

Нормативные документы

- СНиП 23-05-95

«Естественное и искусственное освещение»

- СП 23-102-2003

«Естественное освещение

жилых и общественных зданий»

- СП 52.13330.2011 СВОД ПРАВИЛ

«ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ
ОСВЕЩЕНИЕ»

Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

Дата введения 2011-05-20

Нормативные документы

- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
«Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10
«Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
Изменения и дополнения 1
к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

СанПин 2.2.1/2.1.1.1076-01

Гигиенические требования
к инсоляции и солнцезащите
помещений жилых и общественных зданий и
территорий.

Архитектурно строительная светотехника

Использование
лучистой энергии
оптической области спектра
в строительстве и архитектуре

Оптическая часть спектра лучистой энергии

1 нм – 380-400 нм – ультрафиолетовое
излучение

380-400 нм – 760-780 нм – видимое излучение

760-780 нм – 1 мм – инфракрасное
излучение

Свет – излучение оптической области спектра, вызывающее зрительные реакции

Поток излучения, попадая в глаз, производит в нем ощущение света.

Световое ощущение – психо-физиологическое явление.

Глаз воспринимает лучистую энергию, соответствующую длинам волн
от 400 нм до 750 нм

Монохроматическое излучение –

однородное излучение,
характеризующееся узкой областью частот или длин волн,
которое может быть определено
одним значением частоты или длины волны

Однородное или одноволновое (монохроматическое) излучение
воспринимается глазом как свет того или иного **цвета**

Цвет – особенность зрительного восприятия, позволяющая наблюдателю
распознавать излучения, различающиеся по спектральному составу

Длины волн монохроматических излучений

Цвет	Длина волны, нм	Цвет	Длина волны, нм
Фиолетовый	450—380	Желтый	575—585
Синий	485—450	Оранжевый	585—620
Голубой	510—485	Красный	620—760
Зеленый	510—575		

Белый свет

Видимые излучения примерно одинаковой мощности
при совокупном действии
(совокупность монохроматических излучений)
воспринимаются глазом как **белый свет**

Дневной свет – сплошное и равномерное излучение
на всем видимом участке спектра

Световая среда

- совокупность излучений,
генерируемых источниками
естественного и искусственного света

Световая среда

воспринимается по распределению
света и цвета в пространстве

Скорость света. Частота колебаний

Скорость распространения света в вакууме

$$c = 2,997 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Скорость света в среде

обратно пропорциональна ее показателю преломления $\frac{c}{n}$

Длина волны излучения в среде $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$

где λ_0 - длина волны этого излучения в вакууме

Число полных колебаний в секунду (частота) $\nu = \frac{c}{\lambda_0}$

Соотношение длины волны и частоты колебаний света

$$\lambda = 400 \text{ нм} \quad \nu = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$\lambda = 750 \text{ нм} \quad \nu = 4,0 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

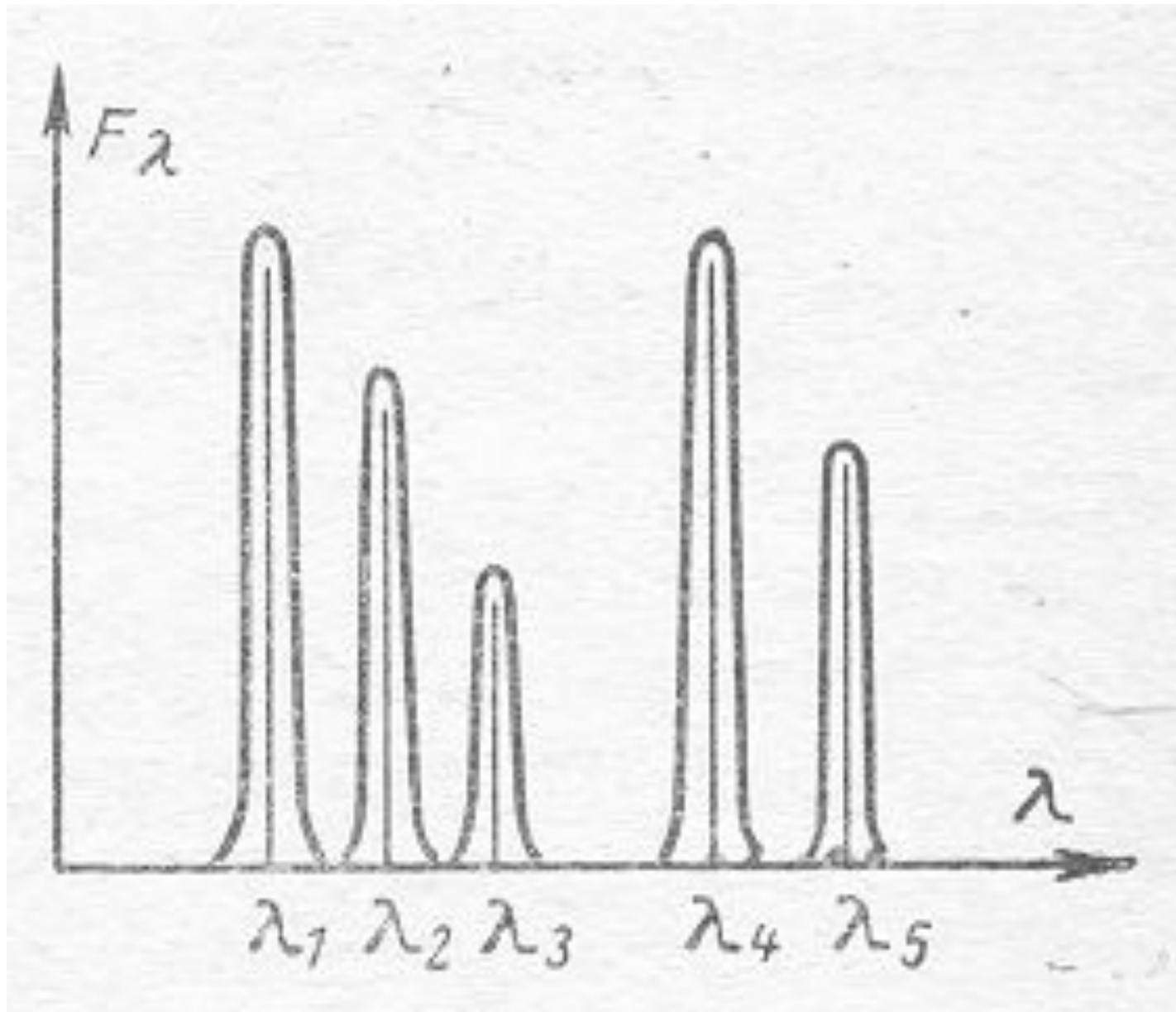
**Лучистый поток (поток излучения) –
мощность оптического излучения (Вт)**

$$F = \frac{dW}{dt}$$

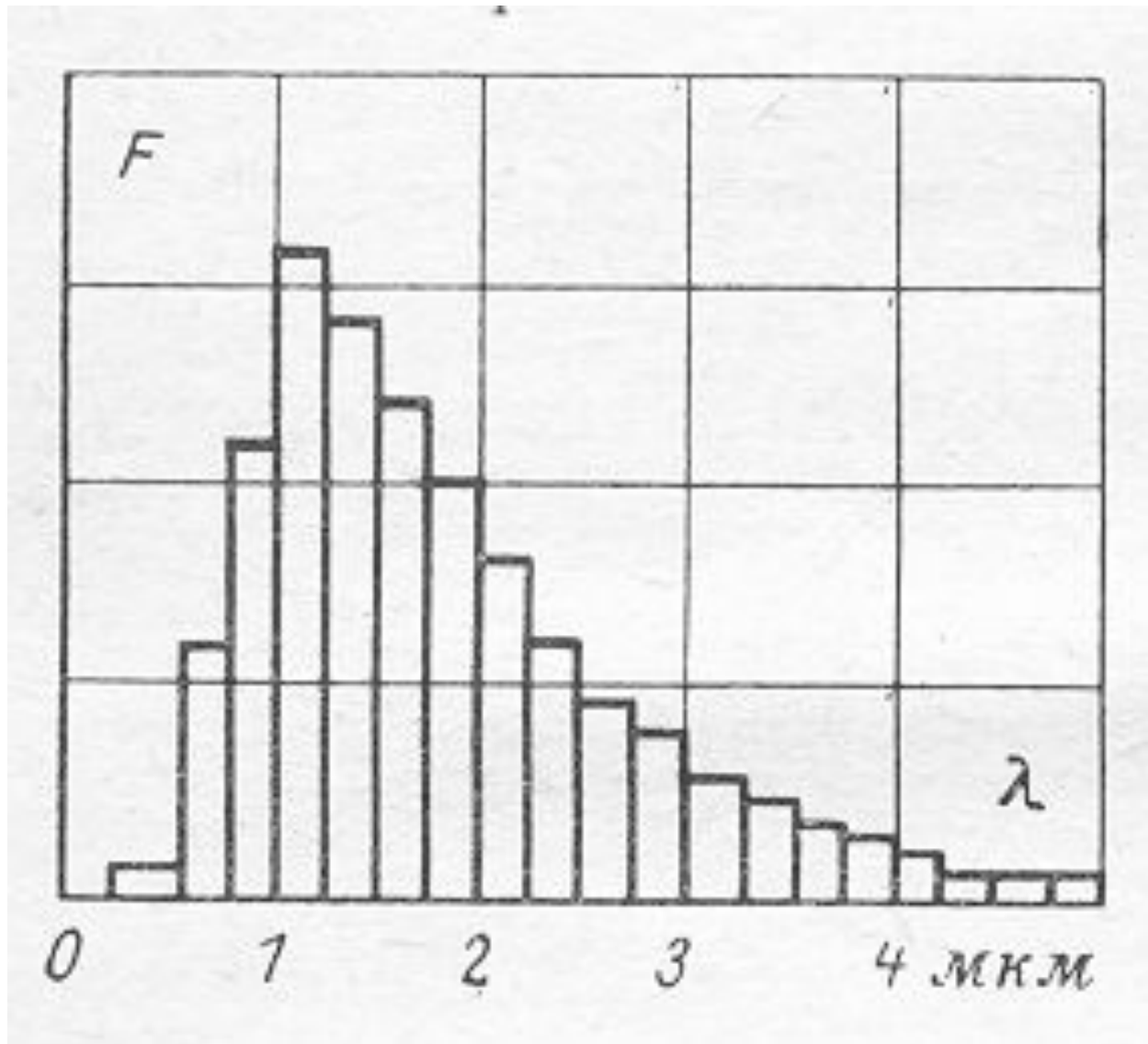
$$F_{cp} = \frac{W}{t}$$

W – энергия, испускаемая, передаваемая или получаемая
в виде
излучения.

Линейчатый спектр



Сплошной спектр



Спектральная интенсивность

При сплошном спектре излучения

распределение лучистого потока характеризуется
спектральной интенсивностью лучистого потока

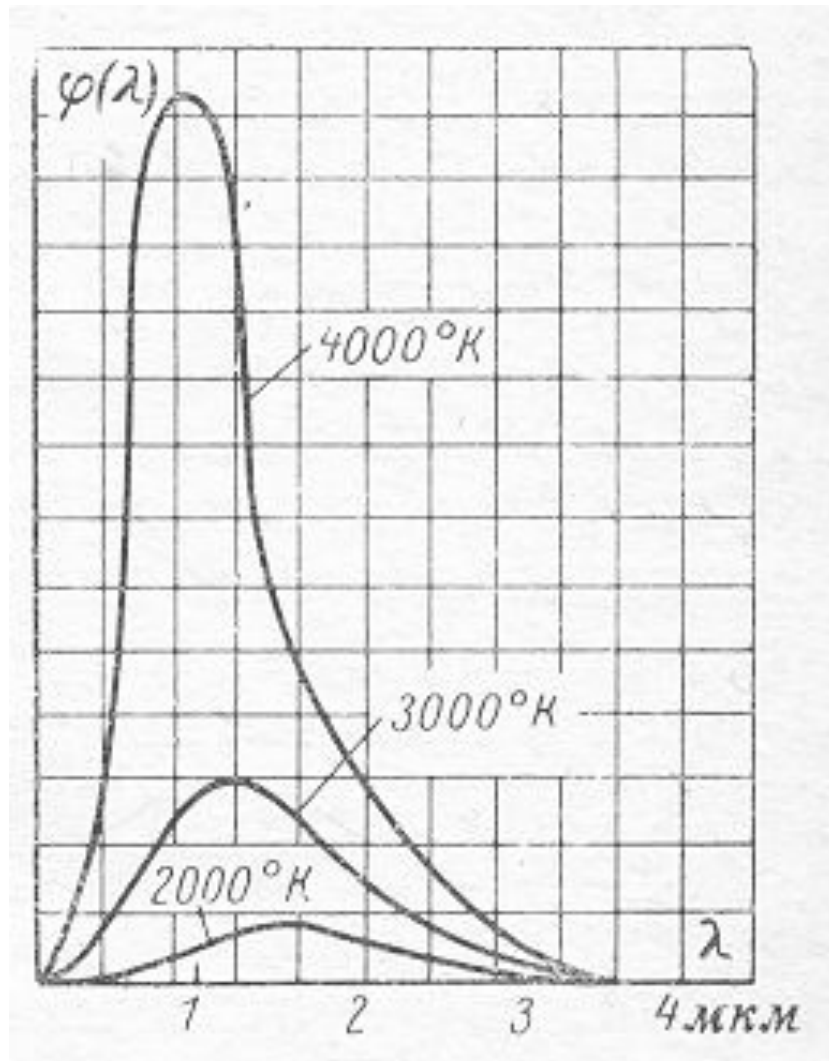
$$\varphi(\lambda) = \frac{dF_{\lambda}}{d\lambda}$$

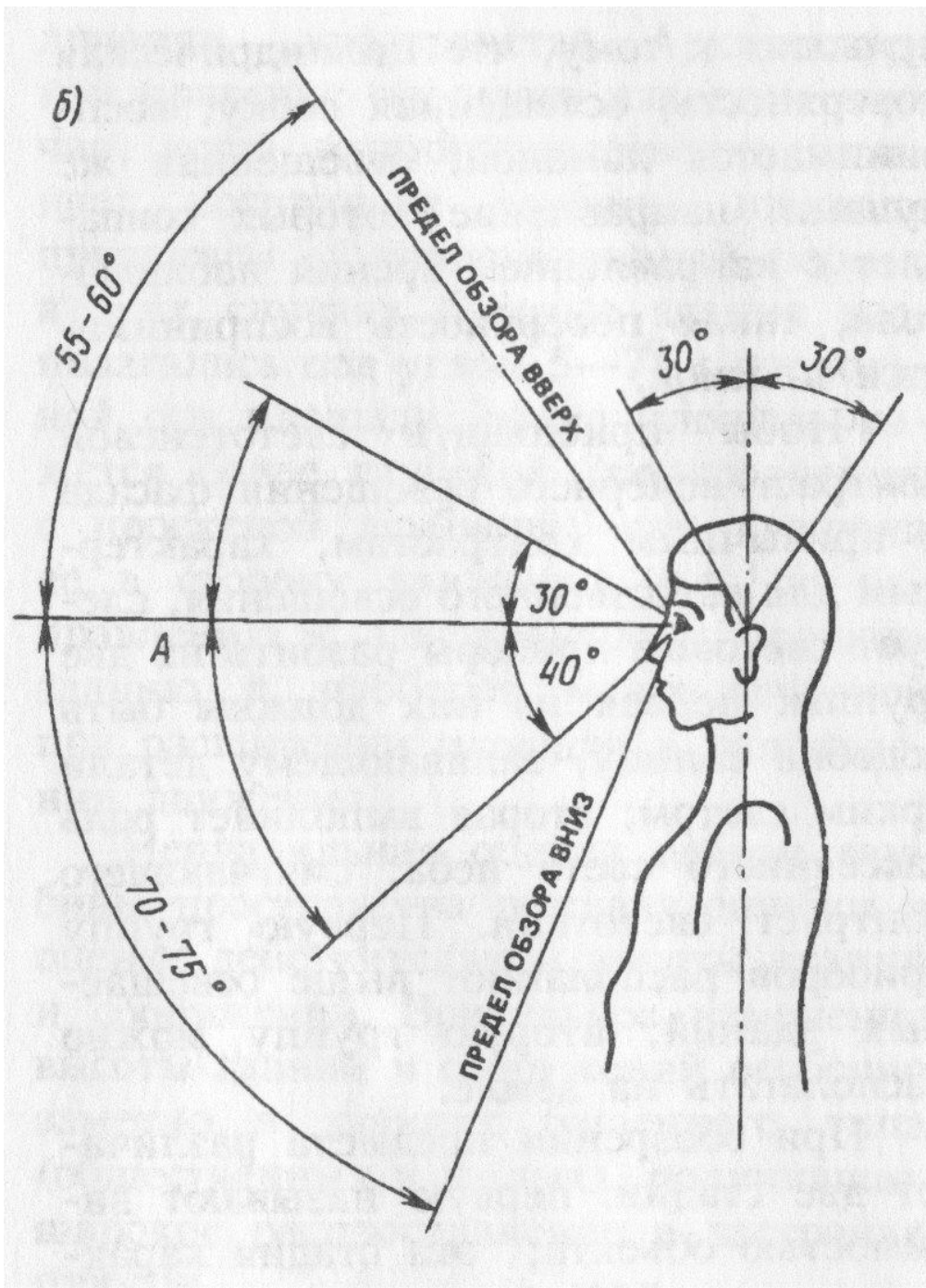
Лучистый поток

$$F = \int \varphi(\lambda) d\lambda$$

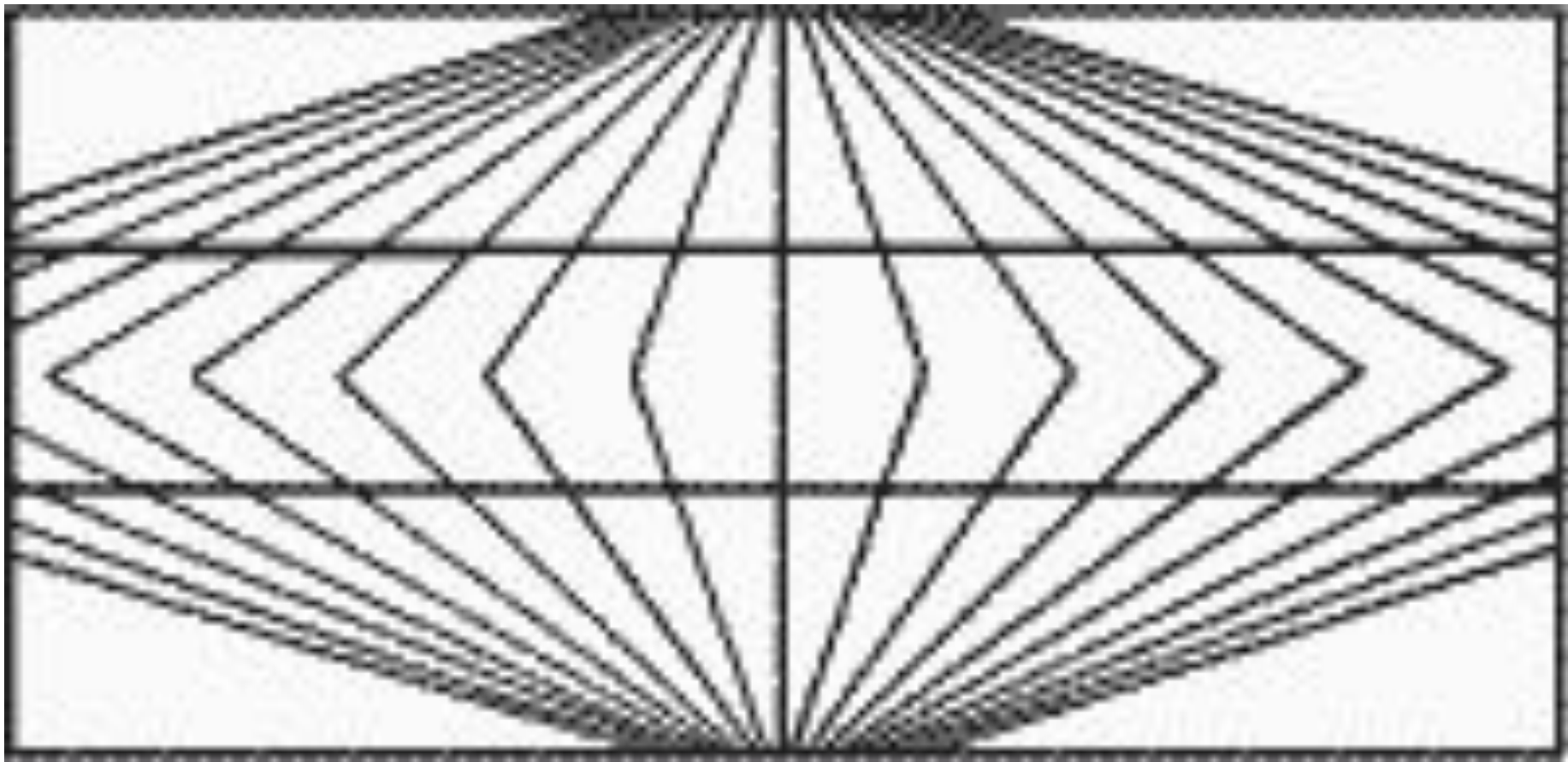
Кривые зависимостей спектральной интенсивности излучения

от длины волны для источников, имеющих различную температуру

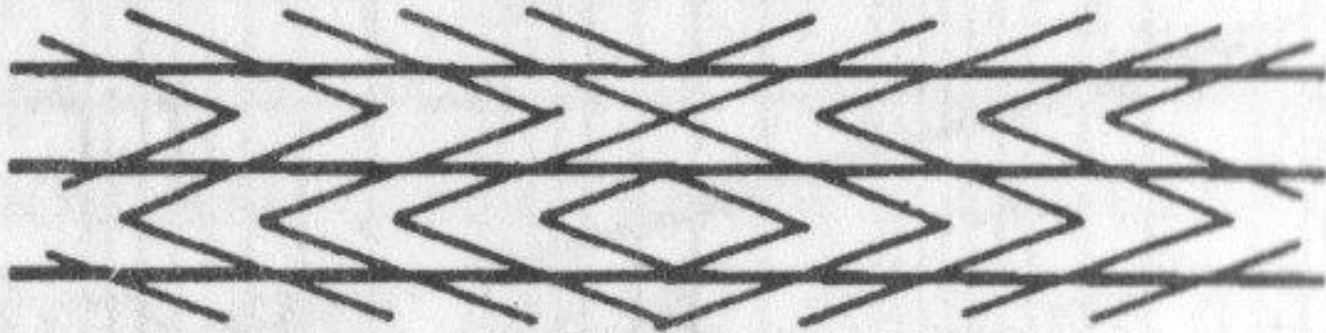
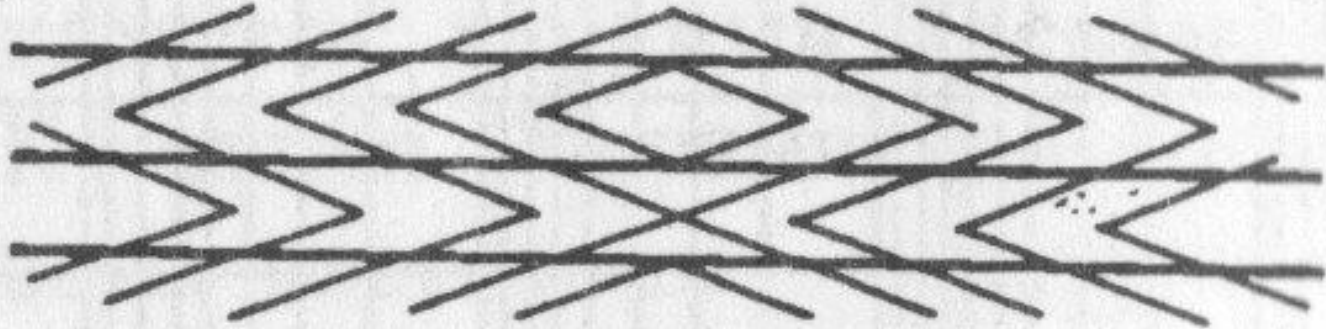


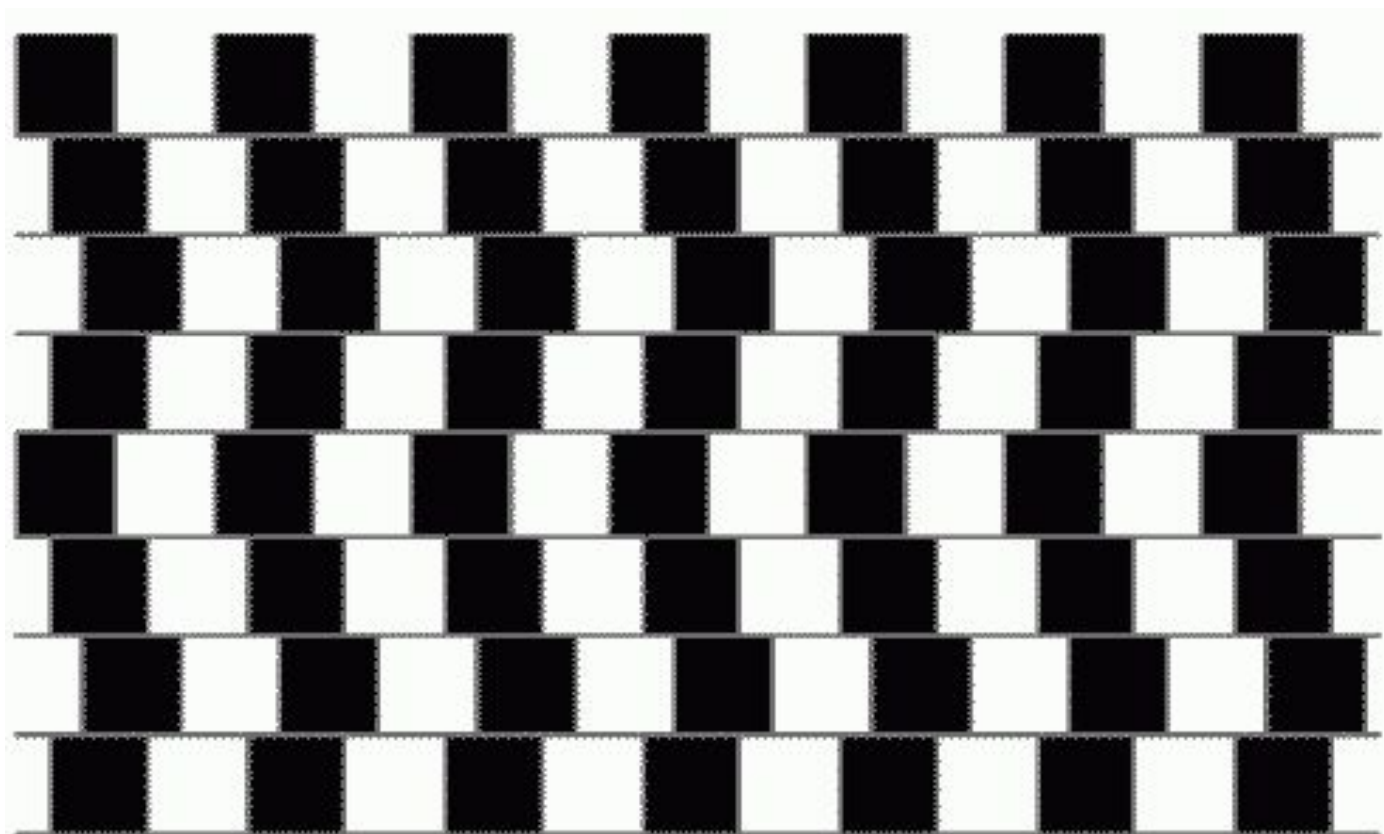


Иллюзия Вундта 1896

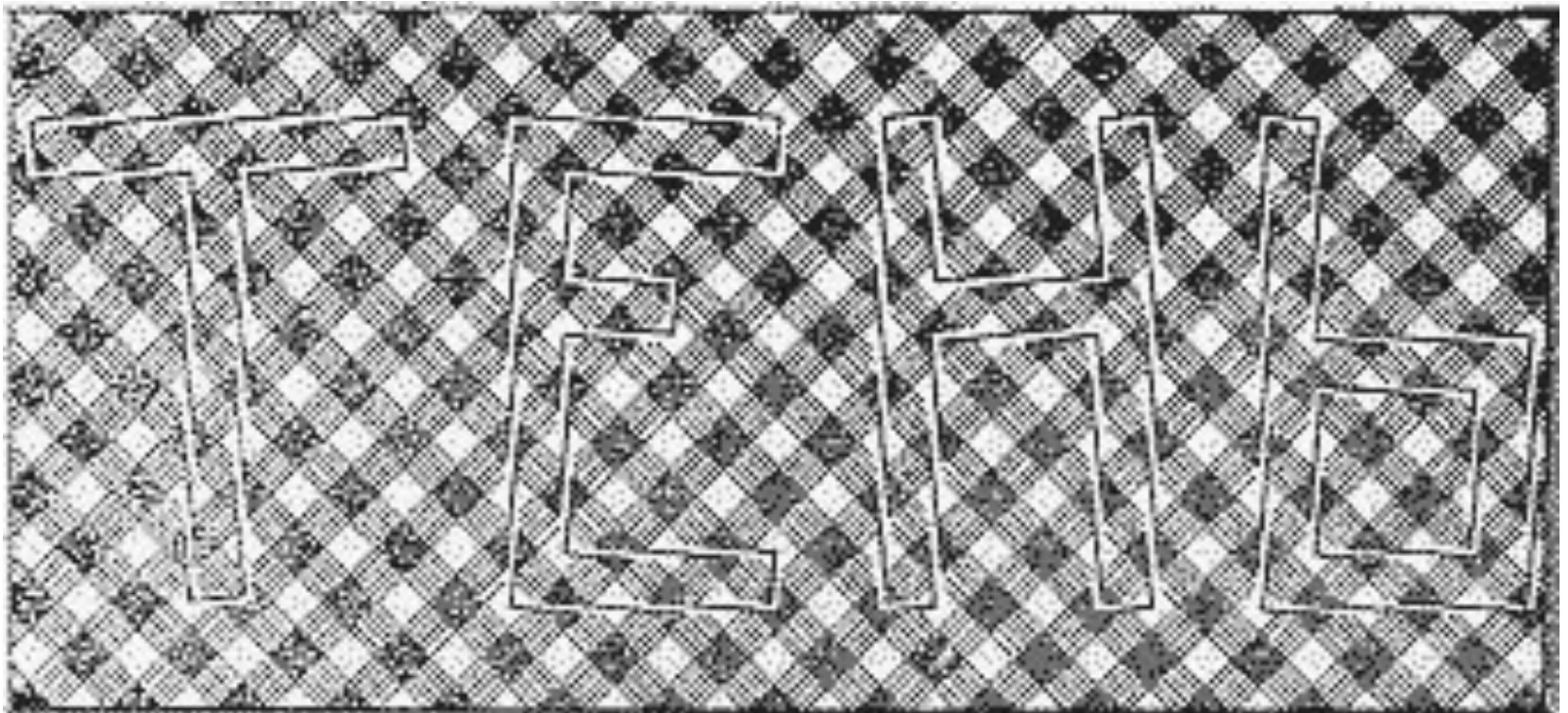


б)





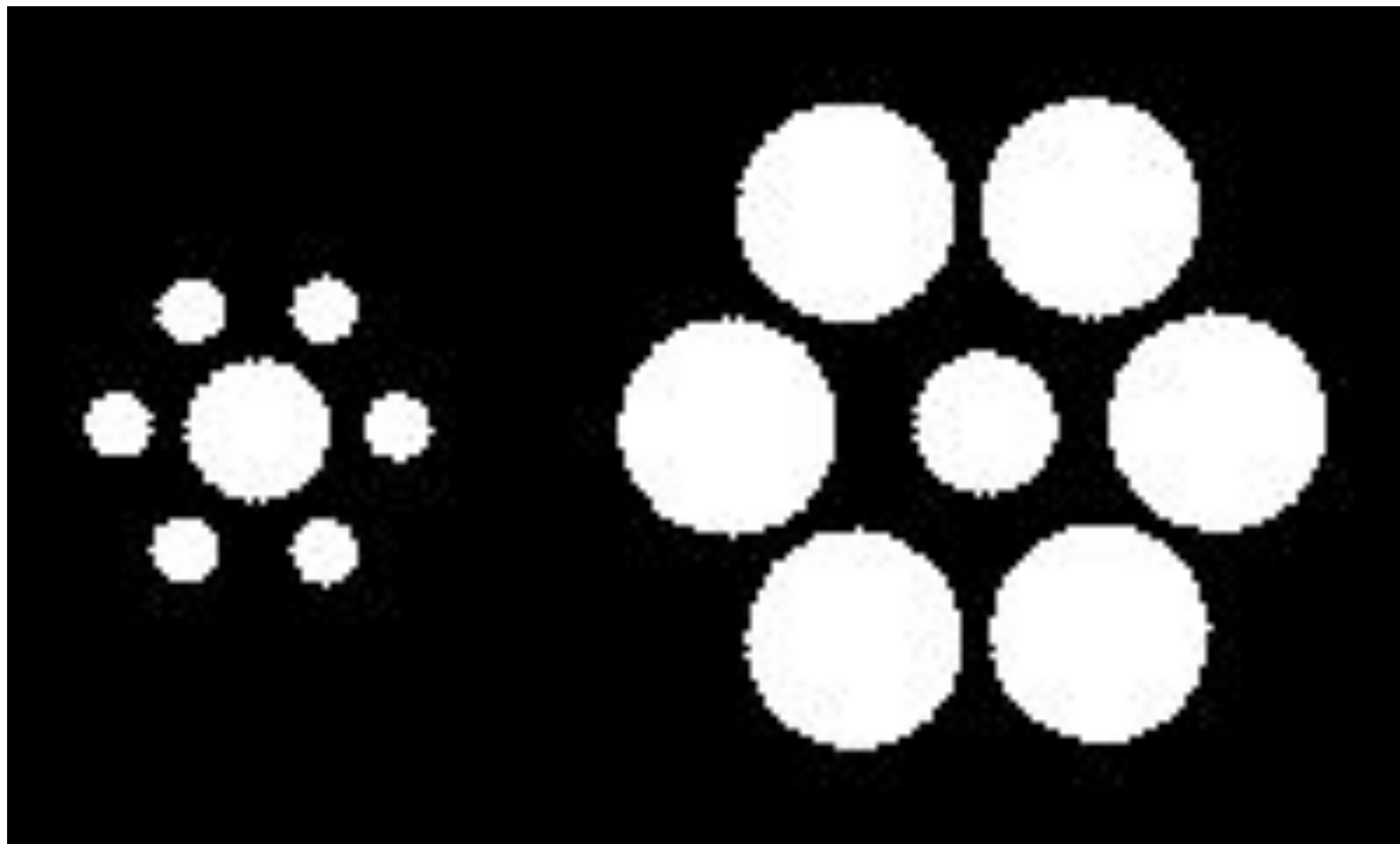
Иллюзия Перельмана
Буквы на самом деле параллельны друг другу



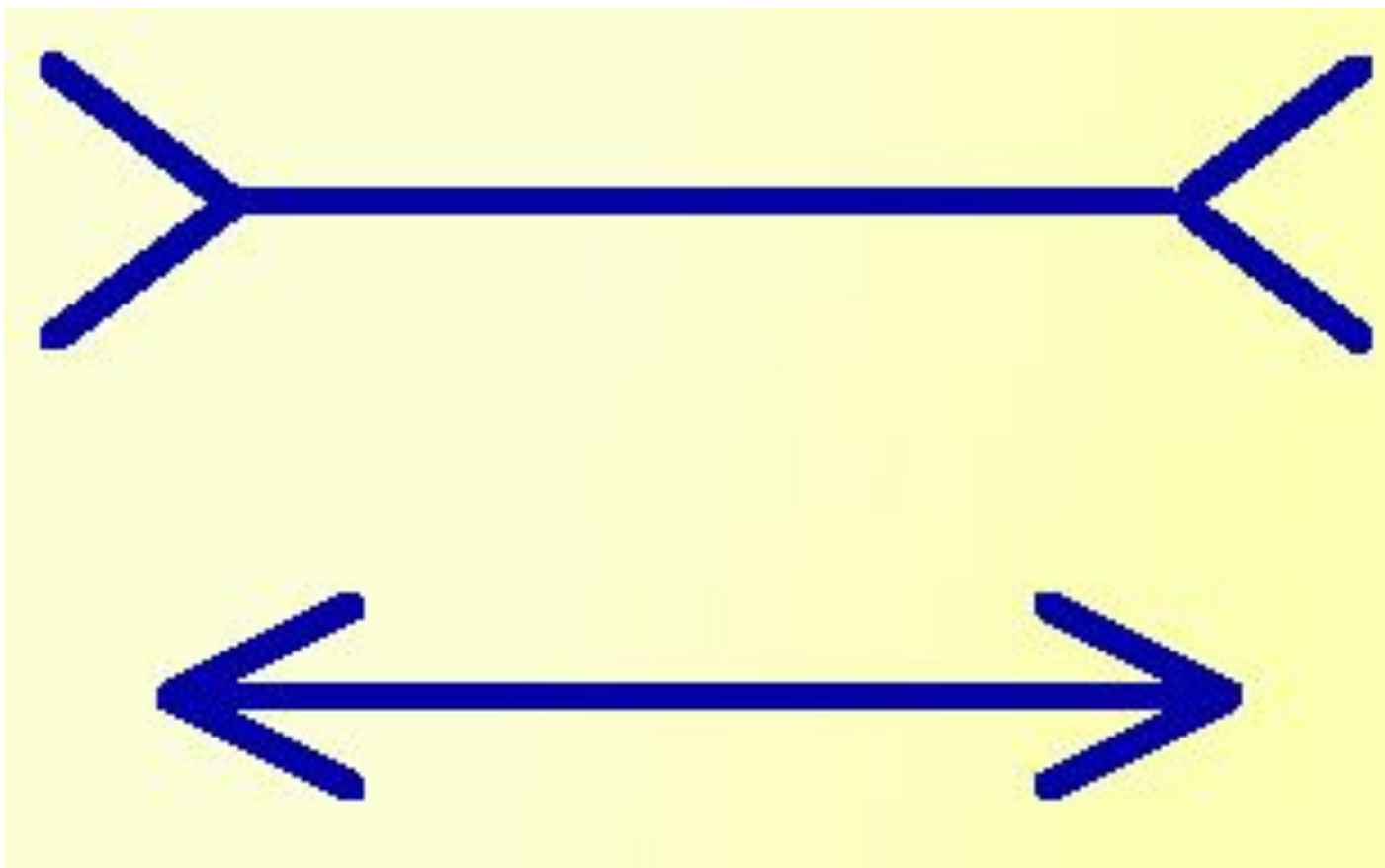
Явление иррадиации:
светлые предметы на темном фоне кажутся
увеличенными



Иллюзия Эббингауза 1902.

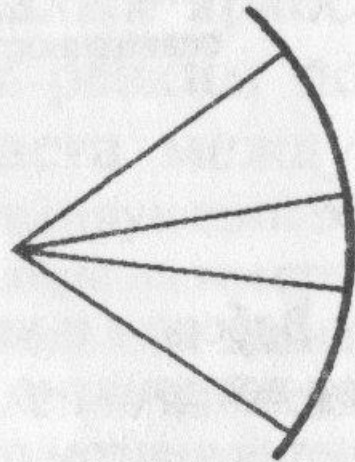
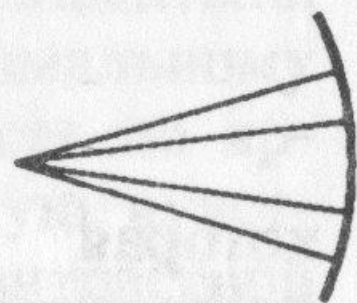


Иллюзия Мюллера-Лайера 1889
(перенесение свойств целой фигуры на ее
отдельные части)

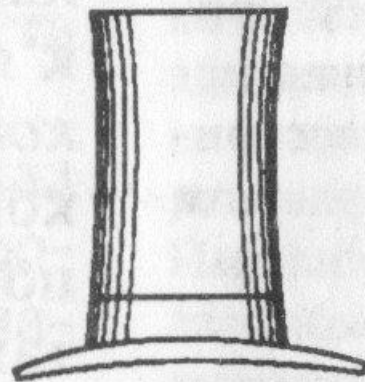


8)

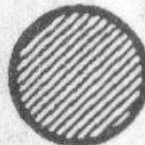
I

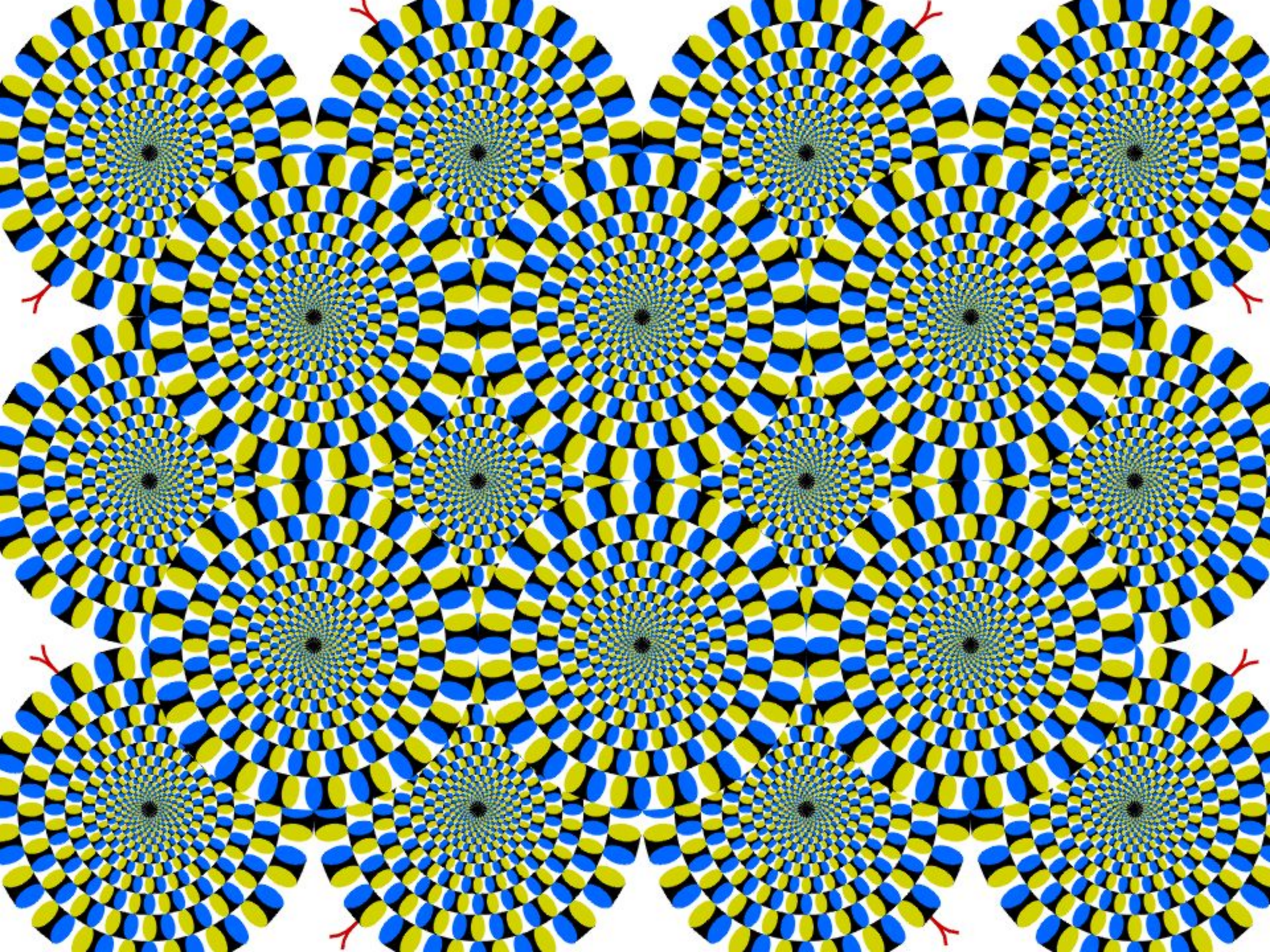


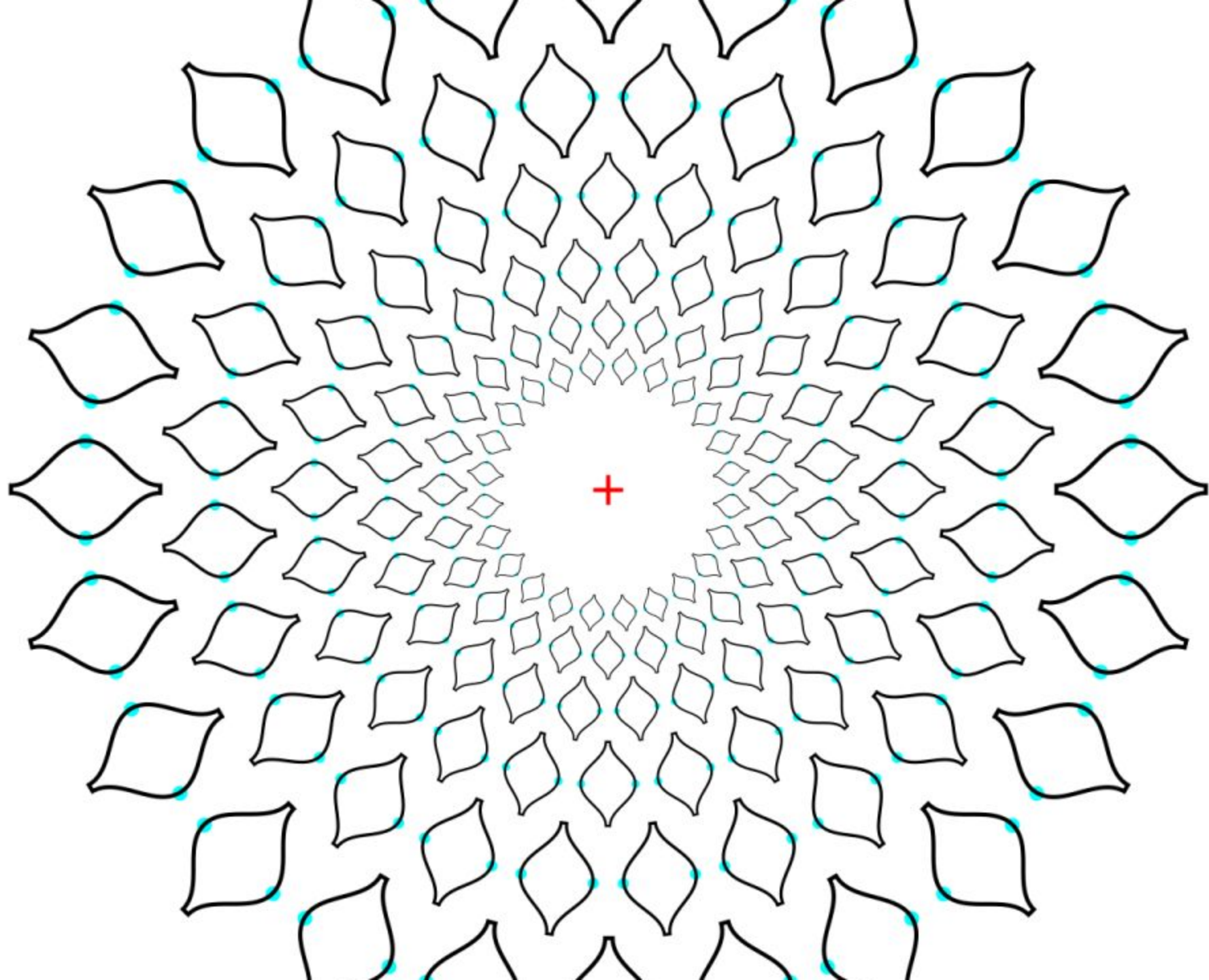
II

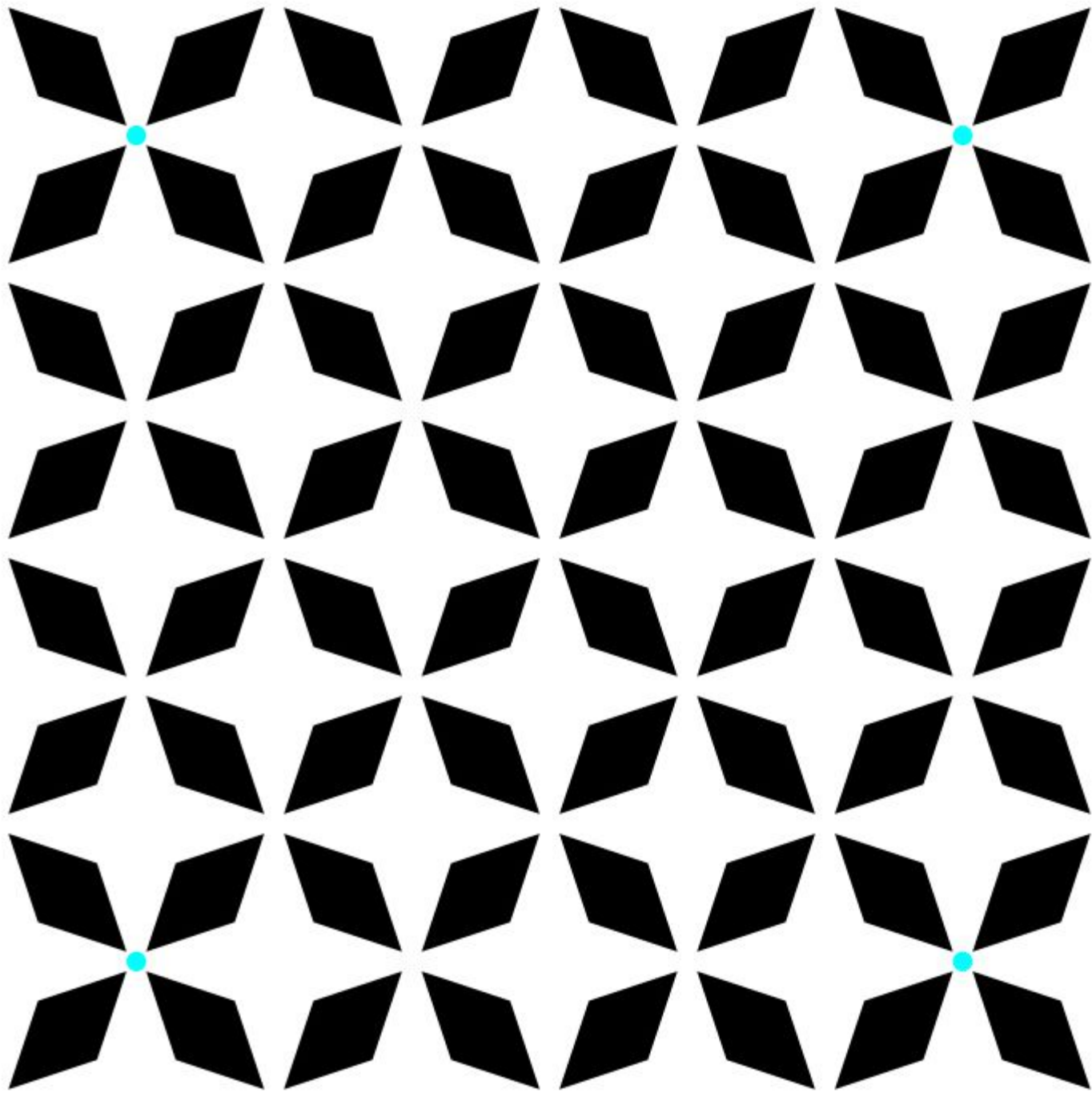


III

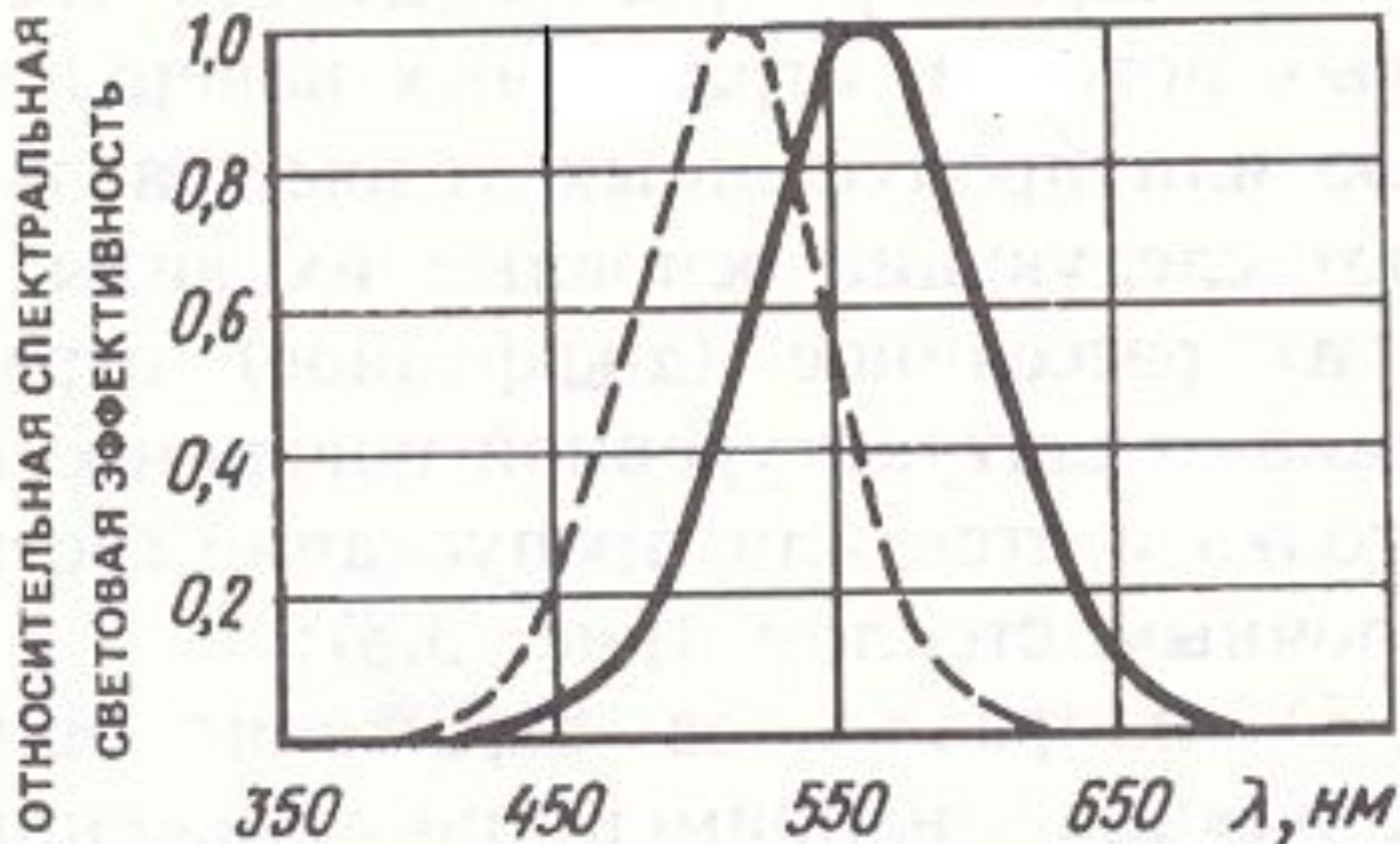








Спектральная чувствительность глаза характеризуется функцией относительной спектральной световой эффективности излучения



Световые величины

вводятся для описания и выражения

действия лучистой энергии на глаз,
на создание ощущения света,
которое **зависит от мощности лучистой энергии
и ее спектрального состава**

Световые единицы по своей природе

являются физико-психо-физиологическими,
используются только для видимого света

Световой поток -

поток лучистой энергии (лучистый поток),
оцениваемый по световому ощущению,
т.е. по действию на сетчатку глаза, спектральная чувствительность
которого определяется функцией относительной спектральной
световой эффективности излучения.

Световой поток характеризует мощность световой энергии.

1 лм – световой поток, излучаемый с поверхности
абсолютно черного тела площадью $0,5305 \text{ мм}^2$
при температуре затвердевания платины 2046 К

**Световой поток Φ_λ , соответствующий
монохроматическому излучению**

$$\Phi_\lambda = c k(\lambda) F_\lambda$$

F_λ — лучистый поток монохроматического излучения

$c = 683 \text{ лм/Вт}$ — коэффициент, учитывающий единицы измерения

$k(\lambda)$ — относительная спектральная световая эффективность излучения

$$\Phi_\lambda = 683 k(\lambda) F_\lambda$$

при $\lambda = 555 \text{ нм}$ и $F_\lambda = 1 \text{ Вт}$

имеем $k(\lambda) = 1$ и $\Phi_\lambda = 683 \text{ лм}$

Световой поток сложного излучения

$$\Phi = 683 (F_{\lambda_1} k(\lambda_1) + F_{\lambda_2} k(\lambda_2) + \dots)$$

$$\Phi = 683 \int k(\lambda) \phi(\lambda) d\lambda$$

Где $\phi(\lambda)$ – спектральная интенсивность лучистого потока

$$\phi(\lambda) = \frac{dF_{\lambda}}{d\lambda}$$

$$\Phi = 683 \int k(\lambda) dF_{\lambda}$$

dF_{λ} - лучистый поток в интервале длин волн от λ до $\lambda+d\lambda$

Световой поток,
соответствующий монохроматическому излучению

$$\Phi_{\lambda} = 683 F_{\lambda} k(\lambda)$$

F_{λ} – лучистый поток монохроматического излучения

$$\Phi_{\lambda} = 683 \text{ лм} \quad \text{при} \quad \lambda = 555 \text{ нм} \quad \text{и} \quad F_{\lambda} = 1 \text{ Вт}$$

Световой поток сложного излучения

$$\Phi = 683 (F_{\lambda_1} k(\lambda_1) + F_{\lambda_2} k(\lambda_2) + \dots)$$

$$\Phi = 683 \int k(\lambda) dF_{\lambda}$$

Световая энергия

Представляет собой

действие светового потока в течение некоторого времени

$$W = \int \Phi dt$$

Сила света источника в данном направлении –
пространственная плотность светового потока, т.е.

$$I = d\Phi / d\omega, \text{ кд}$$

$d\Phi$ – световой поток (лм), исходящий от источника
и равномерно распределенный внутри телесного
угла **$d\omega$** (ср), содержащего заданное направление

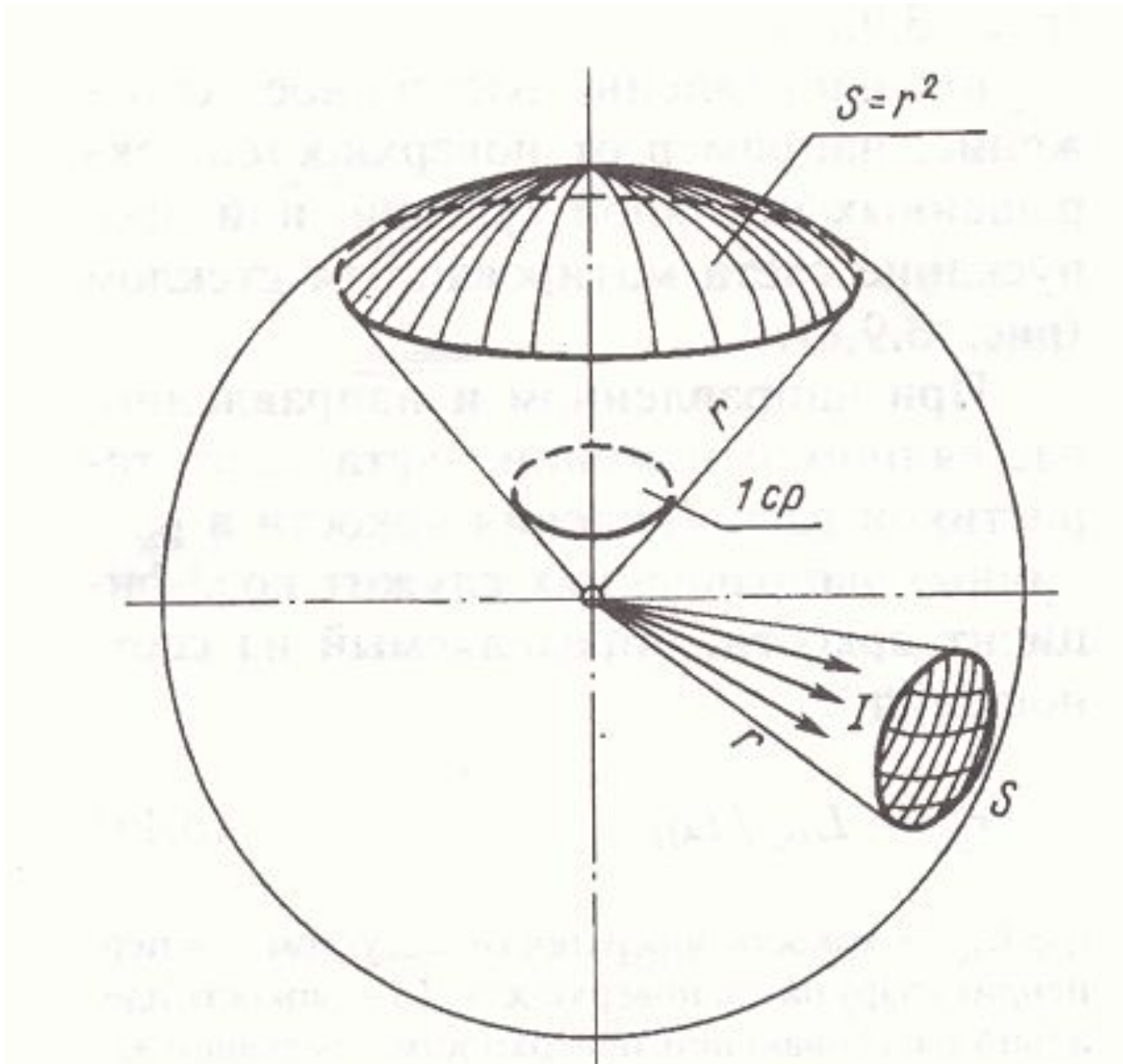
1кд – сила света, излучаемая

в перпендикулярном направлении
плоской поверхностью абсолютно черного тела
площадью 1,67 мм²
при температуре затвердевания платины 2046 К

Телесный угол

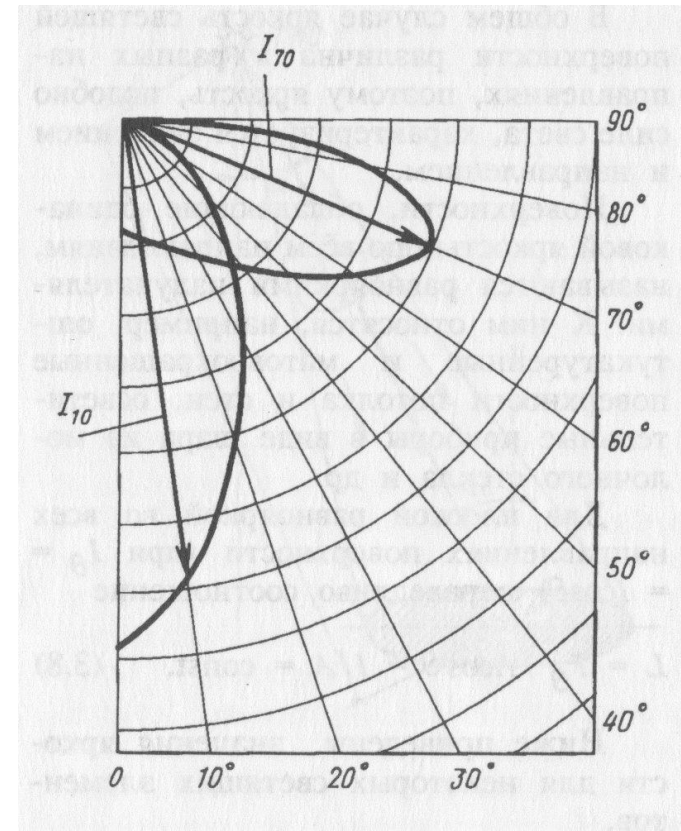
$$\omega = S / r^2,$$

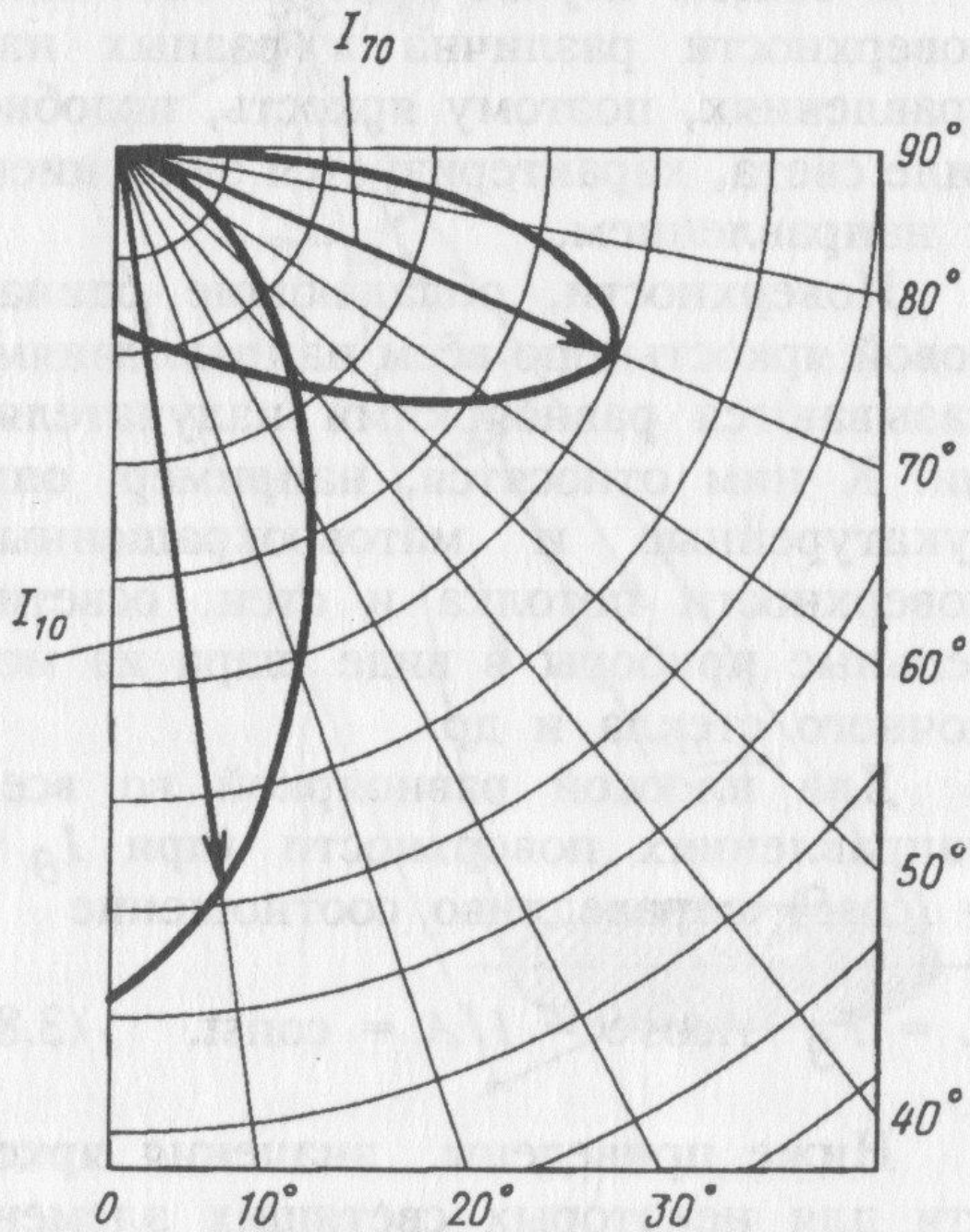
$$d\omega = dS / r^2$$



Кривые распределения СИЛЫ СВЕТА

строят в полярных координатах
для представления о распределении
светового потока, излучаемого источником,
в пространстве





Освещенность – поверхностная плотность
светового потока излучения,
падающего на поверхность, т.е.

$$E = d\Phi / dS, \text{ лк}$$

$d\Phi$ – световой поток (лм),
равномерно распределенный по поверхности
площадью **dS** (м^2)

Значения освещенности

на поверхности земли в лунную ночь – **0,2 лк**

на поверхности земли при высоком стоянии
солнца – **100 000 лк**

требуемая освещенность на поверхности
стола (для чтения) – **300 лк**

Если направление силы света от точечного источника перпендикулярно к поверхности, то **освещенность поверхности** равна силе света, деленной на квадрат расстояния от источника до поверхности

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad d\Phi = I \cdot d\omega$$

$$d\omega = \frac{dS}{r^2} \quad dS = d\omega \cdot r^2 \quad E = \frac{I}{r^2}$$

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad E = \frac{I \cdot d\omega}{d\omega \cdot r^2} = \frac{I}{r^2}$$

Закон квадратов расстояний

освещенность вдоль луча света изменяется

обратно пропорционально квадрату расстояния от источника света

$$E_1 = \frac{I}{r_1^2}$$

$$E_2 = \frac{I}{r_2^2}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$E = \frac{d\Phi}{dS}$$

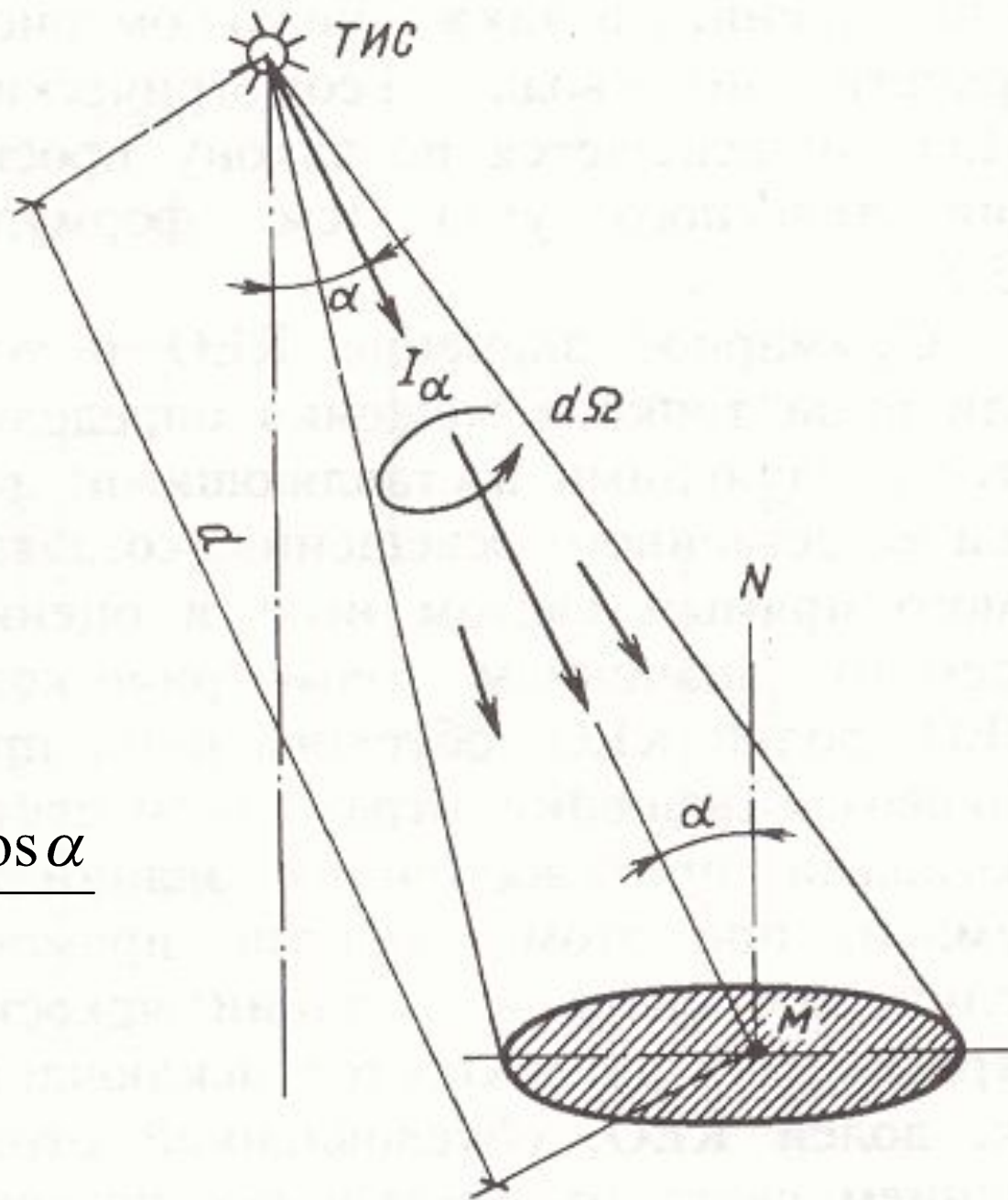
$$d\Phi = I_{\alpha} \cdot d\omega$$

$$d\omega = \frac{dS \cdot \cos \alpha}{r^2}$$

$$dS = r^2 \cdot \frac{d\omega}{\cos \alpha}$$

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot d\omega \cdot \cos \alpha}{r^2 \cdot d\omega} = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos \alpha}{r^2}$$

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos \alpha}{r^2}$$



Закон КОСИНУСОВ для освещения поверхности

с изменением наклона поверхности
по отношению к освещающему лучу
освещенность ее изменяется пропорционально косинусу угла
между перпендикуляром к поверхности и лучом света

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos \alpha}{r^2}$$

Закон аддитивности

Если на участок поверхности падают лучи от нескольких источников, **освещенность этого участка равна сумме освещенностей, созданных каждым источником в отдельности.**

Яркость – поверхностная плотность силы света
в заданном направлении, т.е.

отношение силы света в заданном направлении,
к площади проекции светящейся поверхности на плоскость,
перпендикулярную рассматриваемому направлению

$$B = I / S, \text{ кд/м}^2$$

$$B = I_{\alpha} / S \cos \alpha, \text{ кд/м}^2$$

S – площадь светящейся поверхности (м^2)

I – сила света, излучаемая в направлении,
перпендикулярном к поверхности (кд)

I_{α} – сила света, излучаемая в направлении α (кд)

$$B = \frac{dI_{\alpha}}{dS \cdot \cos \alpha} = \frac{d^2 \Phi}{d\omega \cdot dS \cdot \cos \alpha}$$

Яркость поверхности в данном направлении

- отношение светового потока,
идущего от поверхности к какой-либо точке на этом направлении,
к телесному углу, в котором он заключен,
и к площади проекции поверхности на плоскость,
перпендикулярную рассматриваемому направлению

$$B = \frac{dI_{\alpha}}{dS \cdot \cos \alpha} = \frac{d^2 \Phi}{d\omega \cdot dS \cdot \cos \alpha}$$

$$B = \frac{\Phi}{\omega \cdot S \cdot \cos \alpha}$$

Светящийся элемент

Яркость, кд/м²

Облачное небо в зените	
в полдень	7000—8000
Ясное небо в зените	
в полдень	2500—4000
Луна при полнолунии	2500
Пламя стеариновой свечи	5000—7500
Лампы ДРИ	
в светорассеивающей колбе	10^5
Ксеноновые лампы	$1,5 \cdot 10^6$ — $1,8 \cdot 10^9$
Солнце в зените	$1,5 \cdot 10^9$
Лампы накаливания	
(220 В, 100 Вт)	$(0,5—15) \cdot 10^6$
Люминесцентные лампы	5000—10000

Поверхности, яркость которых во всех направлениях одинакова называются **равнояркими (идеально матовыми)**

$$B_{\alpha} = B$$

$$\frac{dI_{\alpha}}{dS \cdot \cos \alpha} = \frac{dI}{dS}$$

$$dI_{\alpha} = dI \cdot \cos \alpha \quad I_{\alpha} = I \cdot \cos \alpha$$

Закон косинусов или закон Ламберта для светящихся или рассеивающих свет поверхностей

Сила света в каком-либо направлении
равна силе света в направлении перпендикуляра к поверхности,
умноженной на косинус угла
между перпендикуляром и рассматриваемым направлением

$$I_{\alpha} = I \cdot \cos \alpha$$

Светимость – поверхностная плотность
светового потока, излучаемого
равнояркими поверхностями, т.е.

$$R = d\Phi / dS, \text{ лм/м}^2$$

$d\Phi$ – световой поток (лм), излучаемый равнояркой
поверхностью площадью **dS** (м^2)

Связь светимости и яркости равнояркой
поверхности

$$B = \frac{R}{\pi}$$

Освещенность внутренней поверхности шара
в некоторой произвольной точке S

$$dE = \frac{dI_{\alpha} \cdot \cos \alpha}{l^2}$$

$$dI_{\alpha} = dI \cdot \cos \alpha = B \cdot dS_0 \cdot \cos \alpha$$

$$l = 2 \cdot l_0 \cdot \cos \alpha$$

$$dE = \frac{B \cdot dS_0 \cdot \cos^2 \alpha}{(2 \cdot l_0 \cdot \cos \alpha)^2} = \frac{B \cdot dS_0}{4 \cdot l_0^2}$$

- Здесь должна быть картинка, которую пока-что рисую на доске: элемент поверхности окружаем шаром, чтобы посчитать излучаемый световой поток

Световой поток,
испускаемый равнояркой поверхностью dS_0
и падающий на внутреннюю поверхность шара площадью S

$$d\Phi = dE \cdot S = dE \cdot 4\pi \cdot l_0^2$$

$$dE = \frac{B \cdot dS_0}{4 \cdot l_0^2}$$

$$d\Phi = \frac{B \cdot dS_0}{4 \cdot l_0^2} \cdot 4\pi \cdot l_0^2 = \pi \cdot B \cdot dS_0$$

Связь светимости и яркости равнояркой поверхности

$R = d\Phi / dS_0$, лм/м² - **светимость**

$d\Phi$ – световой поток (лм), излучаемый равнояркой поверхностью dS_0 (м²)

$$d\Phi = \pi \cdot B \cdot dS_0$$

$$R = \frac{d\Phi}{dS_0} = \pi \cdot B$$

$$R = \pi \cdot B$$

$$B = \frac{R}{\pi}$$

Для поверхности конечных размеров,
имеющей одинаковую яркость во всех точках

$$\Phi = \pi \cdot B \cdot S_0 = \pi \cdot I$$

$$\Phi = \pi \cdot I$$

$$\Phi = \Phi_{\rho} + \Phi_{\alpha} + \Phi_{\tau}$$

Φ – световой поток, падающий на поверхность тела

Φ_{ρ} – отраженный световой поток

Φ_{α} – поглощенный световой поток

Φ_{τ} – световой поток, проходящий сквозь тело

$\rho = \Phi_{\rho} / \Phi$ – коэффициент отражения

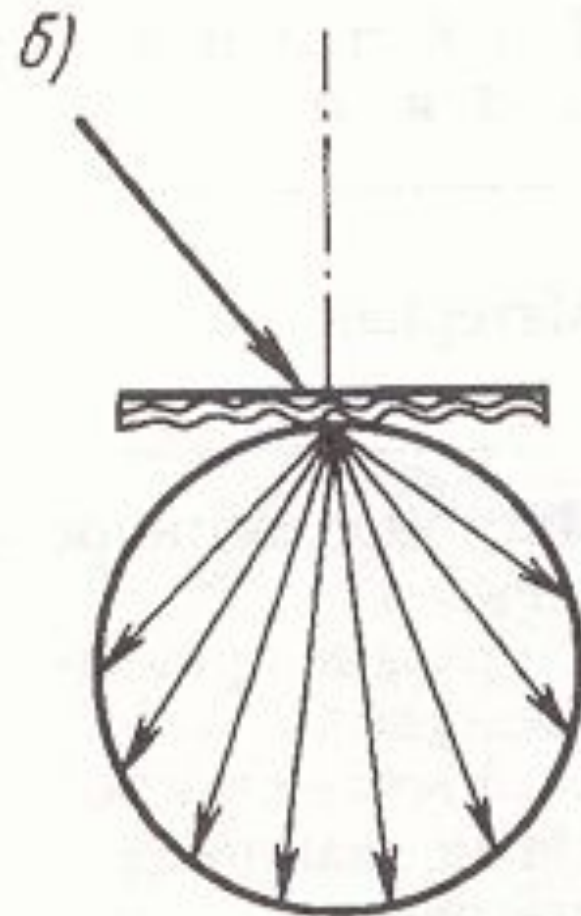
$\alpha = \Phi_{\alpha} / \Phi$ – коэффициент поглощения

$\tau = \Phi_{\tau} / \Phi$ – коэффициент пропускания

Значения коэффициентов отражения, поглощения и пропускания

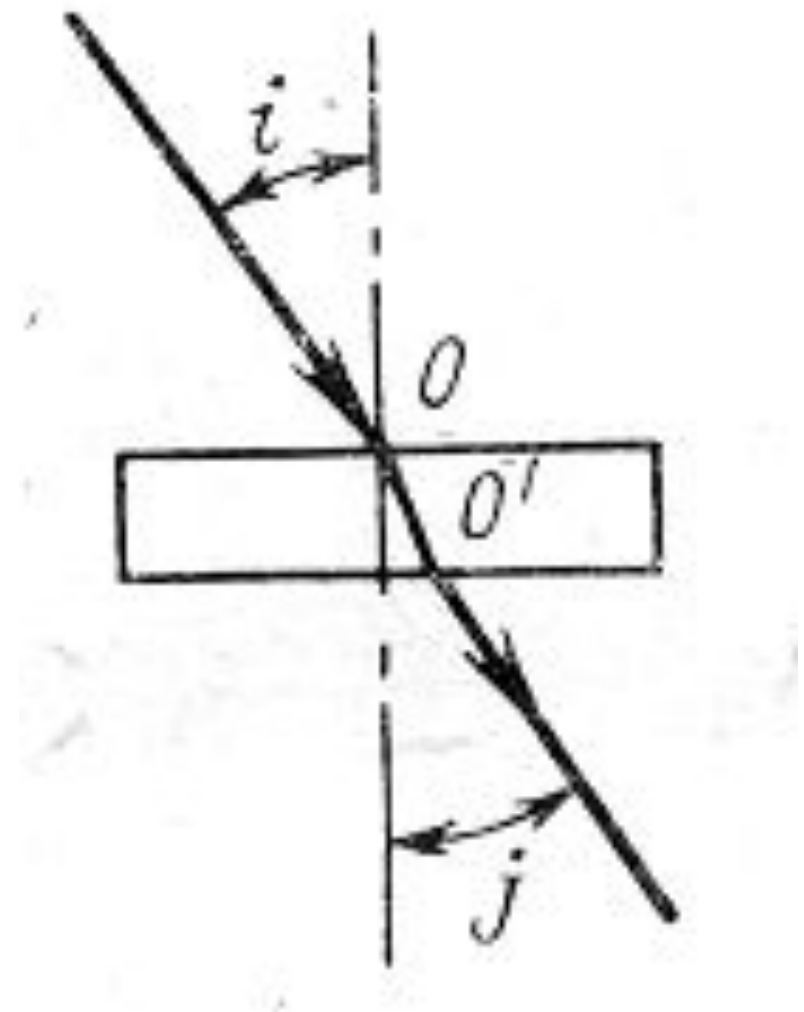
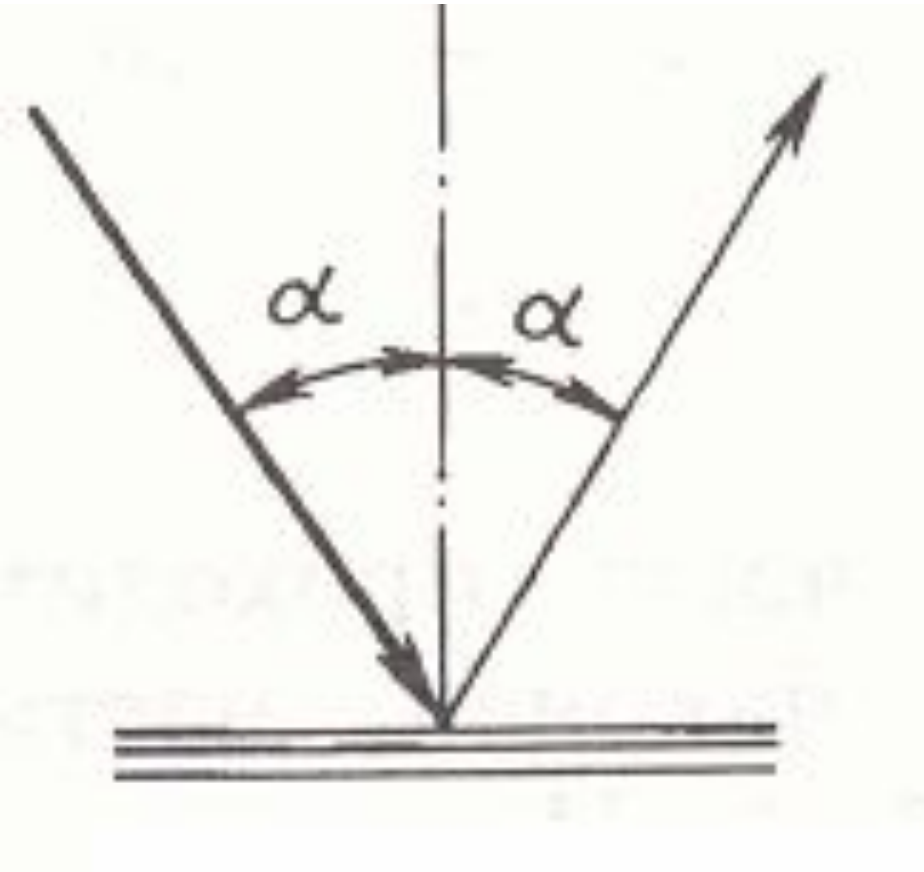
Оконное стекло	$\rho = 0,08$	$\alpha = 0,02$	$\tau = 0,9$
Молочное стекло (тонкая бумага)	$\rho = 0,45$	$\alpha = 0,15$	$\tau = 0,4$
Зеркало	$\rho = 0,85$	$\alpha = 0,15$	-

Рассеянное (диффузное)
отражение (от оштукатуренной поверхности)
пропускание (через молочное стекло)



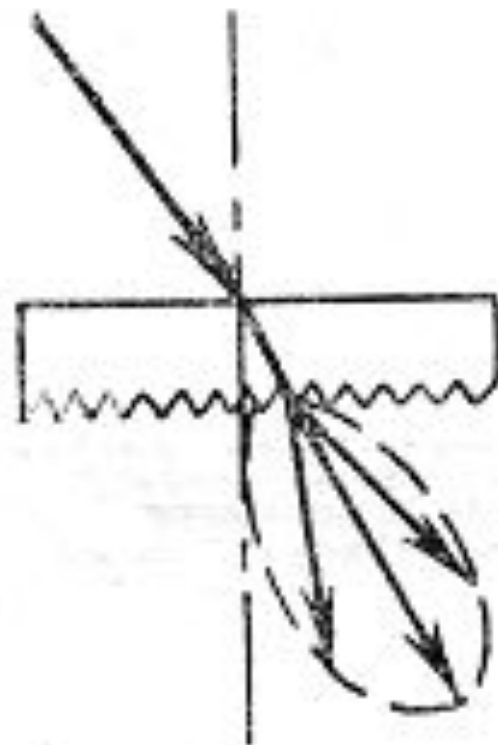
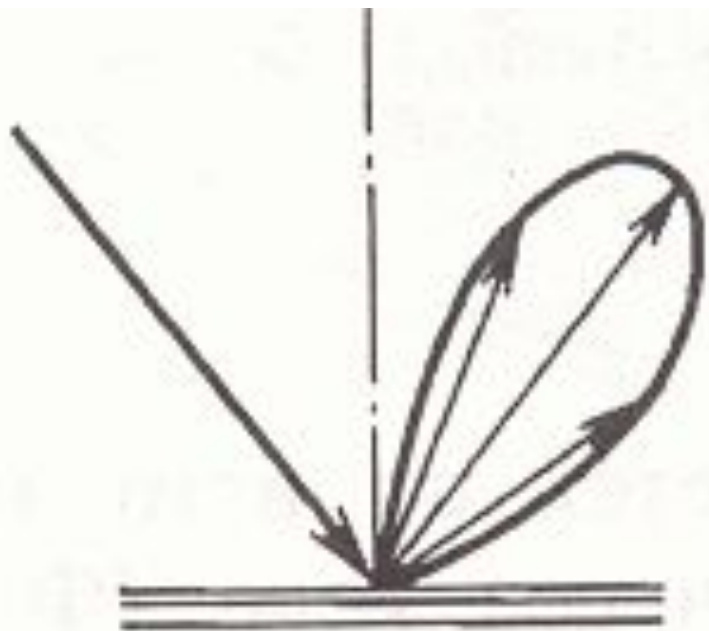
Направленное отражение (от зеркала)

Направленное пропускание (через оконное стекло)



Направленно-рассеянное отражение
(от поверхности, окрашенной масляной краской)

Направленно-рассеянное пропускание
(через матовое стекло)



При направленном отражении

Яркость B_ρ отражающей поверхности в направлении отраженного луча зависит от яркости B излучающей поверхности и пропорциональна ей

$\rho_0 = B_\rho / B$ – коэффициент направленного отражения или $\rho_0 = I_\rho / I$

При рассеянном и направленно-рассеянном отражении

яркость отражающей поверхности зависит от ее освещенности

и не находится в прямой зависимости от яркости излучающей поверхности

Источники света разной яркости, но одинаковой силы света, создают одинаковую яркость освещаемой поверхности при условии одинаковой освещенности

Связь светимости и яркости равнояркой
поверхности

$$B = \frac{R}{\pi}$$

Для поверхности конечных размеров,
имеющей одинаковую яркость во всех точках

$$\Phi = \pi \cdot I$$

Связь яркости и освещенности
идеально матовой (равнояркой) отражающей поверхности

$$\rho = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi} \quad \Phi_{\rho} = \rho \cdot \Phi$$

$$\Phi_{\rho} = \pi \cdot I = \pi \cdot B \cdot S$$

$$\Phi = E \cdot S$$

$$\pi \cdot B \cdot S = \rho \cdot E \cdot S \quad B = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$

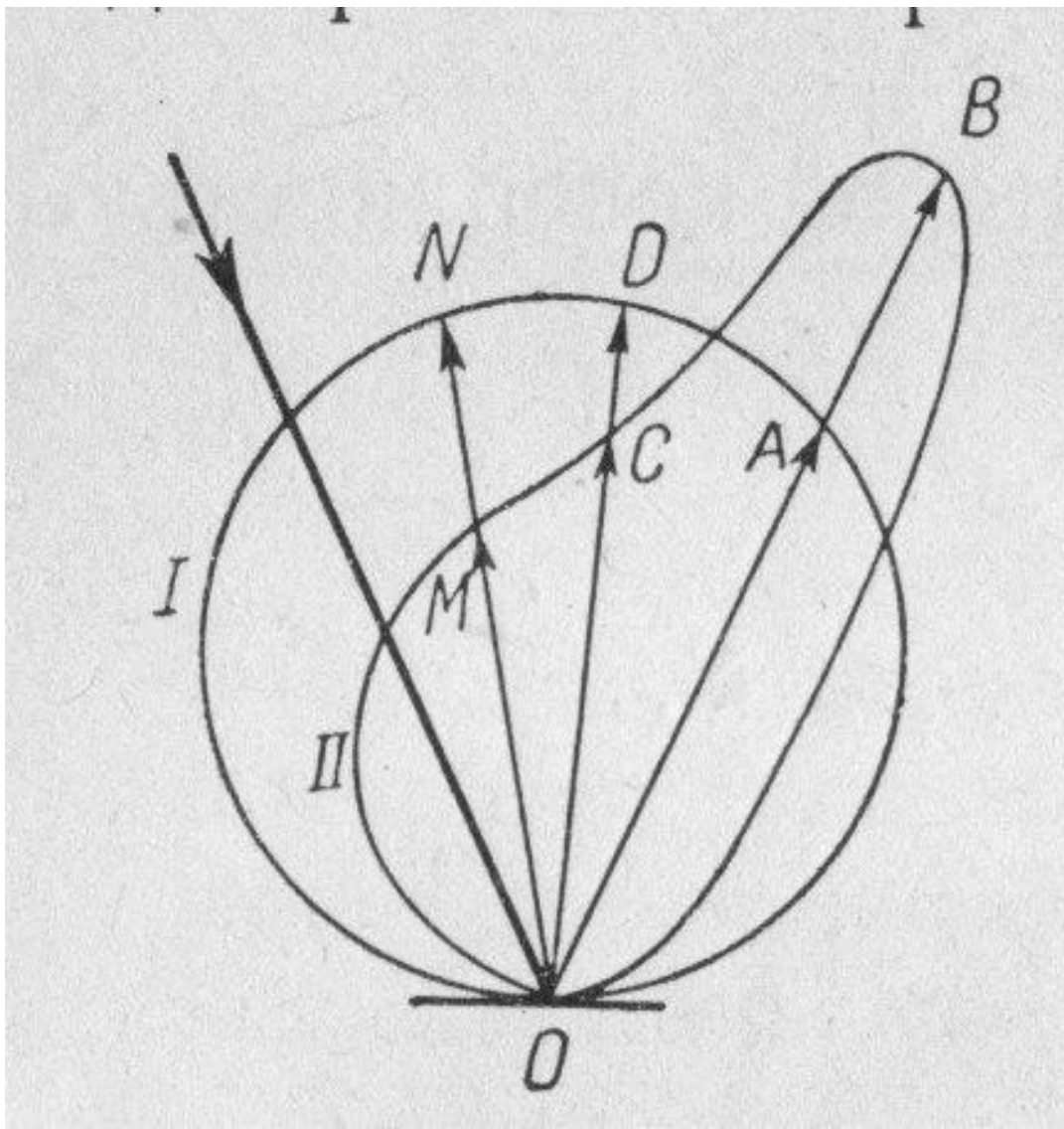
$$\pi \cdot B = \rho \cdot E$$

Светимость отражающей поверхности

$$R = \frac{\Phi_{\rho}}{S} = \frac{\rho \cdot \Phi}{S} = \rho \cdot E$$

$$R = \rho \cdot E \qquad B = \frac{R}{\pi}$$

Фотометрическая поверхность (или кривая)



Коэффициент яркости

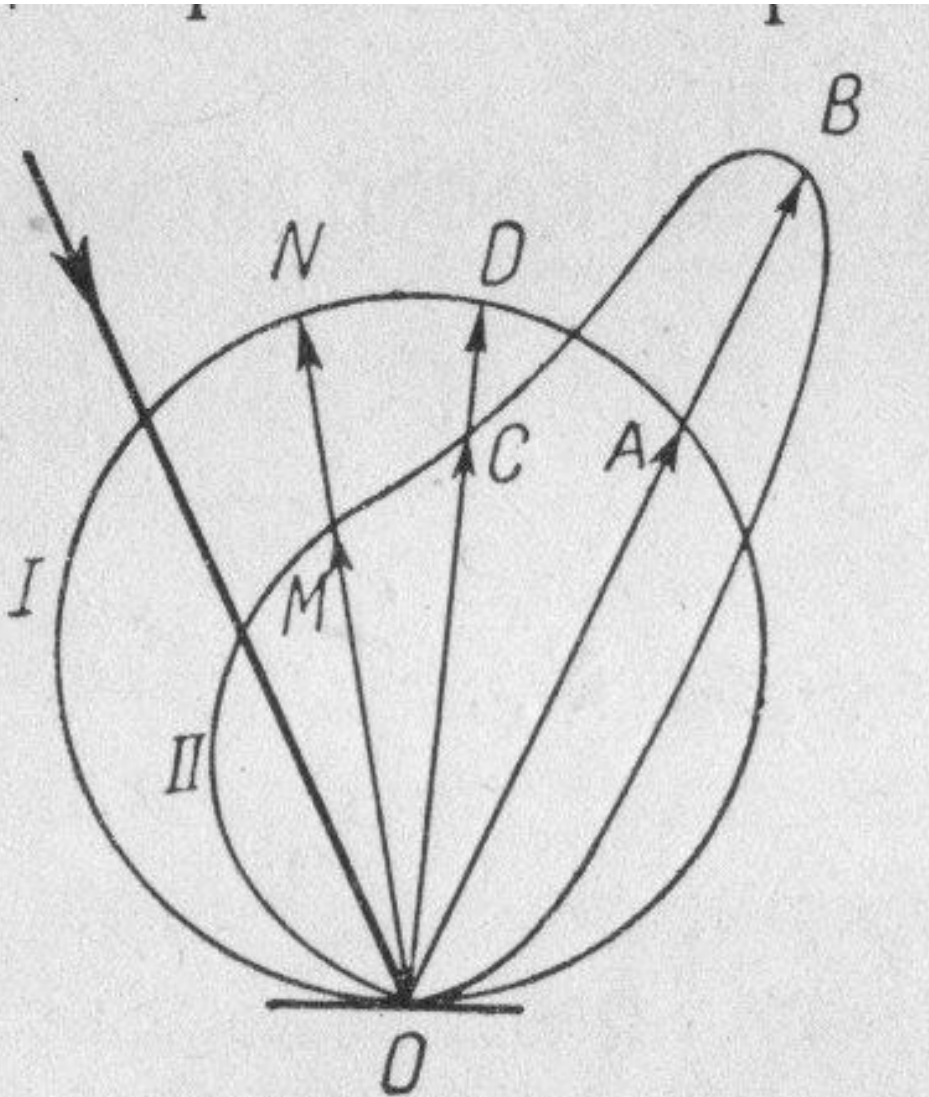
Распределение отраженного (или иногда испускаемого) света в случае рассеянного и направленно-рассеянного отражения характеризуют **коэффициентом яркости**

$$r_{\alpha} = \frac{B_{\alpha}}{B_0}$$

B_{α} - яркость данной поверхности в направлении α

B_0 - яркость идеальной матовой поверхности (равнояркой)

Коэффициент яркости различен для разных направлений,
зависит от направления падения света,
может быть больше 1



$$r_{OB} = \frac{OB}{OA}$$

$$r_{OC} = \frac{OC}{OD}$$

$$r_{OM} = \frac{OM}{ON}$$

Связь яркости и освещенности
идеально рассеивающей поверхности

$$\tau = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi}$$

$$\Phi_{\tau} = \tau \cdot \Phi$$

$$\Phi_{\tau} = \pi \cdot I = \pi \cdot B \cdot S$$

$$\Phi = E \cdot S$$

$$\pi \cdot B \cdot S = \tau \cdot E \cdot S$$

$$\pi \cdot B = \tau \cdot E$$

$$B = \frac{\tau \cdot E}{\pi}$$

Светимость рассеивающей поверхности

$$R = \frac{\Phi_{\tau}}{S} = \frac{\tau \cdot \Phi}{S} = \tau \cdot E$$

$$R = \tau \cdot E$$

$$B = \frac{R}{\pi}$$

Коэффициент пропускания для данного направления

Распределение прошедшего сквозь среду света характеризуют
коэффициентом пропускания для данного направления

$$\tau_{\alpha} = \frac{I_{\alpha}}{I} \qquad \tau_{\alpha} = \frac{B_{\alpha}}{B}$$

I_{α} , B_{α} - в данном направлении после прохождения среды

I , B - перед вступлением света в среду

Для поверхностей диффузно отражающих свет
или идеально рассеивающих свет
коэффициент яркости одинаков по всем направлениям
и численно равен **коэффициентам отражения или пропускания**

$$r_{\alpha} = \frac{B_{\alpha}}{B_0}$$

$$B_0 = \frac{E}{\pi}$$

$$\rho = 1 \text{ или } \tau = 1$$

$$B_{\alpha} = \frac{r_{\alpha} \cdot E}{\pi}$$

$$B = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$

$$B = \frac{\tau \cdot E}{\pi}$$

Поглощение света

Данная толщина слоя поглощает одну и ту же часть проходящего светового потока независимо от его абсолютного значения

Закон Бугера

$$\Phi_{\tau} = (\Phi - \Phi_{\rho}) \cdot e^{-\mu\delta}$$

$$\Phi_{\tau} = \Phi(1 - \rho) \cdot e^{-\mu\delta}$$

$$\Phi_{\alpha} = \Phi - \Phi_{\rho} - \Phi_{\tau} = \Phi(1 - \rho)(1 - e^{-\mu\delta})$$

$$\alpha = (1 - \rho)(1 - e^{-\mu\delta})$$

$$\alpha = (1 - e^{-\mu\delta})$$

Спектральные коэффициенты

отражения или поглощения, или пропускания
определяются для одноволнового света
той или иной длины волны

Поверхность, одинаково отражающая свет всех длин волн,
называется

белой (коэффициент отражения более 0,65),

серой (коэффициент отражения менее 0,65)

Среда, одинаково пропускающая свет всех длин волн,
называется

бесцветной

серой (при коэффициенте пропускания менее 0,5-0,7)

Цветные поверхности
обладают наибольшим коэффициентом отражения
в соответствующих по цвету областях спектра

Цветные светофильтры
обладают наибольшим коэффициентом пропускания
в соответствующих по цвету областях спектра