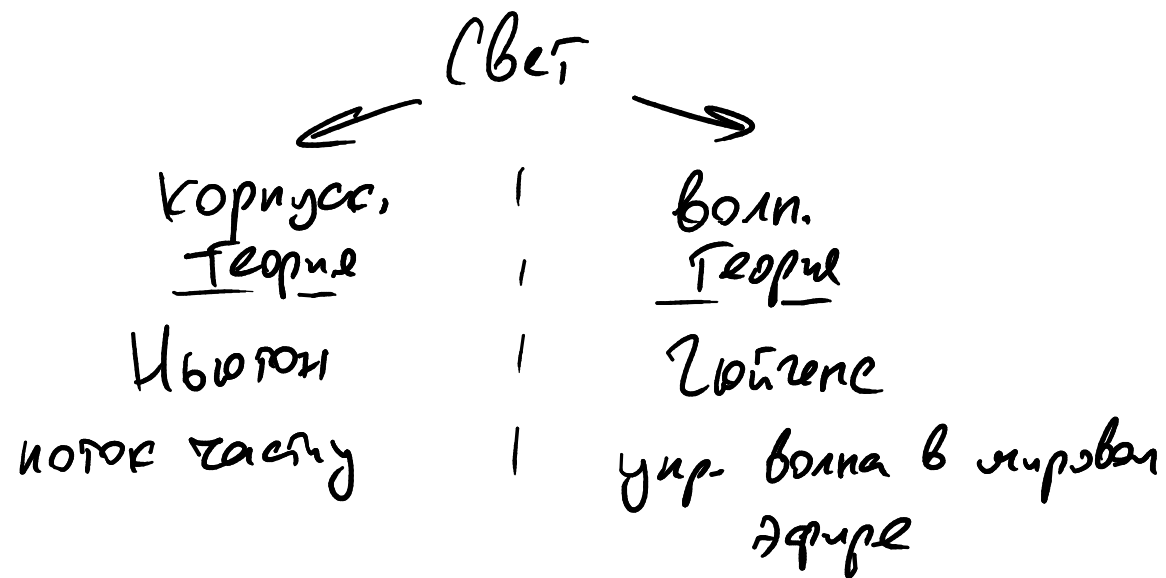


# Глава 2. Световая волна

## 2.1. Природа света

Конеч. 17в



Начало 19в

Френель на осн. волн. теории описал все известные на то время данные.

196 - Максвелл - э/м теория - э/м волны

Л. Герц - эксл. обнаружил э/м волны.

Фотоэфф., изл абс. терм. тем.  $\Rightarrow$  свет как поток фотонов.

Эйнштейн.

$\Rightarrow$  корпускулярно-волновой дуализм.

# Шкала э/м волн.

## Диапазон

Излучение	Длина волны.	Энергия фотона
радиоволны	$> 1 \text{ мм}$	$< 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ эВ}$
ИК	$760 \div 10^6 \text{ нм} = 1 \text{ мм}$	$1,2 \cdot 10^{-3} \div 1,6 \text{ эВ}$
Видимый свет	$380 \div 760 \text{ нм}$	$1,6 \div 3,2 \text{ эВ}$
УФ	$12 \div 380 \text{ нм}$	$3,2 \div 100 \text{ эВ}$
Рентген	$0,0012 \div 12 \text{ нм}$	$100 \div 1 \text{ МэВ}$
гамма	$< 0,0012 \text{ нм}$	$> 1 \text{ МэВ}$

Изл. Солнца :

Диапазон $\lambda$ , мкм	$E_{\text{изл}}$ , %
0,3 ÷ 0,4	5
0,4 ÷ 0,75	52
0,75 ÷ 2,3	43

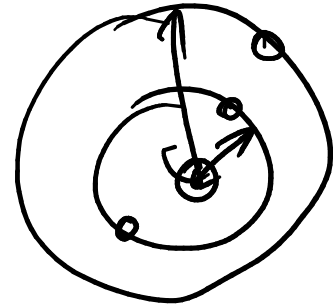
$$\lambda_{\text{max}} = \underline{555 \text{ мкм}}$$

$$T = \underline{300 \text{ К}}$$

## 2.2. Скорость света

1676г. Рёмер. Из наблюдений за  
спутниками Юпитера

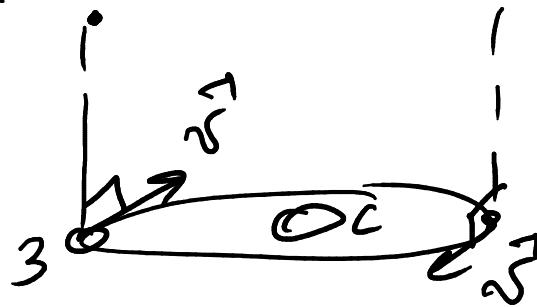
$$c = 215000 \text{ км/с}$$

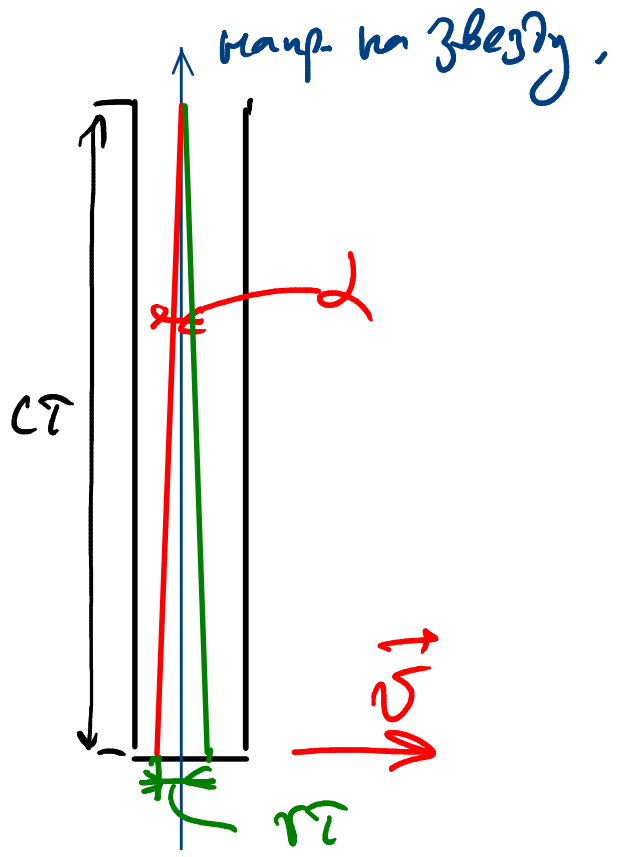


$30 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

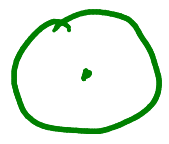
Изменение расположения звезд из-за движения Земли —  
— абберрация света.

1727г. Бредли.





$\Sigma$  - время нахождения света в реакции.

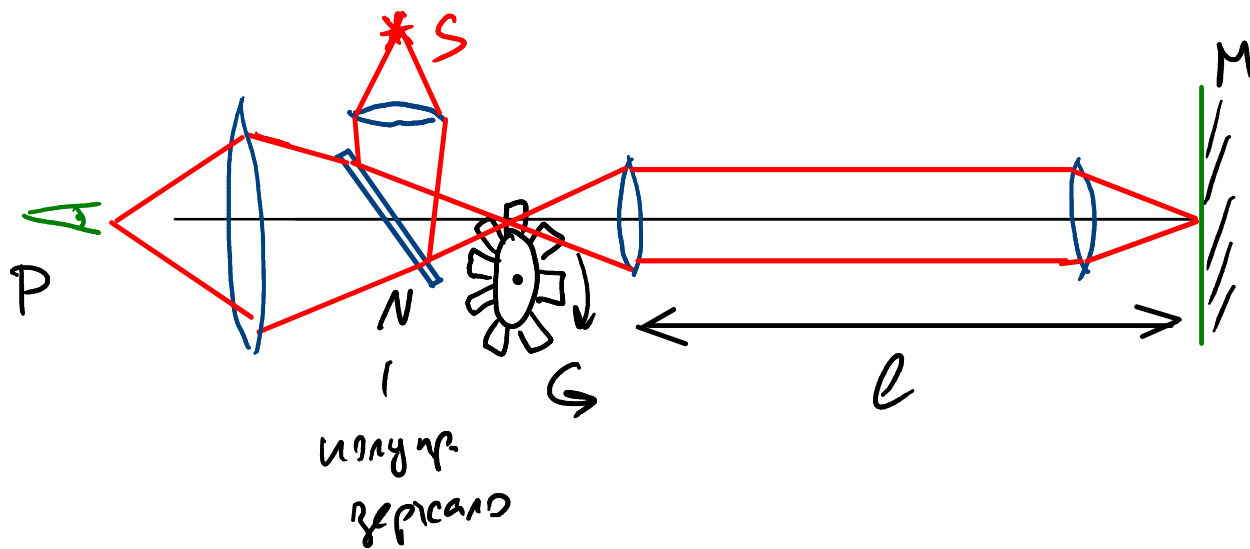


$$\Rightarrow \underline{2\alpha} = \underline{40,9''}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{v\Sigma}{c\Sigma} = \frac{v}{c};$$

$$c = \frac{v}{\text{tg } \alpha} \doteq \underline{303000 \text{ км/с}}$$

1849г. Физо.



$$l = 8,6 \text{ км}$$

Свет:

$$S \rightarrow N \rightarrow G \rightarrow \bar{M}$$

$$\rightarrow M \rightarrow \bar{G} \rightarrow G \rightarrow N$$

$$\rightarrow P$$

Свет излучается на  $G$  - щель - сигнал.

Сигнал идет туда и обратно и есть вариант:

попадает на щель - видно сигнал

зуделу - сигнал не

За време  $\tau = \frac{2l}{c}$  колесо обернётся на  $\Delta\varphi = \omega \cdot \tau = \frac{2l\omega}{c}$

Если  $Z$  - число зубцов

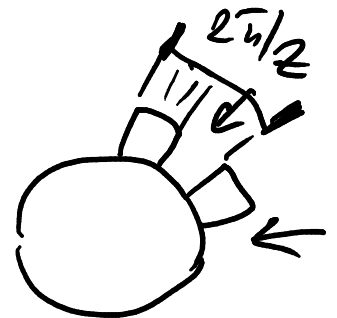
$\Rightarrow$  первое затмение;  $\Delta\varphi_1 = \frac{1}{2} \frac{2\pi}{Z}$

второе;  $\Delta\varphi_2 = \frac{3}{2} \frac{2\pi}{Z}$

и т.д., усл.  $k$ -го затмение;  $\frac{2l\omega k}{c} = \frac{(k - \frac{1}{2}) 2\pi}{Z}$

$\Rightarrow$  Знае  $\omega_1, \omega_2, \dots$ ,  $l, Z \Rightarrow$

$c = 313\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$





Совр. знач. с.к. света:  $c = \underline{299\,792,5 \pm 0,3 \text{ км/с}}$

## 2.3. Фото метрич. поглед и волниност

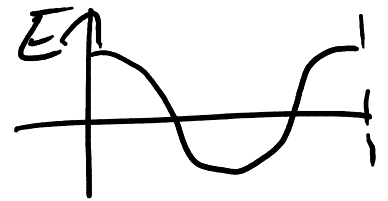
Физ. прибори и глаз човека регистр. ср. знач.  $\vec{E}, \vec{H}$

$$\text{НО } \langle \vec{E} \rangle = 0; \langle \vec{H} \rangle = 0$$

$\Rightarrow$  просекните резултативен - зависи

$\stackrel{\text{интензивност}}{=} \langle S \rangle \sim E^2$

од  $\langle E^2 \rangle$

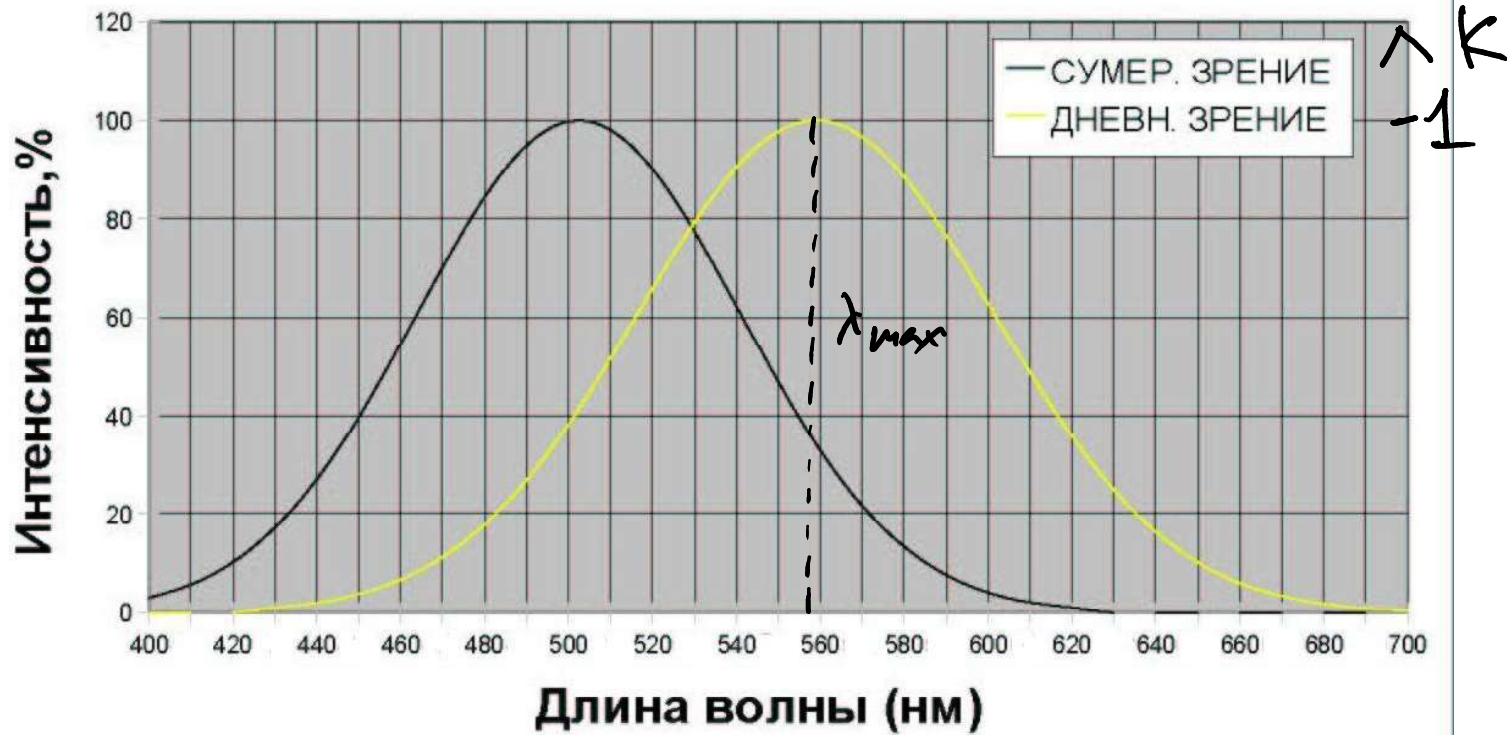


Т.е. глаз и прибори измерево енергија.

Свет, ощущение цвета: 1) энергия — называем в  
        близкой окрестности  
2) частота/длина волны — цвет

Зубовит, среднее норм. чел. глаза к свету с длиной  $\lambda$   
хар-зуется кривой видности (отн. свет. эффективность)

Кривая видности для дневного и сумеречного зрения



$$K(\lambda_{max}) = 1; \quad \lambda_{max} = 555 \text{ нм (зел.)}$$

# Величины

## Энергетические

мощность изл-я  $P = \frac{dW}{dt}$

$dW$  - энергия, изл. за  $dt$

спектральная плотность мощности изл-я

$$P_\lambda = \frac{dP}{d\lambda};$$

$dP$  - мощность, изл. в интервале длин волн  $\lambda \rightarrow \lambda + d\lambda$

Связь:

$$P = \int_0^\infty P_\lambda d\lambda$$

## Фотометрические

Световой поток  $\Phi_v$   $[\Phi_v] = \text{лм}$

Спектр плотн. св. потока люмен.

$$\Phi_{v\lambda} = P_\lambda \cdot V(\lambda)$$

$$V(\lambda) = V(555 \text{ нм}) \cdot K(\lambda)$$

- (абс.) ф-я видности

$$\Rightarrow \Phi_v = V(555) \int_0^\infty K(\lambda) P_\lambda d\lambda$$

Энерг. сила изл-я  $I_{(e)} = \frac{dP}{d\Omega}$

- мощность, излучаемая в элем. телесного угла  $d\Omega$  по отн. к  $d\Omega$

Спектр плотн. энергии  
силы излучения

$$I_{\lambda} = dP_{\lambda} / d\Omega$$

- сила изл-я в интервале  $\lambda \div \lambda + d\lambda$

Для плоской исп. изл-я, равномерн. по всем напр.  $I = I_0 = \text{const}$

$$P = \int I d\Omega = \underline{4\pi I_0}$$

Сила света  $I_V = \frac{d\Phi_V}{d\Omega}$

$[I_V] = \text{kg}$  (кандела)

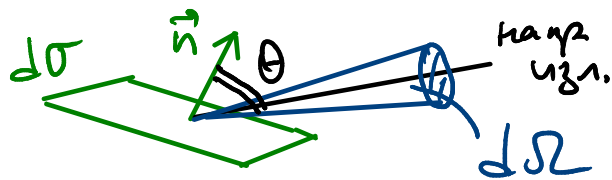
1 kg - сила света, изл.  $\perp$ -но пов-сти черного излучателя с площадью  $\frac{1}{6} \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$  при  $T = 2045 \text{ K}$  ( $T_{\text{пл}} P_{\text{т}}$ ) и  $p = 101325 \text{ Pa}$ .

$$\Rightarrow 1 \text{ kg} = \text{kg} \cdot \text{sr}$$

Спектр. плотн. силы света:

$$I_{V\lambda} = \frac{d\Phi_{V\lambda}}{d\Omega} = V(\lambda) I_{\lambda} = V(\lambda) \frac{dP_{\lambda}}{d\Omega}$$

$$V(555 \text{ нм}) = 683 \text{ лм/Вт}$$



Проекция  $d\sigma$  на напр-е изл-е:  
 $d\sigma' = d\sigma \cdot \cos \theta$

⊙  $B=L$

Энергетич. яркость

$$L = \frac{dI(\nu)}{d\sigma'} = \frac{dP}{d\Omega d\sigma \cos \theta}$$

Спектр. яркость:

$$L_\lambda = \frac{dP_\lambda}{d\Omega d\sigma \cos \theta}$$

Изл-е с элем. ков-см  $d\sigma$   
 в напр-и  $\theta$  в элемент тел.  
 угла  $d\Omega$ .

Яркость  $L_\nu = \frac{d\Phi_\nu}{d\Omega d\sigma \cos \theta} = \frac{dI_\nu}{d\sigma'}$

Спектр. яркость:  $L_{\nu\lambda} = \frac{d\Phi_{\nu\lambda}}{d\Omega d\sigma \cos \theta}$

$$L_\nu d\sigma = \text{const} = (dI_\nu)_0$$

$$\Rightarrow \boxed{dI_\nu = (dI_\nu)_0 \cdot \cos \theta}$$

Закон Ламберта

соотв-ст. - ламбертовский,

④  $R \equiv M$

Энергетическая светимость

$$R = \frac{dP}{d\sigma} = \int L \cdot \cos \theta d\Omega$$

Спектр. плотн. энерг. светимости

$$\Sigma_\lambda = \frac{dP_\lambda}{d\sigma} = \int L_\lambda \cos \theta d\Omega$$

Если  $L_\lambda = \text{const}$ , то

$$\Sigma_\lambda = L_\lambda \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^\pi \sin \theta \cos \theta d\theta =$$

$$= L_\lambda \cdot 2\pi \cdot \frac{1}{2} = \pi L_\lambda$$

$$R = \int_0^\infty \Sigma_\lambda d\lambda = \underline{\pi \cdot L}$$

Светимость:

$$R_V = \frac{d\Phi_V}{d\sigma} = \int L_V \cos \theta d\Omega$$

Спектр. плотн.

$$\Sigma_{V\lambda} = \frac{d\Phi_{V\lambda}}{d\sigma} = \int L_{V\lambda} \cos \theta d\Omega$$

Рассм. падение света  
на пов-сть:

Энерг. освещенность

$$E = \frac{dP}{dS} \text{ — пов-щ. мощн.}$$

Спектр. плотн.

$$E_\lambda = \frac{dP_\lambda}{dS}$$

Освещенность:

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dS};$$

$$E_{v\lambda} = \frac{d\Phi_{v\lambda}}{dS}$$

Световая экспозиция

$$dH_v = \underline{\Phi_v dt}$$