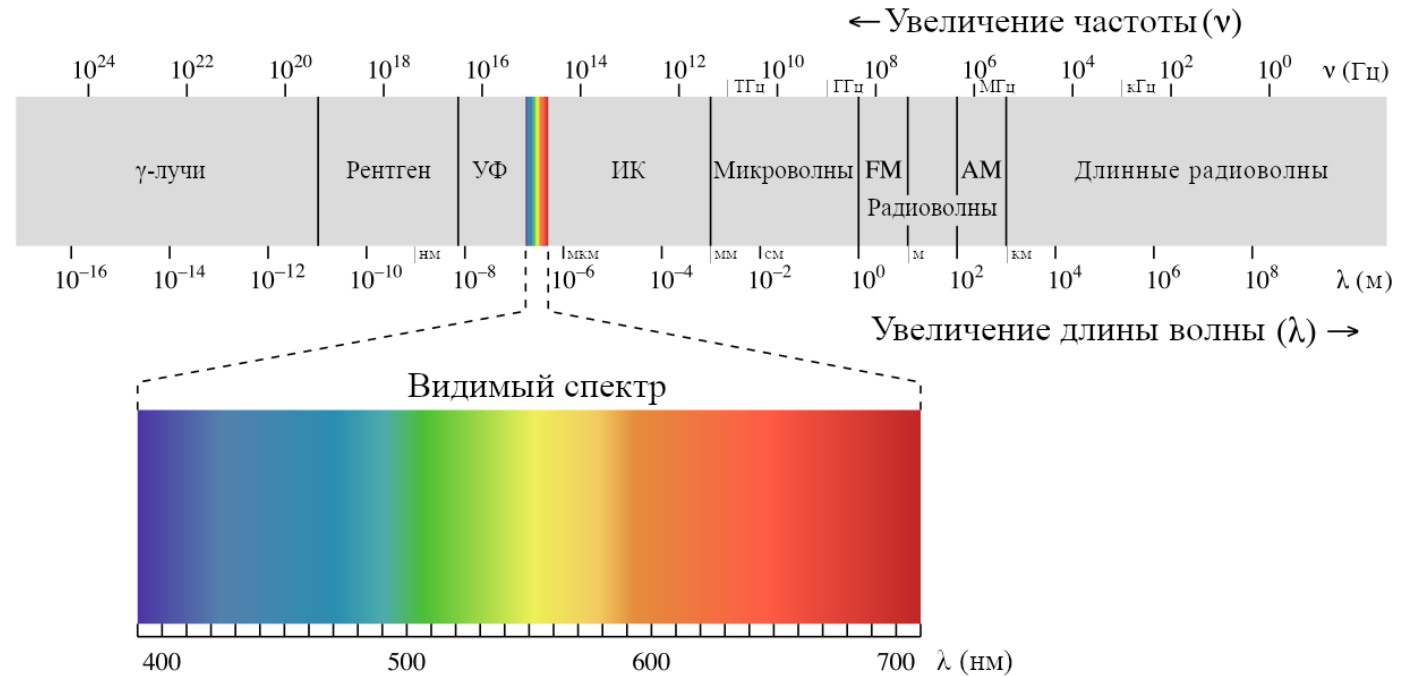
Каширский Данила Евгеньевич
канд. физ.-мат. наук
доцент каф. квантовой электроники и фотоники
ст. научн. сотр. лаб. квантовых информационных технологий
e-mail: kde@mail.tsu.ru

Содержание

- 1 Понятие света
- 2 Природа света
- 3 Свет как волна
- 4 Поляризация света
- 5 Эксперименты со светом
- 6 Фотон
- 7 Эксперименты с фотонами
- 8 Поляризационные состояния фотона и кубит
- 9 Передача данных

Понятие света

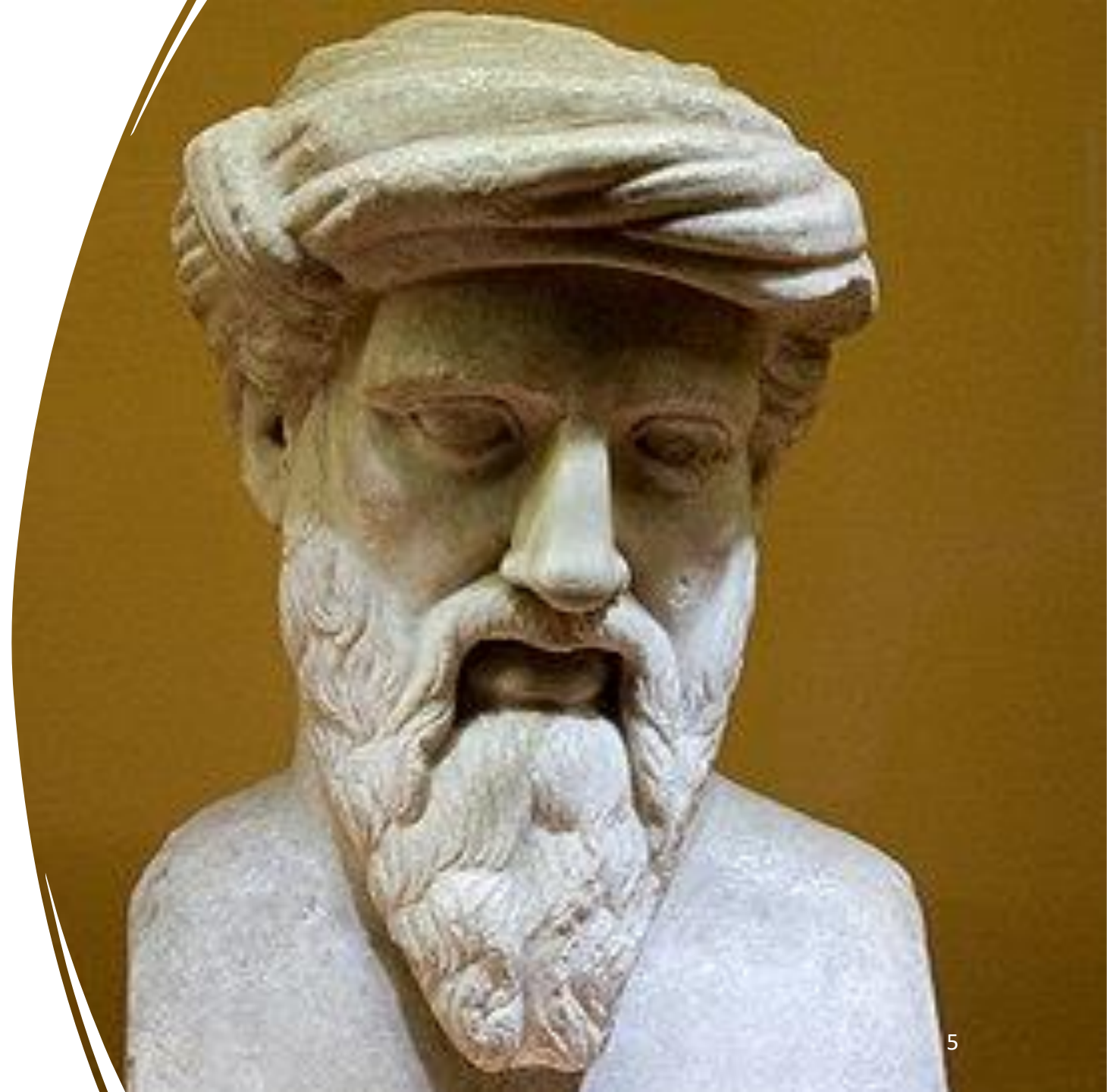
- В физической оптике свет - электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом.
- В широком смысле под светом понимают оптическое излучение, то есть такое электромагнитное излучение, длины волн которого лежат в диапазоне с приблизительными границами от единиц нанометров до десятых долей миллиметра.

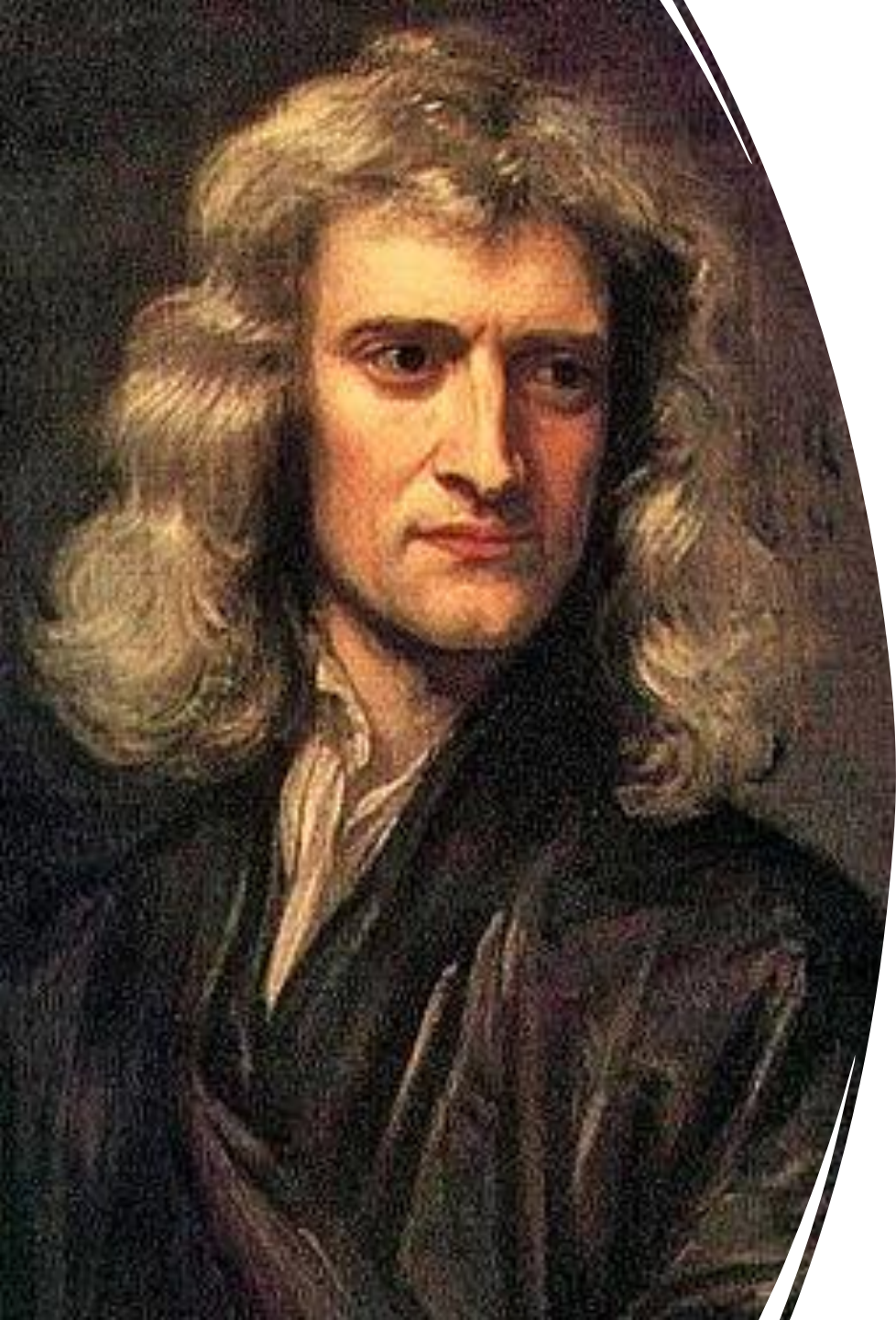


Природа света

Пифагор

- Пифагор был одним из первых ученых, кто дал научную гипотезу относительно природы света.
- Он первый не только догадался, но и доказал, что свет распространяется прямолинейно.





Исаак Ньютон

- В XVII веке Исаак Ньютон объяснял много световых явлений, основываясь на том, что свет – это поток специальных частиц.
- Согласно корпускулярной теории, свет представляет собой поток частиц (корпускул), испускаемых светящимися телами.
- Ньютон считал, что движение световых корпускул подчиняется законам механики.
- Отражение света понималось аналогично отражению упругого шарика от плоскости.
- Преломление света объяснялось изменением скорости корпускул при переходе из одной среды в другую.

Христиан Гюйгенс

- В это же время появилась другая теория – волновая теория света.
- Сторонником этой теории был Христиан Гюйгенс.
- Он пытался объяснить те же явления, что и Ньютон, только с той позиции, что свет – это волна.
- Гюйгенс рассматривал свет как волновой процесс, подобный механическим волнам.
- Каждая точка, до которой доходит волна, становится центром вторичных волн, а огибающая этих волн дает положение волнового фронта в следующий момент времени.
- Под волновым фронтом Гюйгенс понимал геометрическое место точек, до которых одновременно доходит волновое возмущение. С помощью принципа Гюйгенса были объяснены законы отражения и преломления.



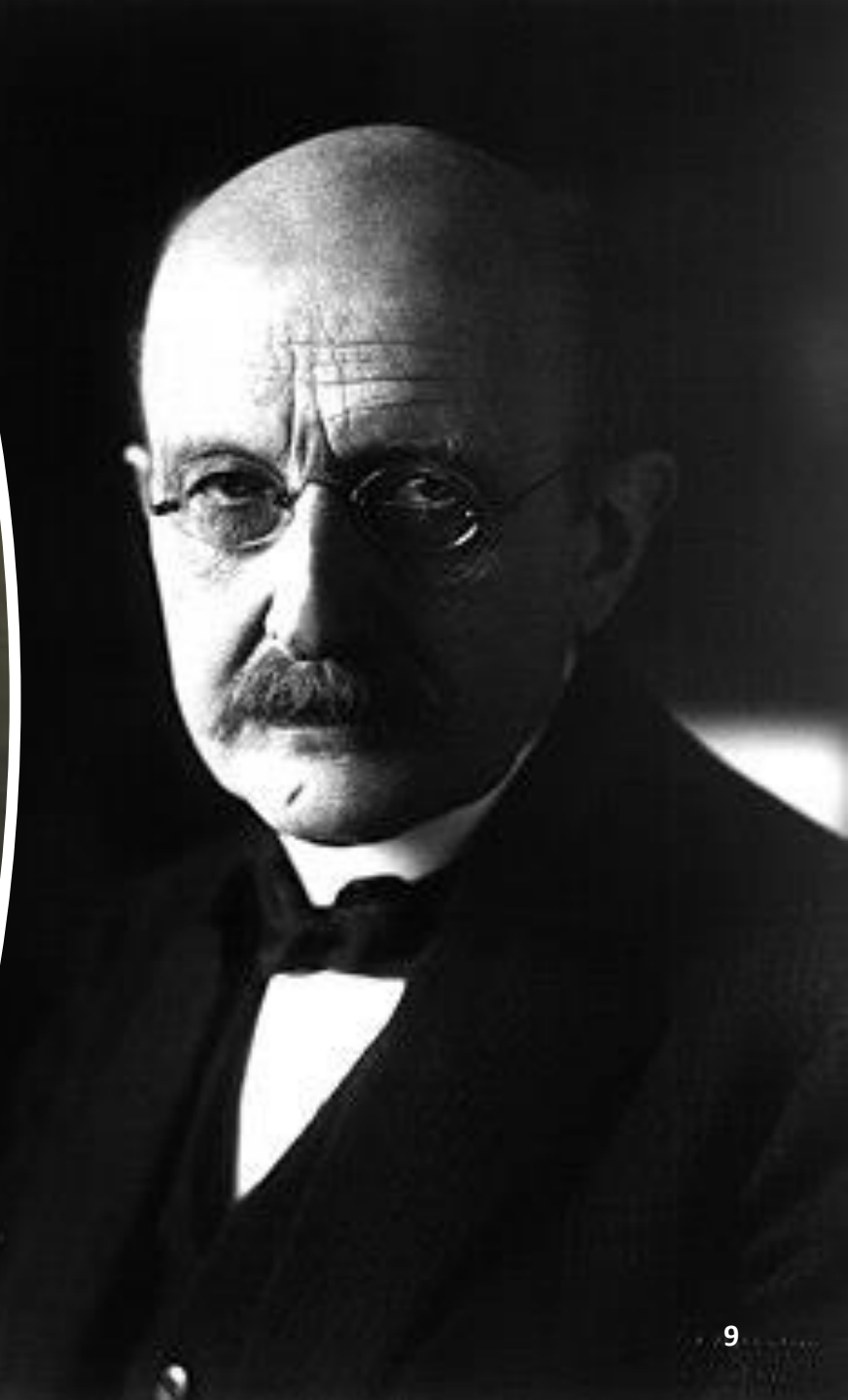
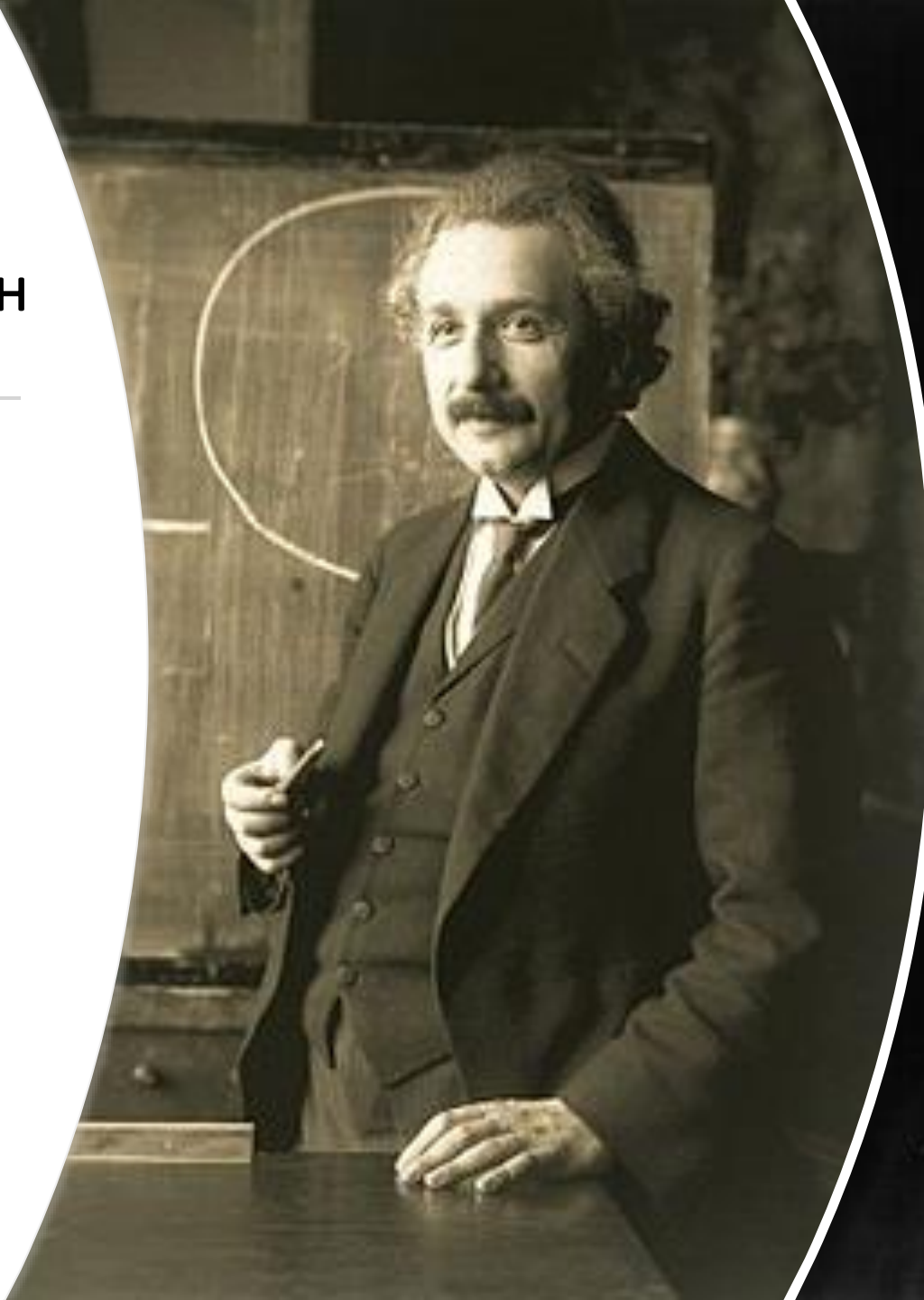


Генрих Герц

- И хотя все указывало на то, что свет – это волна, в XIX веке Генрих Герц изучая свойства электромагнитных волн, показал, что свет может быть частицей.
- Герц открыл явление фотоэффекта – выбивание электронов из заряженной отрицательно металлической пластинки под действием света.

Макс Планк и Альберт Эйнштейн

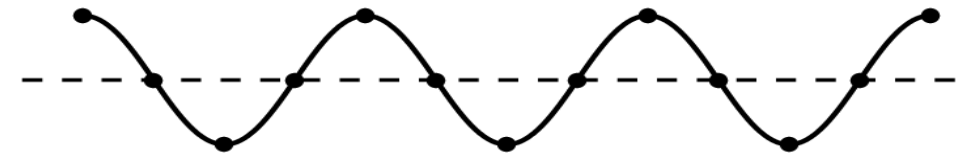
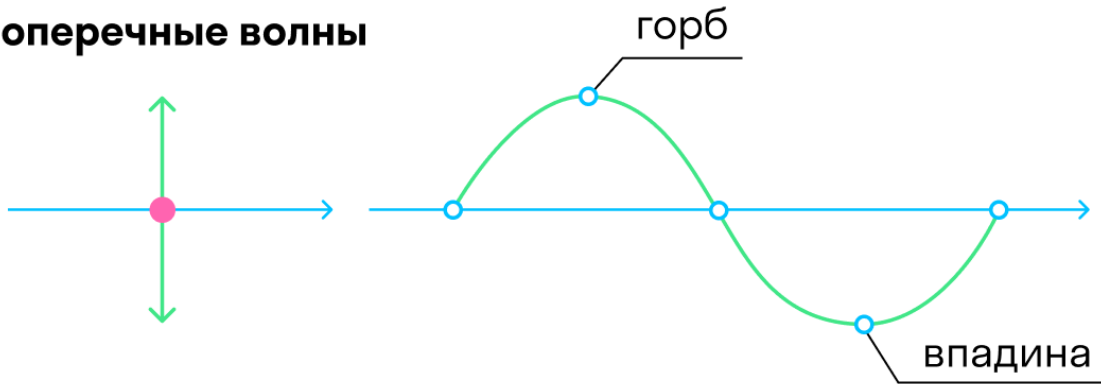
- Гипотеза Макса Планка – излучение света происходит порциями (квантами)
- Гипотеза Альберта Эйнштейна – дискретность света сохраняется при его распространении и взаимодействии с веществом, т.е. само электромагнитное излучение состоит из отдельных квантов.
- В XX веке пришли к окончательному решению, введя понятие корпускулярно-волнового дуализма света.
- Поэтому все явления рассматриваются с позиций двух теорий.



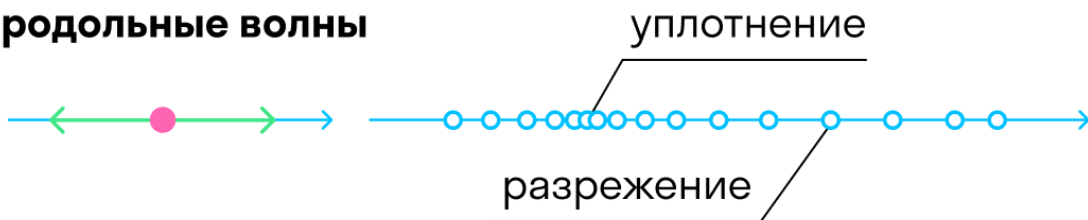
Свет как волна

Поперечные и продольные волны

Поперечные волны

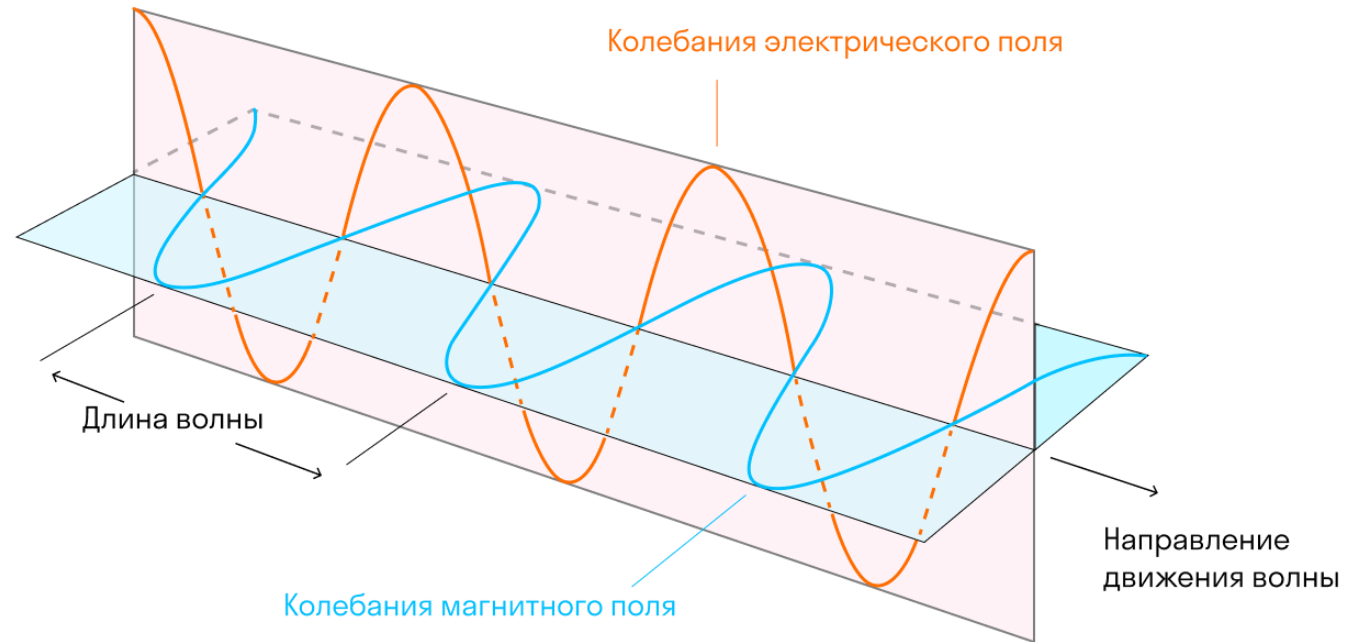


Продольные волны



Свет – электромагнитная волна

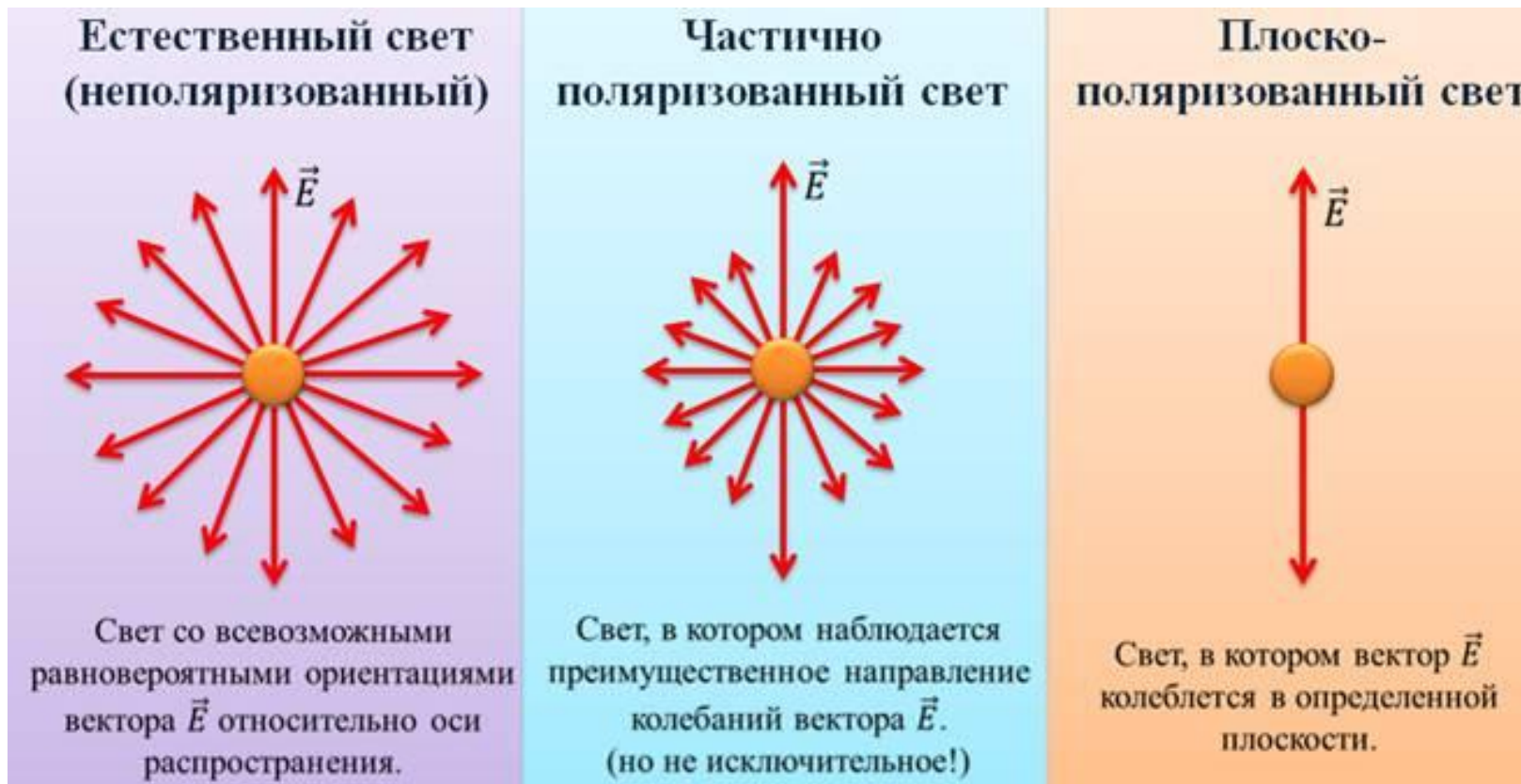
- Электромагнитная волна - переменные электрическое и магнитное поля, распространяющиеся в пространстве и генерирующие друг друга.
- Электрическое и магнитное поля в электромагнитной волне перпендикулярны друг к другу, причем каждое из них перпендикулярно к направлению распространения волны.
- Электромагнитная волна является поперечной волной.



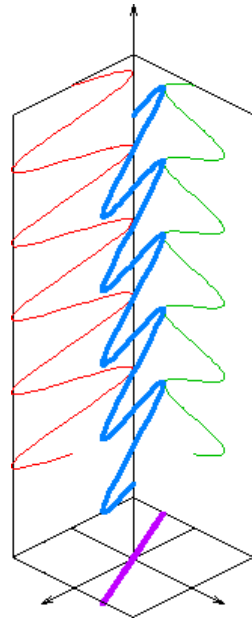
Поляризация света

Определение

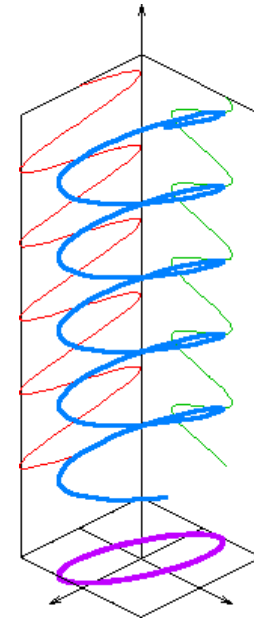
- **Поляризация волн** — характеристика поперечных волн, описывающая поведение вектора колеблющейся величины в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны.



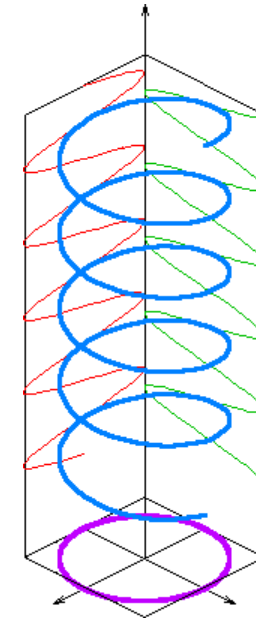
Типы поляризации



Линейная



Эллиптическая

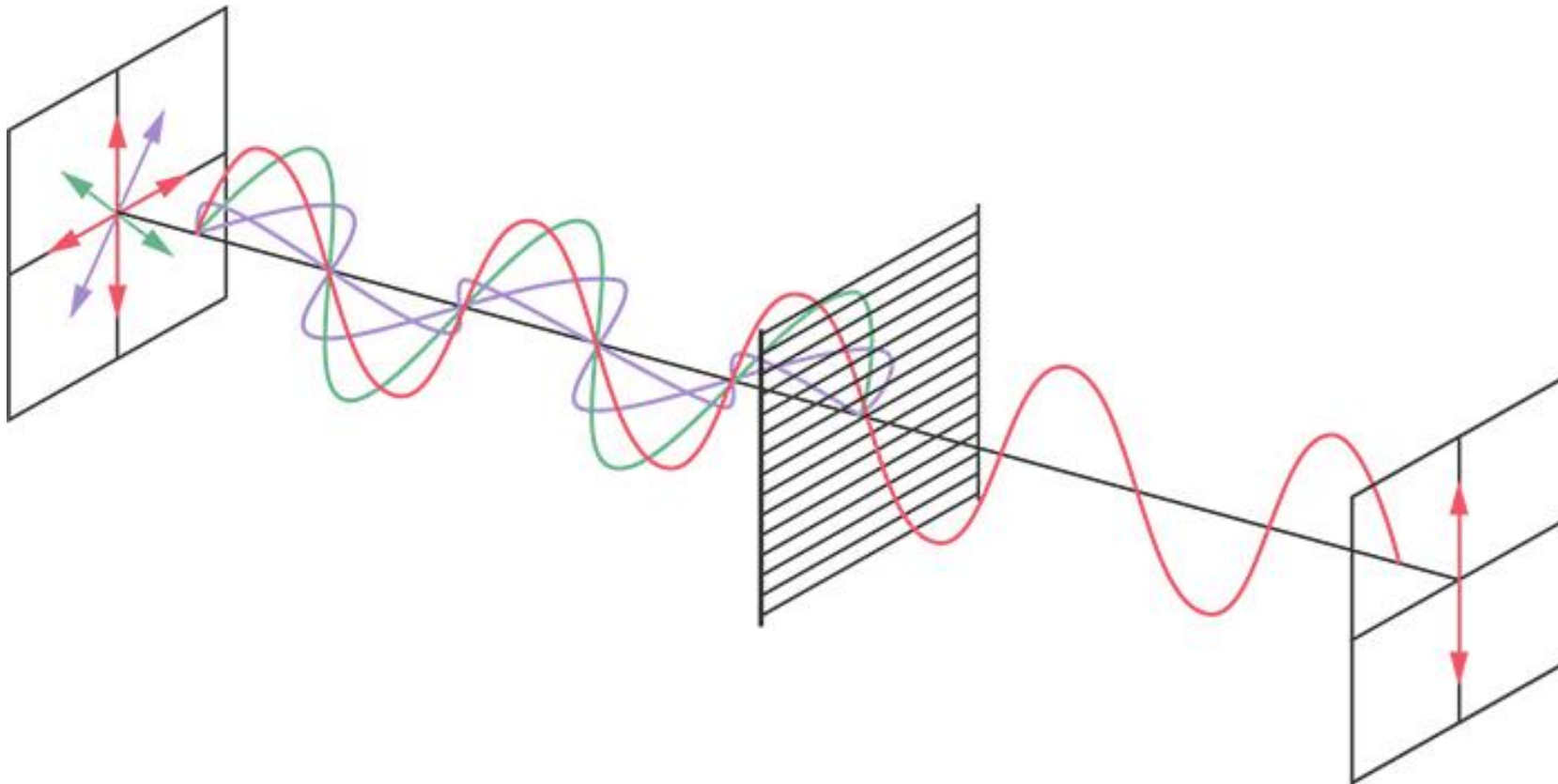


Круговая

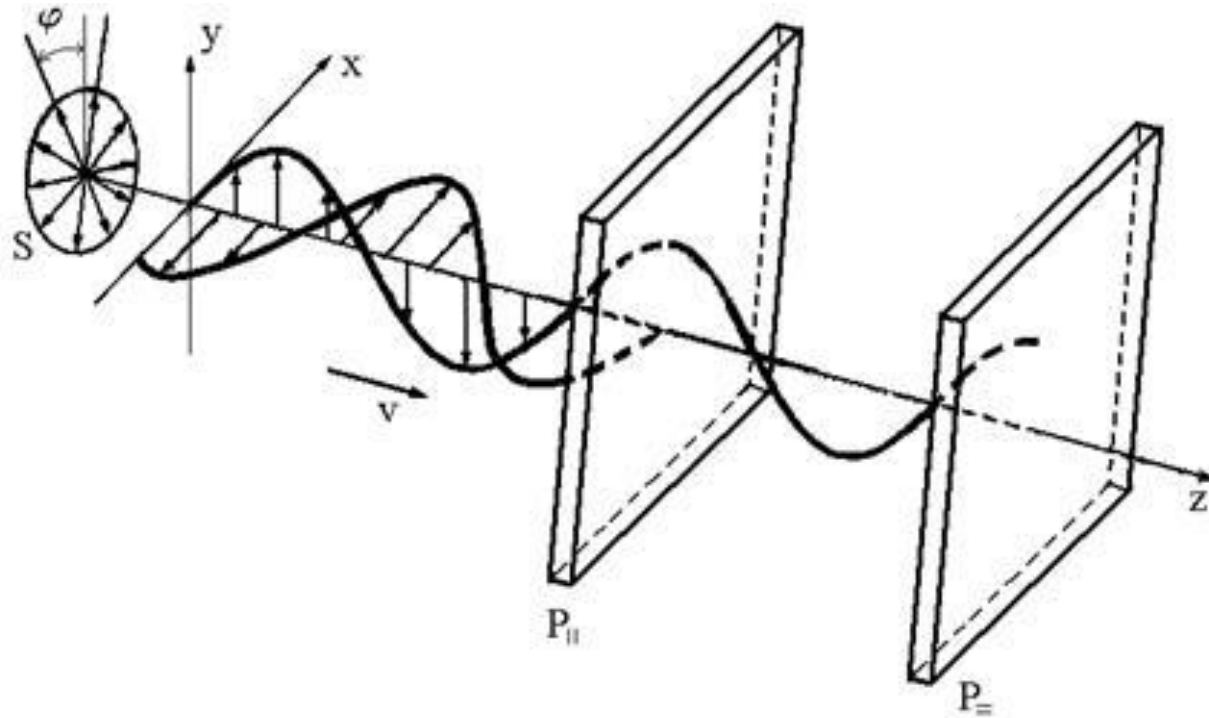
Эксперименты со СВЕТОМ

Поляризатор

- Поляризованный свет получают используя поляризаторы.
- Поляроид - особая тонкая кристаллическая пленка толщиной 0,1 мм из герпатита, нанесенная на целлулоид или стеклянную пластинку.



Два поляризатора



- Если второй поляризатор начать поворачивать, т.е. смещать положение оси симметрии второго поляризатора относительно первого, то свет будет постепенно гаснуть и погаснет совершенно, когда положение осей симметрии обоих кристаллов станет взаимно перпендикулярным

Аналогия поляризации света с колебаниями шнура

1. Пропустим шнур через щель, она выделит колебания в одной плоскости.



2. Пропустим шнур через две параллельные друг другу щели, колебания будут проходить полностью

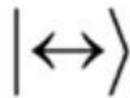


3. Если щели будут перпендикулярны друг другу, то после второй щели колебания полностью погасятся



ФОТОН

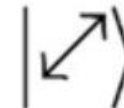
- Фотон (от др.-греч. φῶς, фос — свет) — фундаментальная частица, квант электромагнитного излучения в виде поперечных электромагнитных волн и переносчик электромагнитного взаимодействия.
- Это безмассовая частица, способная существовать только двигаясь со скоростью света.
- С точки зрения классической квантовой механики фотону как квантовой частице свойственен корпускулярно-волновой дуализм: он проявляет одновременно свойства частицы и волны.
- Фотон – объект микра мира и описывается с помощью квантовых состояний.



горизонтальное



вертикальное



диагональное

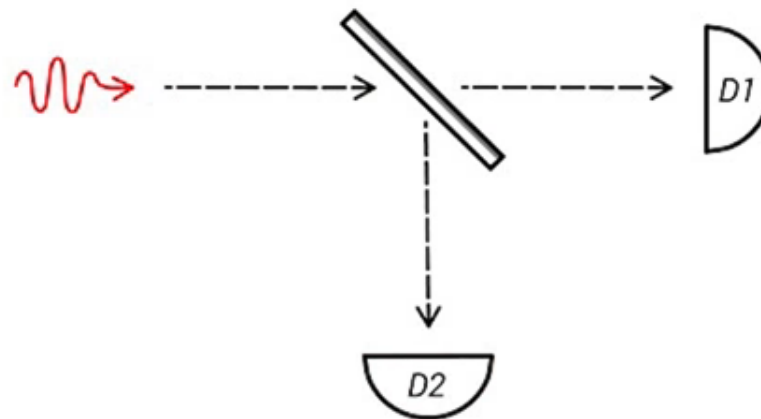
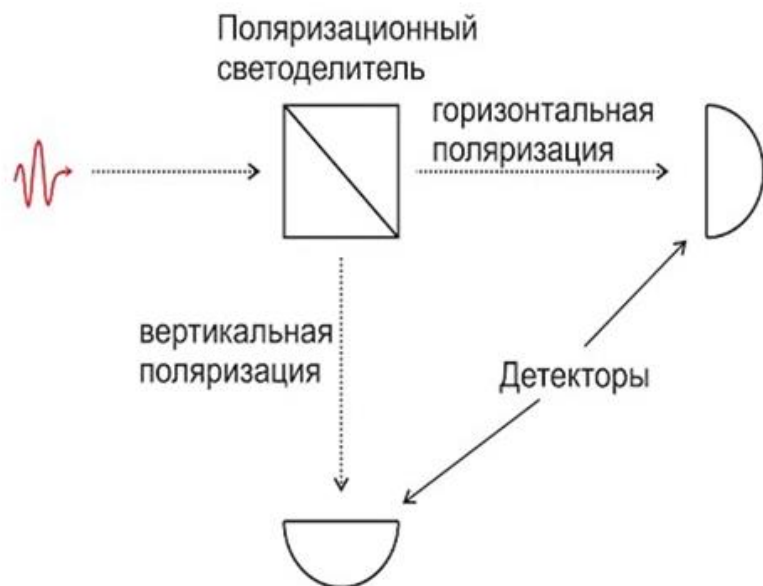


антидиагональное

Эксперименты с фотонами

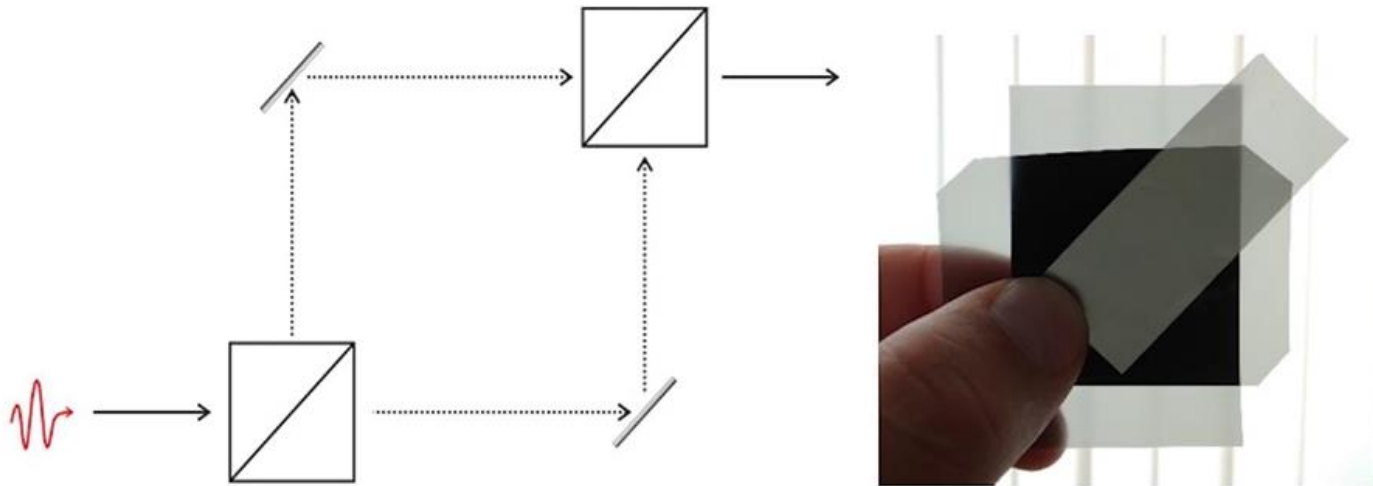
Светоделительные пластинка и кубик

- Волна делится, для фотона работает вероятностный принцип
- А что будет с фотоном, поляризованным под углом?



- После измерения поляризации фотона в «неправильном» базисе фотон меняет свое состояние поляризации
- Т.е. измерительный прибор повернул поляризацию фотона? Или не так?

Квантовая суперпозиция

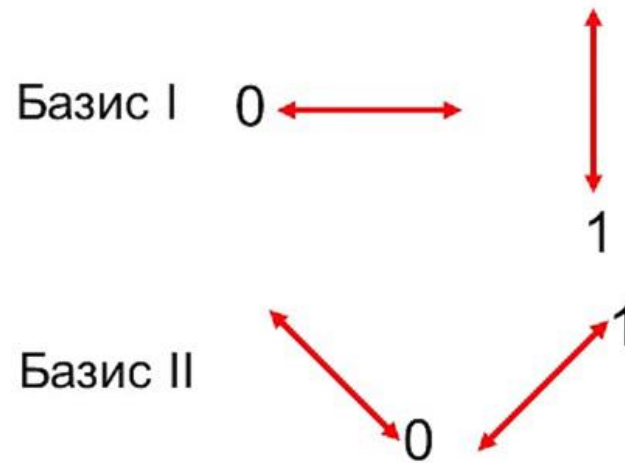


$$|p\rangle = c_1 |\leftrightarrow\rangle + c_2 |\updownarrow\rangle$$

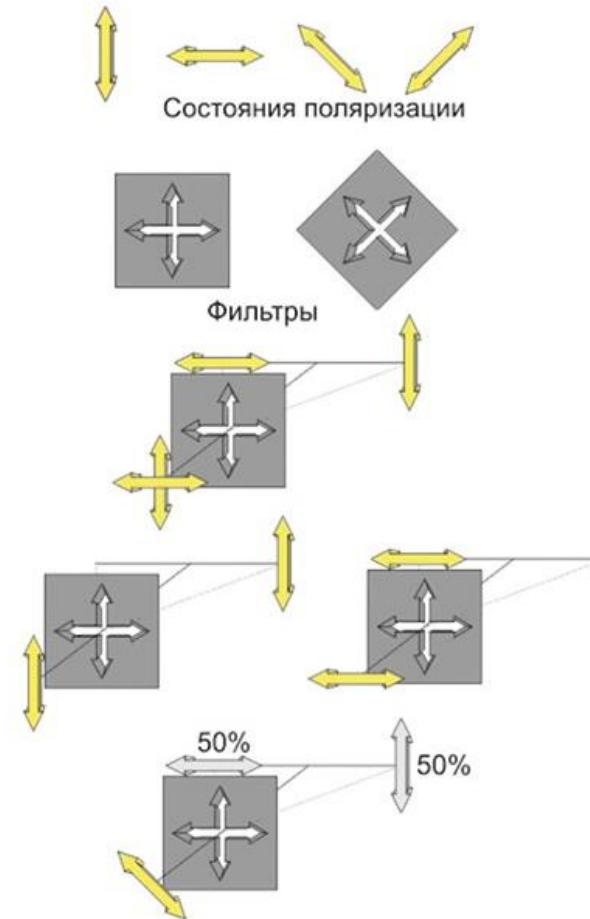
$$|p\rangle = c_1 |\swarrow\rangle + c_2 |\nwarrow\rangle$$

- Пока над квантовой частицей не проводят измерения, чтобы узнать в каком именно она состоянии, она может находиться словно сразу в нескольких состояниях.
- Но как только мы измеряем ее состояние, фотон выходит из суперпозиции, коллапсирует, до одного состояния.
- По мнению многих методологов физики, понятие суперпозиции является ключевым в квантовой механике.

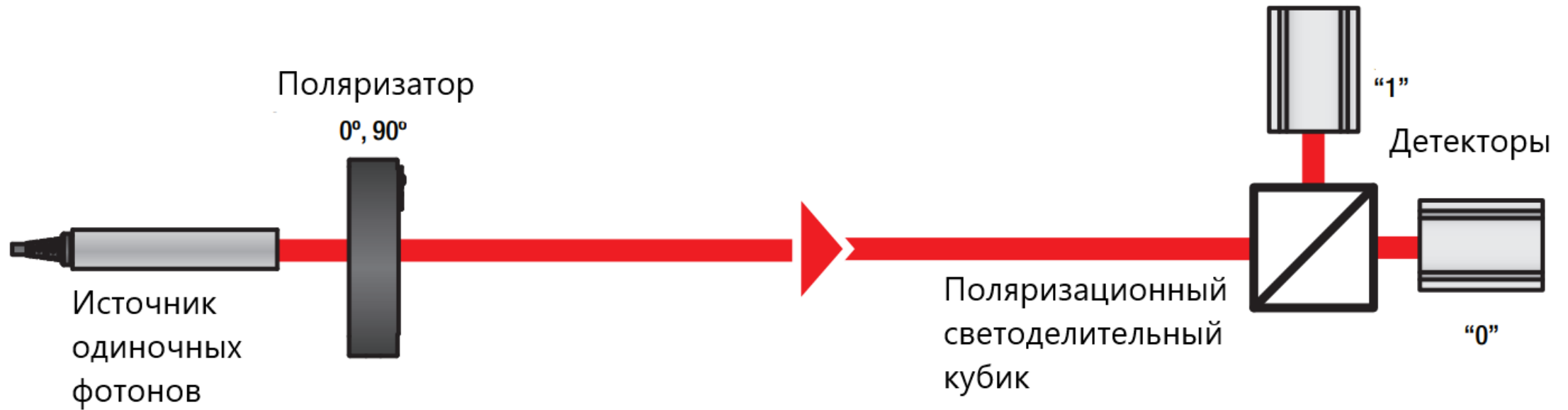
Поляризационные состояния фотона и кубит



- В состояние поляризации фотона можно зашифровывать информацию
- При этом определенная поляризация в одном базисе будет суперпозицией состояний в другом



Передача данных



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Квантовый центр ТГУ
qtcenter.tsu.ru