

Оптические устройства в системах передачи информации

Лекция 1. Введение

Оптический диапазон и видимый свет

Видимый свет	
Цвет	Диапазон длин волн, нм
фиолетовый	380—440
синий	440—485
голубой	485—500
зелёный	500—565
жёлтый	565—590
оранжевый	590—625
красный	625—780

1 мкм = 10^{-6} м
1 нм = 10^{-9} м

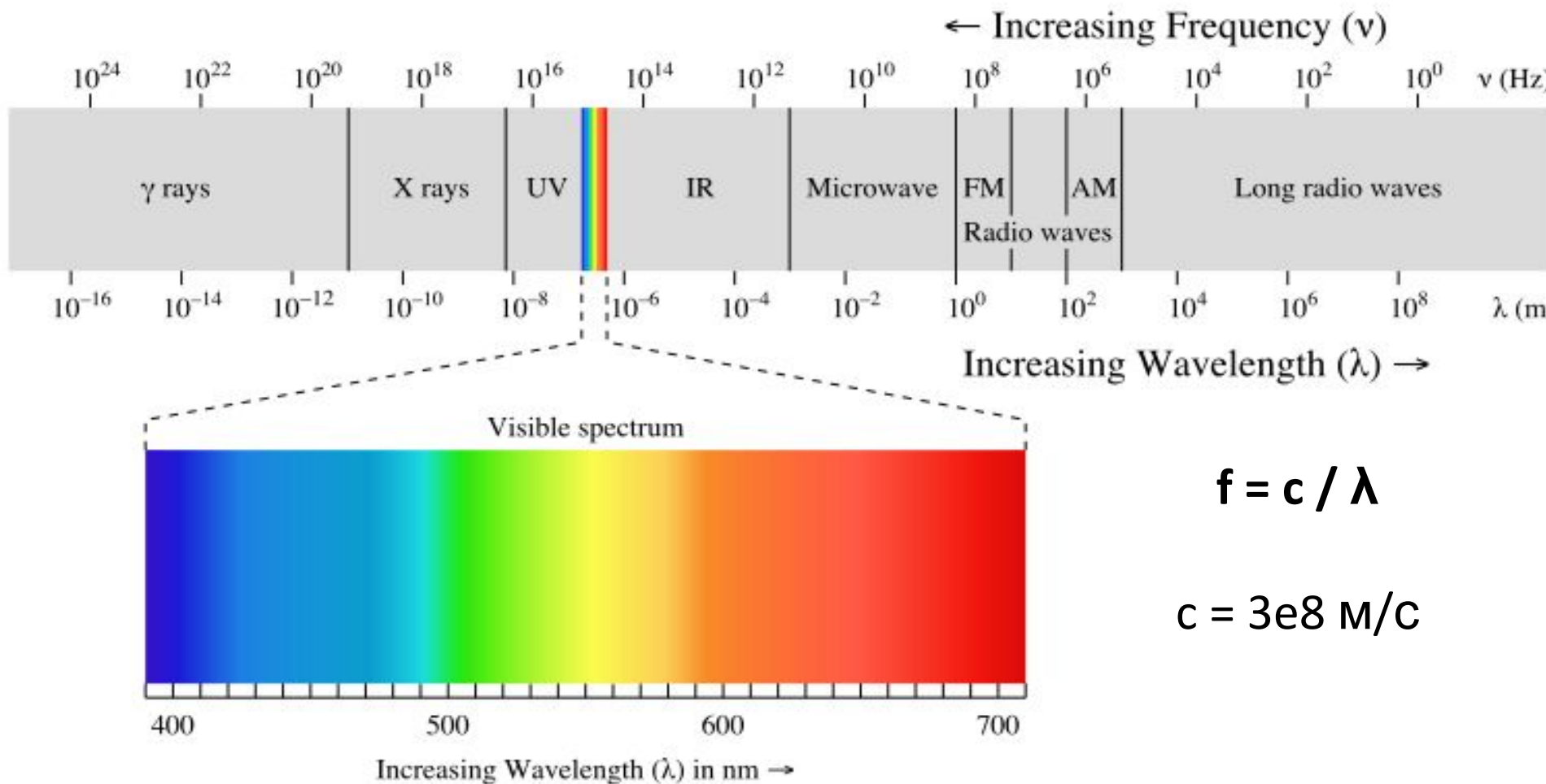
Видимый свет: $\lambda = 380 - 780$ нм

Ультрафиолетовое излучение	
Ближний	400—300 нм
Средний	300—200 нм
Дальний	200—122 нм
Экстремальный	121—10 нм

Инфракрасное излучение	
коротковолновая область	0,74—2,5 мкм
средневолновая область	2,5—50 мкм
длинноволновая область	50—2000 мкм

Оптический диапазон: $\lambda = 100$ нм – 10 мкм

Спектр электромагнитного излучения



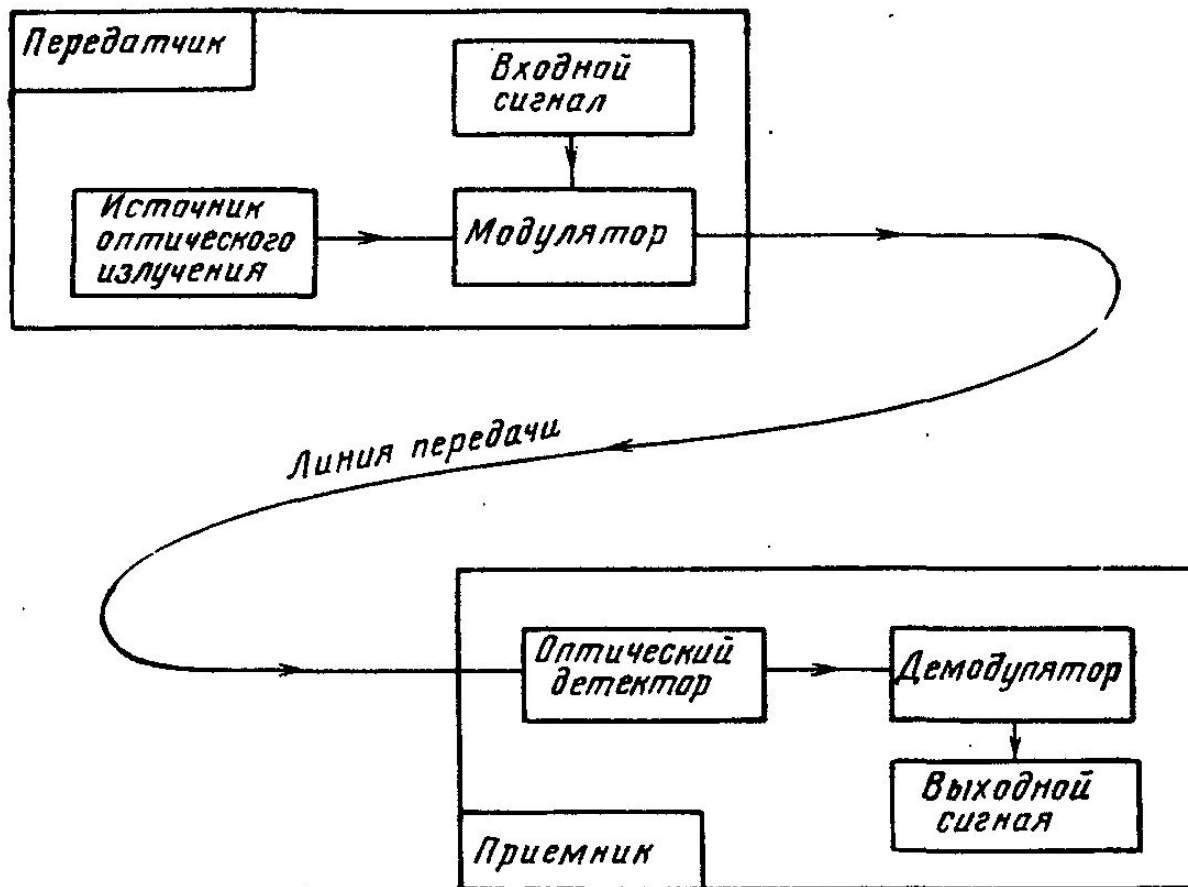
$$f = c / \lambda$$

$$c = 3e8 \text{ м/с}$$

Видимый свет: 800 - 400 ТГц

Оптический диапазон: 3000 – 30 ТГц

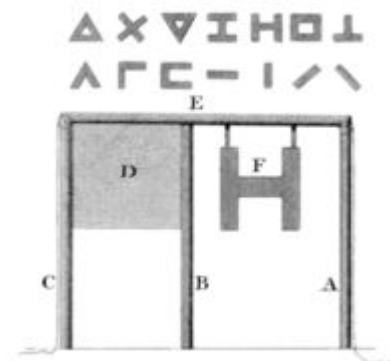
Схема системы передачи информации



Примеры оптических систем передачи информации

Древнейшая система - Оптический телеграф

с др. времен — до 18-19 вв.



Система кодов



Источник: солнце

Модулятор: семафор

Линия передачи: открытое пространство

Детектор: человек с подзорной трубой

Примеры оптических систем передачи информации

Современные системы



Атмосферная линия связи

Источник: лазер, светодиод

Модулятор: интерферометр, дифракционная решетка, диафрагма

Линия передачи: волокно, открытое пространство

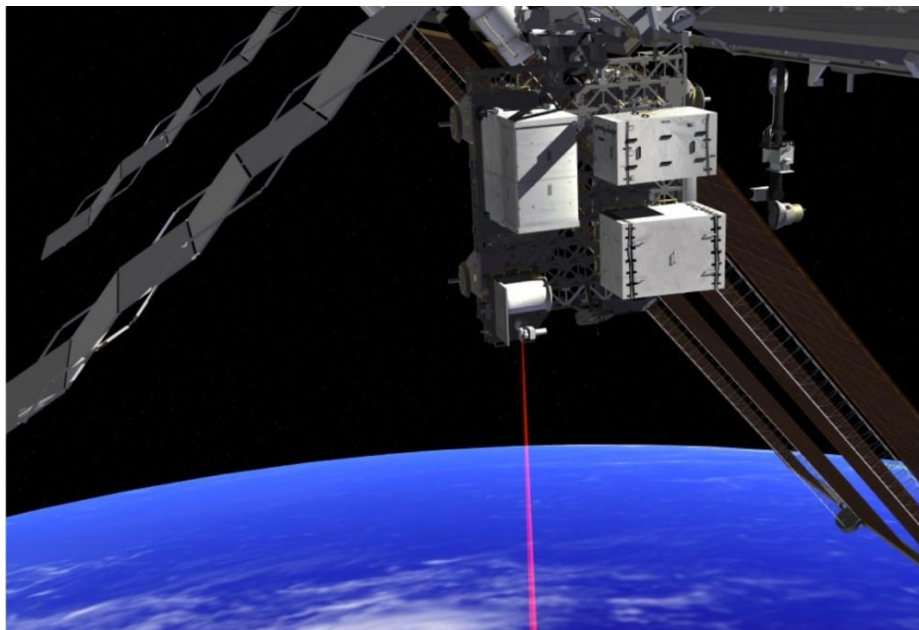
Детектор: фотодиод



Волоконно-оптическая линия связи

Примеры оптических систем передачи информации

Системы ближайшего будущего



МКС → Земля

В рамках эксперимента, который продлился 148 секунд, NASA было передано несколько копий видеозаписи, на отправку каждой из которых потребовалось 3,5 секунды. При использовании радиоволн весь этот процесс занял бы 10 минут. Максимальная скорость передачи данных составила 50 мегабит в секунду.



Optical PAYload for Lasercomm Science
(OPALS) 2014

Особенности передачи информации в оптическом диапазоне

Преимущества передачи информации в оптическом диапазоне

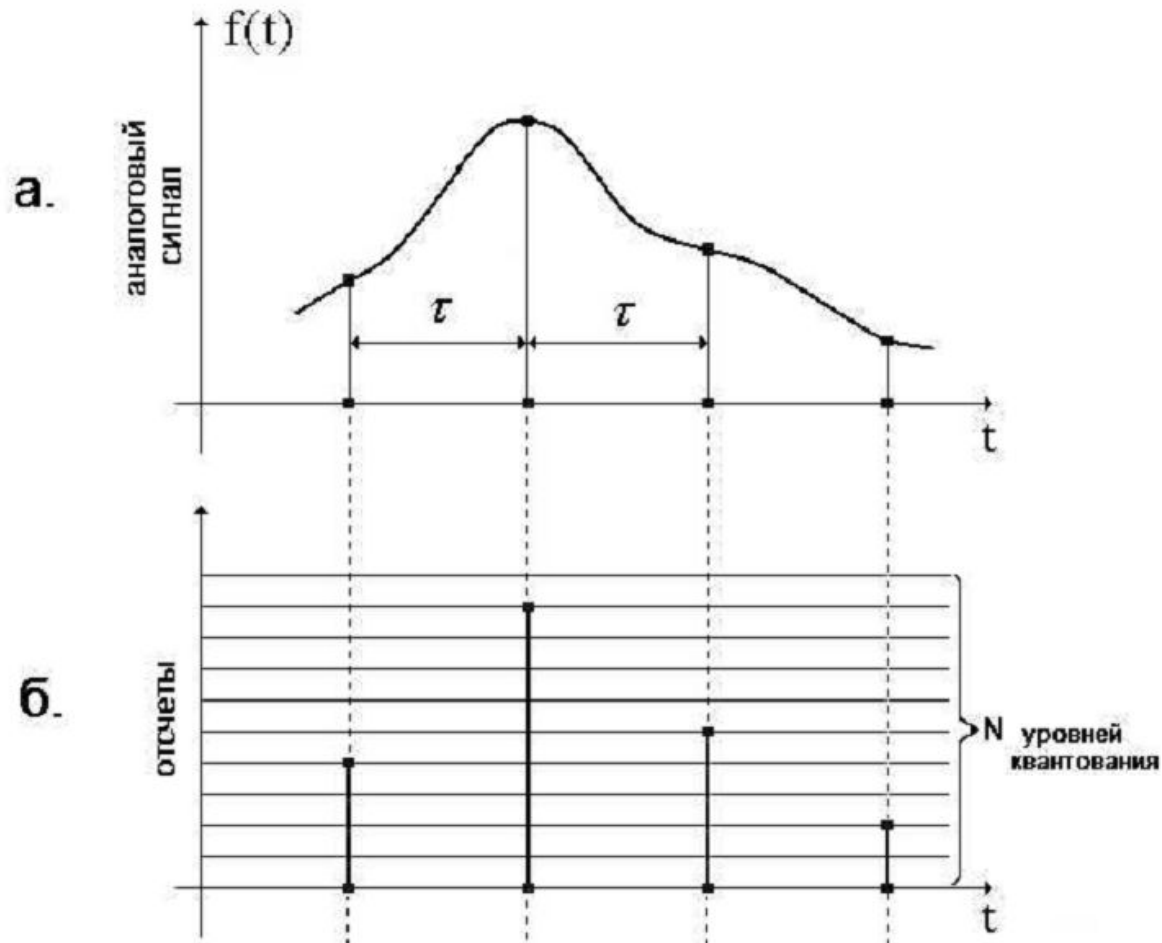
1. **Высокая пропускная способность** (высокая частота несущей и, как следствие, широкая полоса частот для передачи сигналов)
2. **Малое затухание сигнала** (низкие потери в волокнах и малая дифракционная расходимость)
3. **Эксплуатационные характеристики** (высокая надёжность, защищённость, электромагнитная совместимость, масса и габариты)

Недостатки передачи информации в оптическом диапазоне

1. **Необходимость преобразования сигнала** (из электрических сигналов в оптические и обратно)

Как передать информацию?

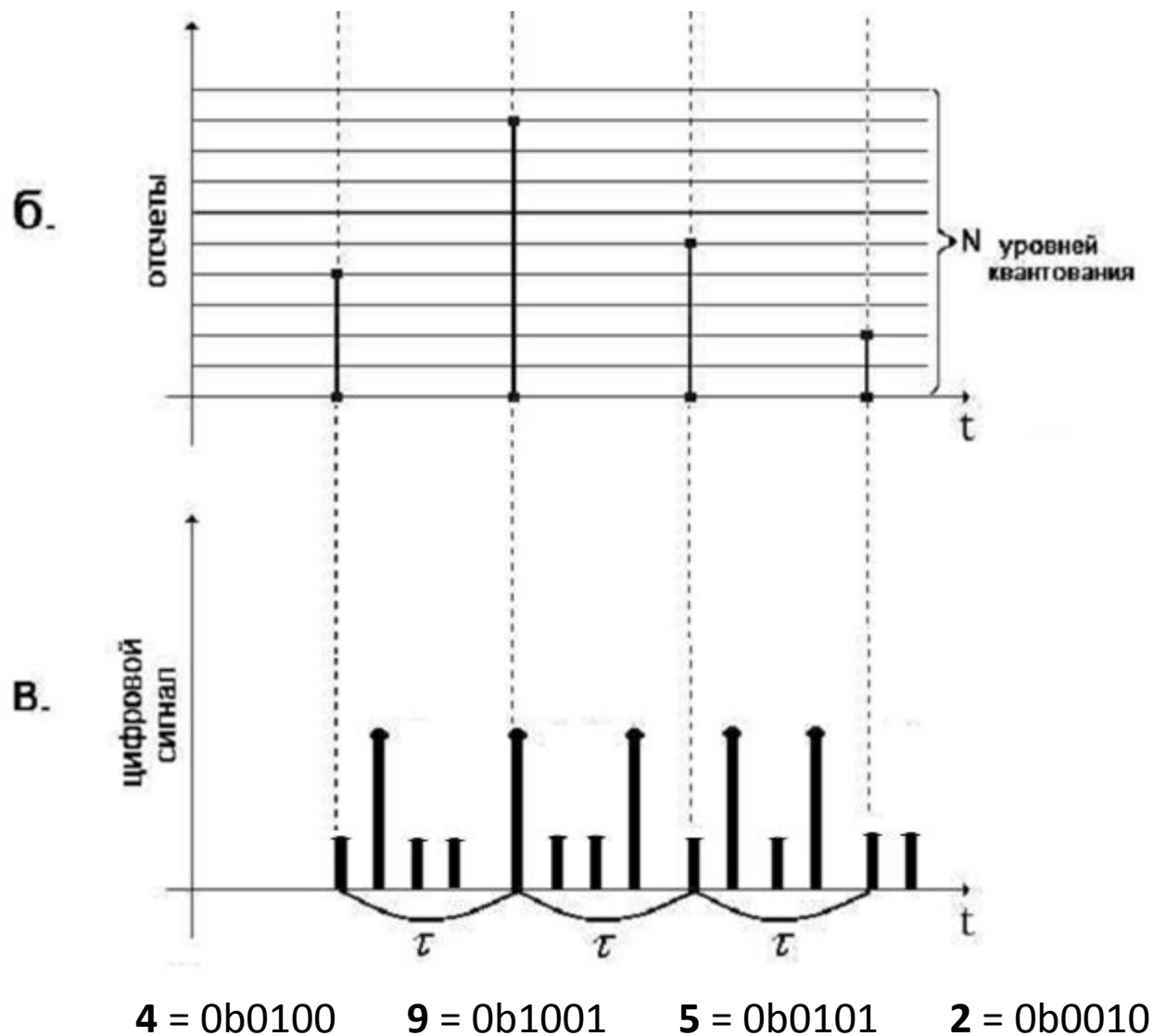
Дискретные и непрерывные сигналы



Теорема Котельникова (Найквиста - Шеннона)

$$f > 2f_c$$

Дискретные и цифровые сигналы



Определение понятия «информация»

«Информация» – величина, описывающая организованность, порядок в физической, химической, биологической, социальной и т. п. системах материальных тел.

Одно из удачных определений (правильнее говорить, объяснений) понятия «информация» предложено Л. Бриллюэном.

Допустим, в исходном положении физическая система имеет P_0 равновероятных состояний. Если о состоянии данной системы получены дополнительные сведения, то есть получена некоторая информация, при описании свойств физической системы число ее возможных равновероятных состояний уменьшается до величины P_1 .

При этом величина I полученной информации, по определению, равна

$$I = k \ln P_0 - k \ln P_1$$

Коэффициент k определяет выбор единиц измерения информации.

При $k = 1$ размерность информации называют «нат»,
при $k = 1 / \ln 2$ - «бит».

$$\text{бит} [\quad] = P_0 \quad P_1$$

Определение понятия «информация»

Скорость передачи информации

В чем измеряется скорость передачи информации?

Скорость передачи информации

В чем измеряется скорость передачи информации?

Скорость передачи информации (**C**) - отношение объема **I** переданной информации и времени **T** передачи:

$$C_{инф} = \frac{I}{T} \text{ [бит / с]}$$

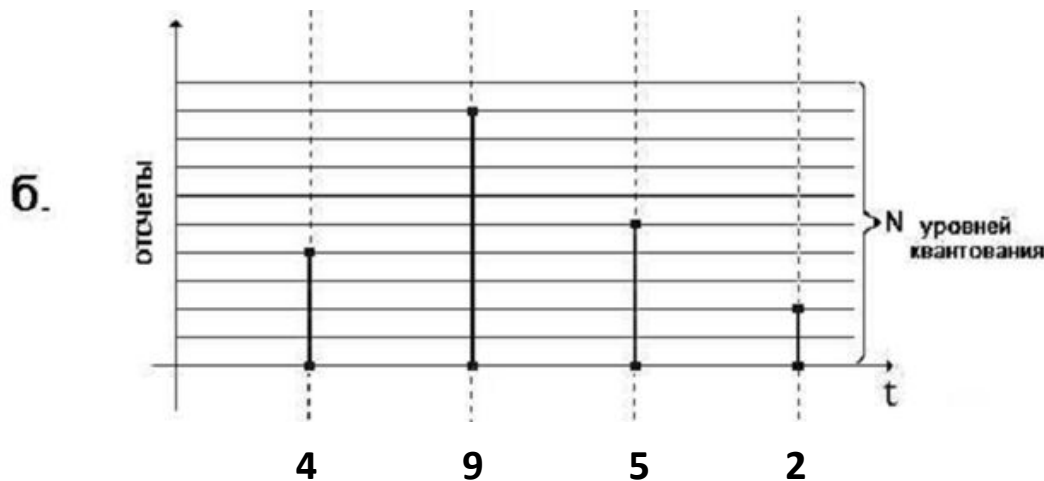
Скорость распространения оптического (электромагнитного) сигнала, содержащего информацию, равна скорости света:

$$C_{сигн} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ [м / с]}$$

Скорость передачи информации

Скорость C передачи информации равна отношению объема I переданной информации и времени T передачи:

$$C = \frac{I}{T} \text{ [бит / с]}$$



Скорость растет с увеличением количества информации в одном сообщении и с уменьшением его длительности.

Домашнее задание

1. Теорема Котельникова
2. Определение понятий:
 - Спектр
 - Дифракция
 - Рефракция
 - Интерференция

Литература

1. Любой учебник по оптике

Например. Ландсберг Г. С. Оптика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.

2. Дмитриев А. Л. Оптические системы передачи информации. СПб. 2007.