

КЛАСИЧЕСКА ОСВЕТИТЕЛНА ТЕХНИКА



СПРАВОЧНИК

WWW.ELECTROSVIAT.COM

ОСВЕТИТЕЛНА ТЕХНИКА В ДЕТАЙЛИ
ИНЖ. ГЕОРГИ АНГЕЛОВ, 11.2011

СЪДЪРЖАНИЕ:

№	Въпрос	Страница
1.	Излъчване и лъчист поток. Луксметър.	3
2.	Светлинни величини и единици. Светлинен поток. Интензитет на светлината. Светлоразпределителна крива.	5
3.	Изчисляване на светлинният поток по зададена светлоразпределителна крива.	7
4.	Осветеност. Закон за квадратичното отклонение. Яркост.	8
5.	Интегрални светлинни величини. Пространствена и средна сферична осветеност.	9
6.	Средна полусферична и средна цилиндрична осветеност.	11
7.	Векторни светлинни величини. Светлинен вектор и светлинно поле.	13
8.	Топлинно излъчване. Луминесцентно излъчване.	15
9.	Нажежаема лампа.	18
10.	Нажежаема халогенна лампа.	20
11.	Луминесцентна лампа – устройство и схеми на включване.	22
12.	Параметри и характеристики на луминесцентната лампа.	25
13.	Компактна луминесцентна лампа.	27
14.	Живачна лампа с високо налягане.	29
15.	Натриева лампа с високо и ниско налягане.	30
16.	Метал – халогенна лампа. Ксенонова лампа.	33
17.	Пускорегулираща апаратура.	35
18.	Осветителни тела – устройство и видове.	37
19.	Светлотехнически характеристики и светлотехническа класификация на осветителните тела. Степен и клас на защита.	39
20.	Цвето предаване на светлинните източници.	41
21.	Устройство на зрителният анализатор. Зрително поле. Зрителна акомодация, адаптация и инерция.	43
22.	Прагова яркостна разлика и яркостен контраст. Разделителна способност. Видимост.	45
23.	Нормиране на изкуствена осветеност.	47
24.	Заслепяване.	50
25.	Дискомфорт. Гранични яркостни криви.	52
26.	Равномерност на осветлението. Отразен блясък. Пулсации на светлинният поток.	55
27.	Изчисление на директна съставляща на осветеността при точковиден светлинен източник.	57
28.	Изчисление на осветеността при линеен светлинен източник.	59
29.	Изчисление на осветеността при двумерен площов светлинен източник.	60
30.	Изчисление на осветеността при отчитане на многократно отражение на светлинният поток.	62
31.	Проектиране на административни и промишлени осветителни уредби.	65
32.	Светлотехнически изчисления и проектиране на улични осветителни уредби.	66
33.	Осветяване на спортни обекти. Фазово осветление.	68
Основни технически параметри на някои лампи		70

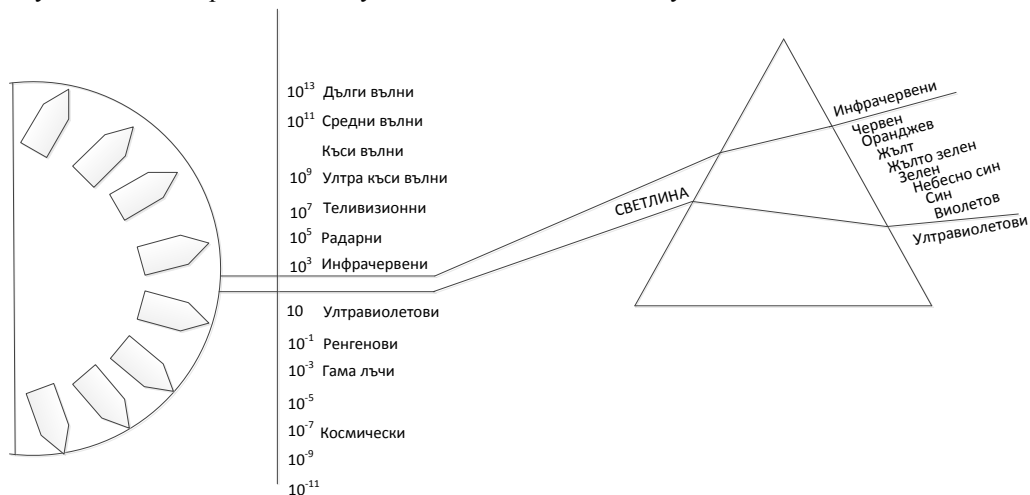
1 въпрос – Излъчване илъчист поток. Лъчиста енергия. Лъкс

метър

1. Излъчване:

Светлотехника – науката занимаваща се със изучаването на генерирането, разпределението и преразпределението в пространството на електро магнитни излъчвания се нарича светлотехника. Под оптическа област се разбира онази част от електро магнитните излъчвания със дължина на вълната „ λ “. $\lambda = 10 \div 1000 \cdot 10^3 \text{ nm}$

Излъчването в оптическата област представлява поток от фотони (движение), които се обуславя от електронното възбуждане на атомите и молекулите.



- Ултравиолетови вълни - $\lambda = (10 \div 380) \text{ nm}$;
- Видими вълни (светлина) - $\lambda = (380 \div 770) \text{ nm}$;
- Инфракчервени вълни - $\lambda = (770 \div 1000 \cdot 10^3) \text{ nm}$;

2. Лъчист поток:

Излъчваната енергия за единица време е :

$$p(t) = \frac{dQ}{dt}$$

където:

p – лъчист поток.

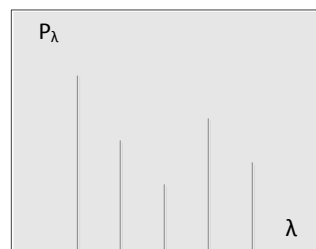
Пример:

Нажежаема лампа, $P = 100 \text{ W}$, излъчва в пространството повече от $5 \cdot 10^{22}$ фотона в секунда.

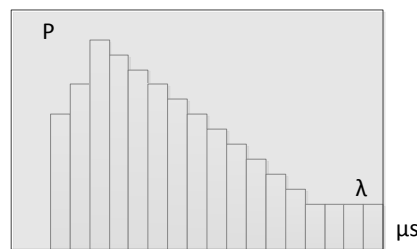
Средна стойност:

$$p_{\text{средно}} = \frac{Q}{t}$$

Лъчистият поток „ P “, се характеризира с разпределение във времето, в пространството и по спектъра.



$\lambda_1 \quad \lambda_2 \quad \lambda_3 \quad \lambda_4 \quad \lambda_5$
Линейен спектър
(Живачна лампа)



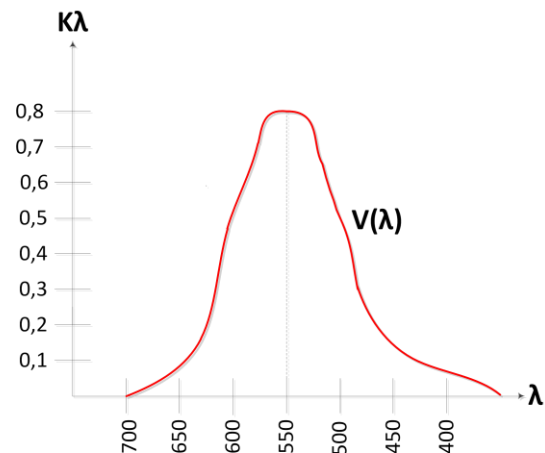
Непрекъснат спектър
(Нажежаема лампа)

3. Изрази за определяне на приемниците на лъчиста енергия. Лукс метър.

А) Приемници: фотоелектрични, топлинни, термоелектрични, фотохимични, фотолуминисцентни.

Б) Характеристика на фотоелемент:

През 1924 година Международната организация по осветление приема функцията (кривата) на относителна спектрална чувствителност на човешкото око – фау ланда „ $v(\lambda)$ “



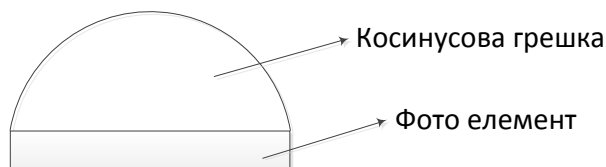
Необходимо е спектралната характеристика на фотоелементите използвани за луксмер максимално да се приближава до функцията $v(\lambda)$.

$$V_{\max}(\lambda) = \begin{cases} \text{при } \lambda = 555 \text{ nm} - \text{при дневно зрение} \\ \text{при } \lambda = 510 \text{ nm} - \text{при нощно зрение} \end{cases}$$

В) Други характеристики на фотоелементите:

- линейност;
- инертност;
- умора;
- температурна зависимост;
- косинусова зависимост.

При фотоелементите от неметали (селен, силиций) попадналата светлина създава осветеност която зависи от ъгъла на падане на светлината, което е предпоставка за тъй наречената косинусова грешка, тя може да се намали като върху фото елемент, се монтира бяла представка „косинусова“. Падналото върху нея светлинно лъчение, се разсейва от нейната цяла вътрешна повърхност и към повърхността на фотоелемента се насочва почти успоредно светлинно лъчение, и така се намалява косинусовата грешка.



2 въпрос – Светлинни величини и единици. Светлинен поток. Интензитет на светлината. Светлоразпределителна крива

1. Светлинен поток:

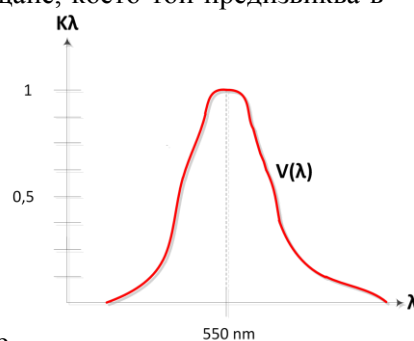
Определение:

Лъчист поток оценен по светлинното усещане, което той предизвиква в човешкото око.

Светлинното усещане е максимално при:

$$K_{\lambda \text{ око}} = 1 \Rightarrow \lambda = 555 \text{ nm}$$

(при жълто зелен цвят).



Φ – светлинен поток, единица за измерване на светлинният поток е 1 лумен (lm).

При измерване е установено, че на еднороден лъчист поток със големина $P_{\lambda} = 555 \text{ nm}$ съответства светлинен поток $\Phi = 683 \text{ lm}$.

$\Phi_{\lambda} = 683 \cdot P_{\lambda} \cdot K_{\lambda}$ - това е светлинният поток на източник със еднородно излъчване, със линеен спектър.

K_{λ} – относителна спектрална чувствителност.

$$\Phi = 683 \sum_{i=1}^n P_{\lambda i} \cdot K_{\lambda i}$$

Присъобразяваме ги и на други светлинни източници.

$$\Phi = 683 \int_{\lambda 380}^{\lambda 770} \varphi_{\lambda} \cdot K_{\lambda} \cdot d\lambda = \int_{\lambda 380}^{\lambda 770} \varphi_{\lambda} \cdot d\lambda = P_{\lambda}$$

където:

φ_{λ} е спектрална интензивност.

2. Интензитет на светлината:

$$y = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

където:

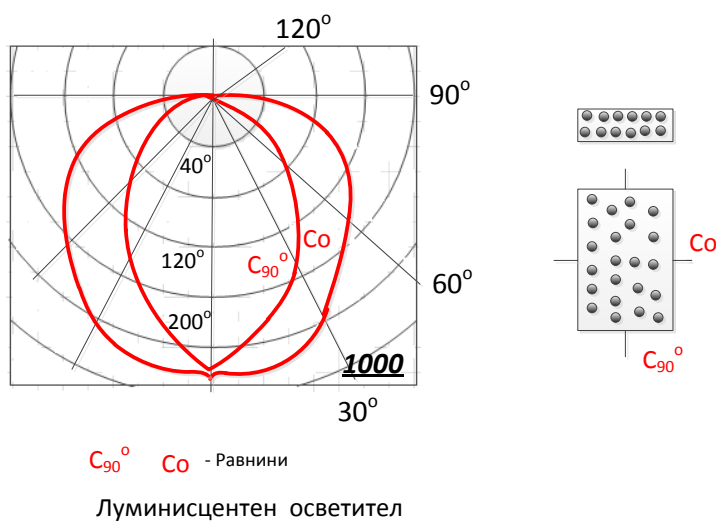
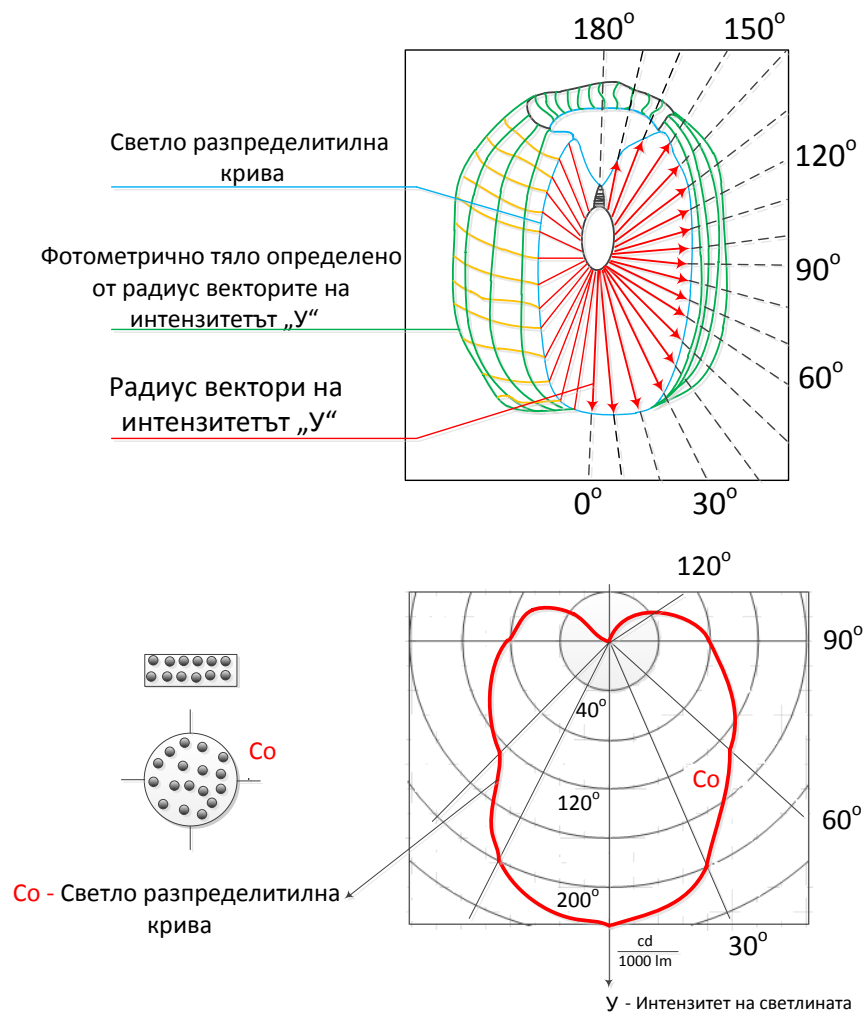
$d\Omega$ е пространствен ъгъл.

Интензитетът „Y“ количествено се характеризира с пространствено разпределение на светлинният поток (пространствена плътност на светлинният поток за дадена точка). Единица за измерване на интензитет в SI системата е „Кандела“ (Cd).

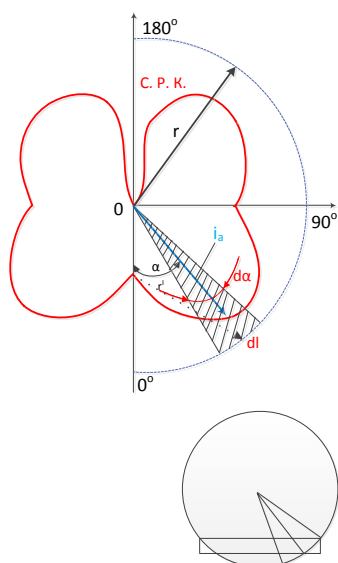
$$1 \text{ cd} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ Sr}}$$

където: Sr е стерadian.

3. Светлоразпределителна крива:



Звъпрос – Изчисляване на светлинният поток по зададена светлоразпределителна крива.



1. Светло разпределителна крива (C.P.K.) „Iα“ е зададена с математически израз (функция) – начертана с помощна окръжност с център „α“.

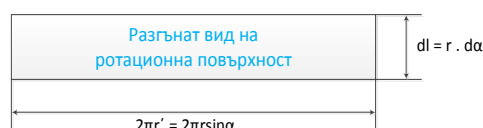
$$\Phi = ?$$

$$Y_{\alpha} = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

$$d\Phi = Y_{\alpha} \cdot d\Omega$$

От чертежа следва, че:

$$dl = r \cdot d\alpha \quad r' = r \cdot \sin\alpha$$



От аналитичната геометрия:

$$d\Omega = \frac{dS}{r^2} = \frac{2\pi r' \cdot dl}{r^2} = \frac{(2\pi \cdot \sin\alpha)(r d\alpha)}{r^2} = 2\pi \cdot \sin\alpha \cdot d\alpha$$

$$d\Phi = Y_{\alpha} \cdot d\Omega = Y_{\alpha} \cdot 2\pi \sin\alpha \cdot d\alpha$$

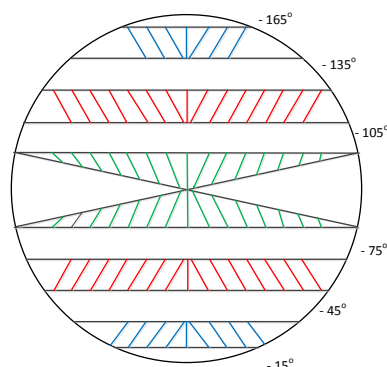
където:

Y_{α} е зададена с математически израз.

$$\Phi_{\text{общо}} = 2\pi \int_0^{\pi} Y_{\alpha} \cdot \sin\alpha \cdot d\alpha$$

2. Когато Y_{α} (I_{α}) не е зададен със математически израз (не може да бъде под интеграла), тогава се работи по метода на зоналните потоци.

Пространството около светлинният източник се разделя на конични пространствени ъгли (зони), определени от ъгли (α_1 и α_2), (α_2 и α_3) и т.н., ($10^\circ \div 20^\circ$), ($20^\circ \div 30^\circ$) и т.н.. Тези зони се получават при въртене на равнинният ъгъл $\Delta\alpha$ около вертикална ос на симетрия.



Излъченият светлинен поток „Φ“ във един зонален пространствен ъгъл е:

$$\Delta\Phi_{\alpha_i \div \alpha_{i+1}} = \frac{Y_{\alpha_i \div \alpha_{i+1}}}{2} \cdot \Delta\Omega_{\alpha_i \div \alpha_{i+1}}$$

Където:

- $\frac{Y_{\alpha_i \div \alpha_{i+1}}}{2}$ е средна стойност на интензитетът „Y“

$$\text{в зоната } \alpha_i \div \alpha_{i+1} \left(\frac{30^\circ \div 40^\circ}{2} \right) \Rightarrow 35^\circ$$

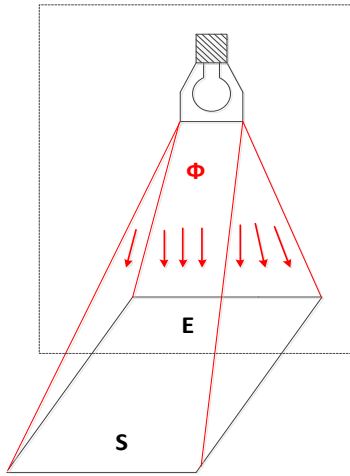
- Е зонален пространствен ъгъл съответстващ на равнинният ъгъл ($30^\circ \div 40^\circ$) $\Rightarrow 35^\circ$

Чрез сумиране на отделните зонални светлинни потоци се намира общият светлинен поток „Φ_{общо}“:

$$\Phi_{\text{общо}} = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta\Phi_{\alpha_i \div \alpha_{i+1}} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{Y_{\alpha_i \div \alpha_{i+1}}}{2} \cdot \Delta\Omega_{\alpha_i \div \alpha_{i+1}}$$

4 въпрос – Осветеност. Закон за квадратичното отдалечение. Яркост.

1. Осветеност:



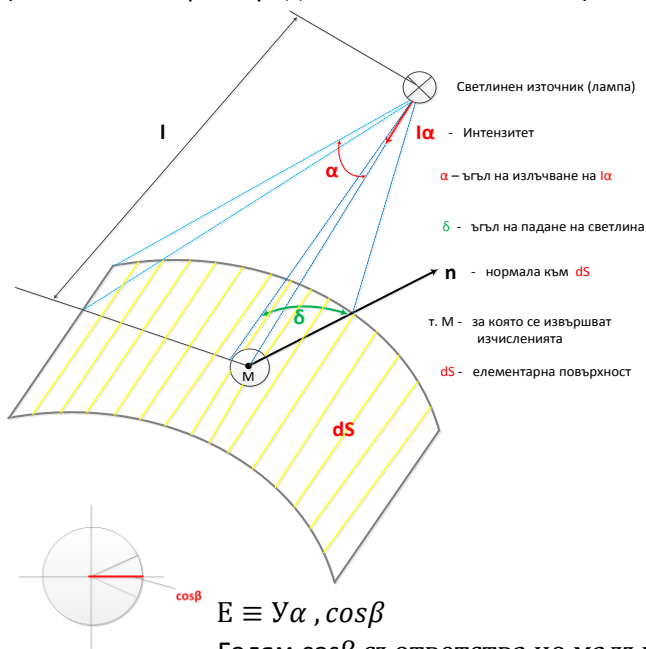
$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad E_{\text{средно}} = \frac{\Phi}{S} \quad 1 \text{ lx [лукс]} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2}$$

Пример:

- 1) Нажежаема лампа 100W на разстояние 1 метър създава осветеност 110 lx.
- 2) Общото осветление на работното място трябва да има осветеност от 200 до 600 lx (учебна зала = 300 lx).
- 3) Естествено осветление през лятото в 12:00 часа на обет на открито „E=20000 lx“

2. Закон за квадратичното отдалечение:

(Използва се при определяне на осветеността)



$$E = ?$$

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad E = \frac{d\Phi}{dS} \quad \frac{d\Phi}{dS} = ?$$

$$d\Phi = Y \cdot \Omega \quad d\Omega = \frac{dS}{l^2}$$

$$d\Omega = \frac{dS \cdot \cos\beta}{l^2} \Rightarrow \text{от чертежа}$$

Върху dS пада светлинен поток dΦ.

$$d\Phi = Y \alpha \cdot \frac{dS \cos\beta}{l^2} = Y \alpha \cdot d\Omega$$

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{Y \alpha \cdot dS \cdot \cos\beta}{l^2 \cdot dS}$$

$$E = \frac{Y \alpha \cdot \cos\beta}{l^2} \Rightarrow \text{Закон за}$$

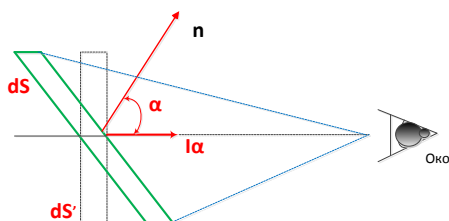
квадратичното отдалечение

$$E \equiv Y \alpha \cdot \cos\beta$$

Голям cosβ съответства на малък ъгъл β.

3. Яркост:

1)



dS – Елементарна светеща повърхност (тя има определена яркост): лампа, осветително тяло;

dS' – Проекция на dS във равнина перпендикулярна на посоката на наблюдение на око.

$$L \alpha - \text{Яркост, } \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right].$$

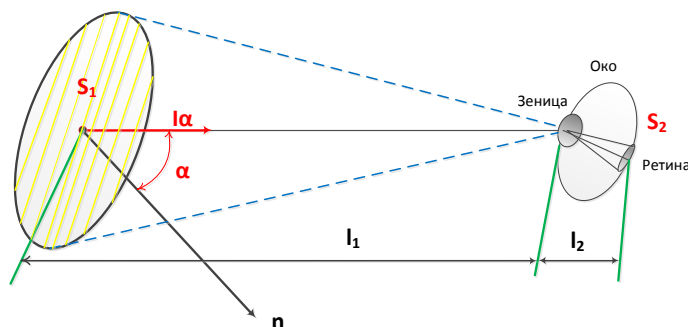
$$L \alpha = \frac{dY_{\alpha}}{dS'} = \frac{dY_{\alpha}}{dS \cdot \cos\alpha}$$

2) Яркостта се определя за:

- Светеща повърхност със крайни (конкретни) размери: лампа или осветително тяло;
- Отразяваща повърхност наблюдавана от дадена точка: стени на стая, таван, улично пътно платно и др.;

3) Връзка между яркост и зрително усещане от окото:

Яркостта е единствената светло техническа величина, на която окото пряко реагира.



n - нормала;

I_α - Интензитет;

S_1 - Площ на светеща повърхност.

$$E_{\text{ретина}} = ?$$

$$E_{\text{ретина}} = \frac{\Phi}{S_2} \quad \Phi = ?$$

$$\Phi = ?$$

$$\Rightarrow E_{\text{зеница}} = \frac{\Phi}{q_{\text{зеница}} \cdot \tau} \quad \Phi = E_{\text{зен.}} \cdot q_{\text{зен.}} \cdot \tau = \frac{Y_\alpha}{l_1^2} \cdot q_{\text{зен.}} \cdot \tau$$

където:

$q_{\text{зеница}}$ – площ на зеницата;

τ – коефициент на поглъщане;

$$S_2 = ?$$

$$\Rightarrow \frac{S_1 \cdot \cos \alpha}{S_2} = \frac{l_1^2}{l_2^2} \text{ (от физиката);}$$

$$S_2 = \frac{S_1 \cdot \cos \alpha \cdot l_2^2}{l_1^2} \quad E_{\text{ретина}} = K \cdot L_\alpha$$

$$E_{\text{ретина}} = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{Y_\alpha \cdot q_{\text{зен.}} \cdot \tau \cdot l_1^2}{l_1^2 \cdot S_1 \cdot \cos \alpha \cdot l_2^2} = \frac{q_{\text{зен.}} \cdot \tau}{l_2^2} \cdot Y_\alpha = K \cdot L_\alpha$$

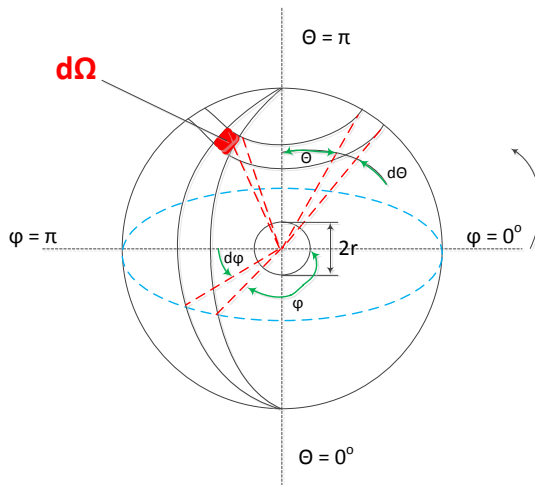
5 въпрос – Интегрални светлинни величини. Пространствена и средна сферична осветеност.

Общи сведения:

Разглежданите до тук светло технически величини, винаги не са достатъчни за изчисляване и определяне на зрителните способности. В такива случаи, се преминава към използване на интегрални и векторни светлинни величини, които се разглеждат като производни на основните светло технически величини.

1. Пространствена осветеност – „ E_o “:

Введена е от немският физик Вебер:



Ред на чертане:

- 1) Сфера с безкрайно малък радиус „2r“, чиито център съвпада с разглежданата точка;
- 2) $d\Omega$ – елементарен пространствен ъгъл в границите на който от дадена точка на пространството, се вижда участък от повърхност със яркост $L_{\varphi, \theta}$.
- 3) $\varphi, d\varphi$ и $\theta, d\theta$.

4) Центърът на голямата окръжност, съвпада с разглежданата точка в която се сумират осветеностите.

Дефиниция:

Пространствената осветеност „ E_o “ представлява сума от нормални осветености „ dE_n “, които създават в дадена точка, разположени в пространството около нея светлинни източници:

$$E_o = \int_{4\pi} dE_n$$

където:

dE_n – нормална осветеност върху, елементарна площ, със център разглежданата точка, от точковиден светлинен източник.

$$E_o = \int_{4\pi} dE_n = \int_{4\pi} L d\Omega$$

където:

L – яркост на светлинния източник в пространствения ъгъл $d\Omega$.

След преобразуване, се получава:

$$E_o = \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} L_{\varphi, \theta} \underbrace{\sin\theta \cdot d\theta \cdot d\varphi}_{d\Omega}$$

Диференциал „ E_o “ е осветеност на елементарна площадка (повърхност) разположена перпендикулярно на падащия върху нея светлинен лъч.

2. Средна сферична осветеност – „ $E_{4\pi}$ “:

(за дадена точка в пространството).

Введена е от Гершун.

Дефиниция:

Тя се определя като средна плътност на светлинния поток „ Φ “ на повърхността на сфера с безкрайно малък радиус, чиито център съвпада с разглежданата точка.

1) $dE_{4\pi} = ?$

⇒ получена от елементарен светлинен източник.

Разглеждаме същия чертеж, тоест: има елементарен светлинен източник в границите на $d\Omega$, чийто излъчен поток „ $d\Phi$ “ пада върху повърхността на полусферата, намираща се във хоризонтална равнина:

$$d\Phi = dEn \cdot \pi r^2$$

където:

πr^2 – площ на кръг, които представлява проекция на сферата в хоризонтална равнина.

$$dE_{4\pi} = \frac{d\Phi}{4\pi r^2} = \frac{dEn \cdot \pi r^2}{4\pi r^2} = \frac{dEn}{4} = 0,25 dEn$$

Където:

$4\pi r^2$ – пълна повърхност на сферата.

2) $E_{4\pi} = ?$

⇒ Получена от всички светлинни източници.

Тя се получава чрез интегриране на горния израз в границите на цялото пространство.

$$E_{4\pi} = \int_{4\pi} dE_{4\pi} = \int_{4\pi} \frac{dEn}{4} = 0,25 \int_{4\pi} dEn$$

Извод:

E_o и $E_{4\pi}$ – се различават само с 0,25.

Приложение:

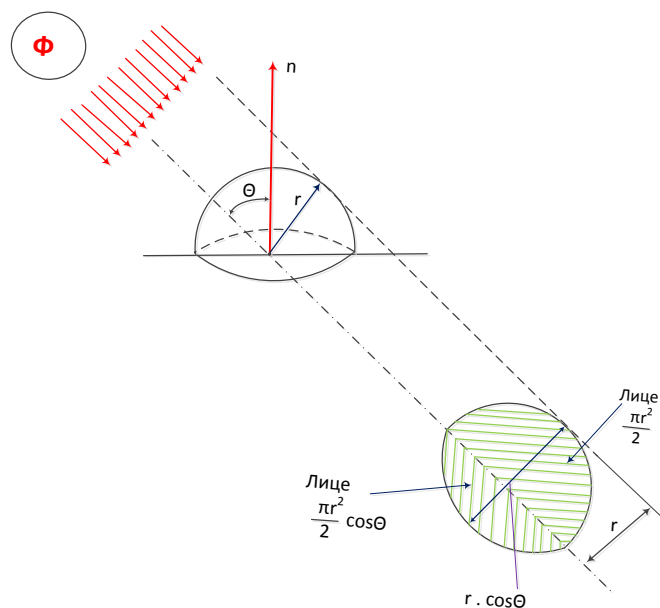
E_o и $E_{4\pi}$ – се използват при:

- В осветителната техника при проектиране на осветление на обемни обекти, с сложна форма разположени в помещение; при облъчване на животни и растения; осветяване на големи машини с сложна форма.
- Изследване на слабо разсейващи среди: атмосфера, морска вода; при нагряване и излъчване на вещества.

6 въпрос – Средна полусферична и средна цилиндрична осветеност

I. Средна полусферична осветеност – „ $E_{2\pi}$ “:

Тя се дефинира като средна плътност на сферичния поток „ Φ “ върху повърхността на полусфера със безкрайно малък радиус и диаметър, чийто център съвпада със разглежданата точка М (т. М).



1. Ако точката се осветява само от един елементарен светлинен източник, то върху повърхността на полусферата пада светлинен поток „ $d\Phi_{\text{полусфера}}$ “:

$$d\Phi_{\text{полусф.}} = dEn \underbrace{\left(\frac{\pi r^2}{2} + \frac{\pi r^2}{2} \cos\theta \right)}_{\text{лице на проекцията (със щриховката)}} = \underbrace{dEn \frac{\pi r^2}{2} (1 + \cos\theta)}_{\text{проекция на полусферата в равнина перпендикулярна на потока "Ф"}}$$

Средната плътност на Φ_{10} , плътността на сферата е:

$$dE_{2\pi} = \frac{d\Phi_{\text{полусф.}}}{2\pi r^2} = \frac{dEn \cdot \frac{\pi r^2}{2} (1 + \cos\theta)}{2\pi r^2} = \frac{dEn}{4} (1 + \cos\theta)$$

където:

$2\pi r^2$ – лице на проекцията на полусфера в хоризонтална равнина, тоест лице на кръг.

2. След интегриране: $E_{2\pi} = ?$, се получава:

$$E_{2\pi} = \int_{4\pi} dE_{2\pi} = \int_{4\pi} \frac{dEn}{4} (1 + \cos\theta) = 0,25 \int_{4\pi} (1 + \cos\theta) dEn$$

3. Приложение:

$E_{2\pi}$, се препоръчва за оценка на осветлението:

- 1) на обемни предмети разположени върху хоризонтални равнини или повърхности (скулптурни барелефи);
- 2) при проектиране на осветление на работни машини като стругове, станове и др..

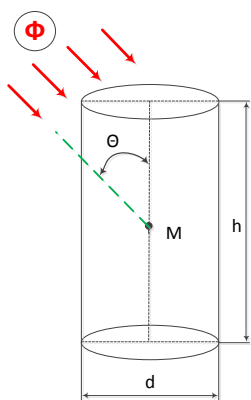
II. Средна цилиндрична осветеност – „ E_c “:

Въведена е от руски професор.

Използва се за оценка на наситеността на пространството със светлина.

Дефиниция:

За произволна точка от пространството „ E_c “ е равна на средната осветеност на страничната повърхност на цилиндър с безкрайно малки размери разположен симетрично от разглежданата т. М, с вертикално ориентирана ос:



- 1) От елементарен светлинен източник върху странична повърхност на цилиндър се получава следният светлинен поток:

$$d\Phi = dEn \cdot \underbrace{d \cdot h \cdot \sin\theta}_{S \text{ (площ) на проекцията}} \quad S_{\text{цилин.}} = \pi \cdot d \cdot h$$

$$dE_{\text{ц}} = \frac{d\Phi}{S_{\text{цил.}}} = \frac{dEn \cdot \cancel{d} \cdot \cancel{h} \cdot \sin\theta}{\pi \cdot \cancel{d} \cdot \cancel{h}} = \frac{dEn}{\pi} \sin\theta$$

2) $E_{\text{ц}} = ?$

$$E_{\text{ц}} = \int_{4\pi} dE_{\text{ц}} = \int_{4\pi} \frac{dEn}{\pi} \sin\theta = \frac{1}{\pi} \int_{4\pi} dEn \cdot \sin\theta$$

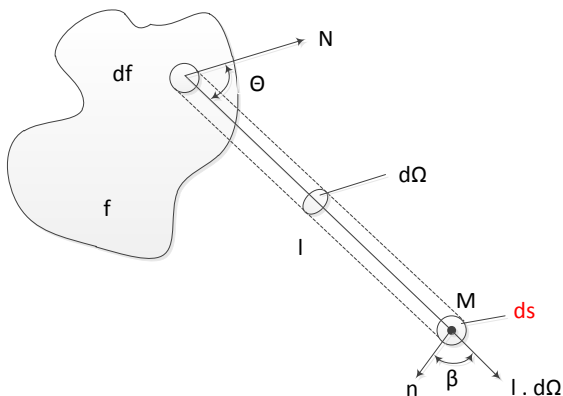
3) Приложение:

„ $E_{\text{ц}}$ “ се използва за оценка на наситеността на обществени помещение: театри (коридори и фойейета); чакални на летища и ж.п. гари; ресторанти.

7 въпрос – Векторни светлинни величини. Светлинен вектор и светлинно поле.

III. Случай:

Осветява се само едната страна на елементарна площ – „ dS “



- f – светеща повърхност;
- df – елементарна светеща повърхност;
- dS – елементарна площ с център т. М, който се осветява;
- N и n – нормали;
- $d\Omega$ – елементарен пространствен ъгъл;
- l – разстояние между df и dS .

Светещата повърхност „ df “ създава върху „ dS “ осветеност:

$$dE = \underbrace{\frac{L \cdot d\Omega}{En}}_{\text{(от 5 въпрос)}} \cdot \cos\beta = L \cdot \underbrace{\frac{df \cdot \cos\theta}{l^2}}_{d\Omega} \cos\beta$$

където:

L - яркост на df .

- 1) Въвежда се понятието: „Елементарен вектор на пространственият ъгъл“ - $\vec{d\Omega}$.
Той има посока от „df“ към „dS“ и големина:

$$\left(\frac{df \cdot \cos\theta}{l^2} \right)$$

- 2) Ако с $\vec{n}$, се означи едичният вектор на нормалата „n“ на осветения елемент dS, то горното уравнение има вида:

$$dE = \underbrace{L \cdot \vec{d\Omega}}_{\text{нор. осветеност}} \cdot \vec{n} = d\vec{\varepsilon} \cdot \vec{n}$$

- 3) $d\vec{\varepsilon} = L \cdot \vec{d\Omega}$ - нарича се елементарен светлинен вектор.
4) Пълната осветеност в т. М е:

$$E = \int_{\Omega} L \cdot \vec{d\Omega} \cdot \vec{n} = \vec{n} \cdot \underbrace{\int_{\Omega} L \cdot \vec{d\Omega}}_{\vec{\varepsilon}} = n \cdot \vec{\varepsilon}; \quad \vec{\varepsilon} = \int_{\Omega} L \cdot \vec{d\Omega}$$

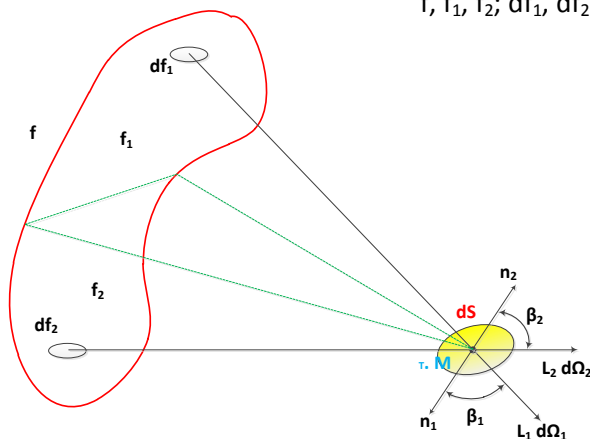
$\vec{\varepsilon} = \int_{\Omega} d\vec{\varepsilon}$ - нарича се светлинен вектор.

Той определя стойността и посоката на пренасяне на светлинния поток. В дадена точка (т. М) от една площ „dS“, перпендикулярна на посоката на пренасяне на потока.

IV. Случай:

Осветяват се и двете страни на елементарна площ dS:

$f, f_1, f_2; df_1, df_2; dS; L_1; n_1, n_2.$



Осветеностите във горната и долната страна на dS са:

- Отгоре:

$$E_1 = \vec{n}_1 \cdot \vec{\varepsilon}_1 = \vec{n}_1 \cdot \int_{\Omega_1} L \cdot \vec{d\Omega}$$

- Отдолу:

$$E_2 = \vec{n}_2 \cdot \vec{\varepsilon}_2 = \vec{n}_2 \cdot \int_{\Omega_2} L \cdot \vec{d\Omega}$$

dS разделя f , f_1 и f_2 , от т. М „ f_1 и f_2 “ се виждат от ъгли „ Ω_1 и Ω_2 “ като: $\Omega = \Omega_1 + \Omega_2$.

Тъй като нормалите (n_1 и n_2) са: $n_2 = -n_1$, то:

$$E_1 - E_2 = n_1 \cdot (\vec{\varepsilon}_1 + \vec{\varepsilon}_2) = \vec{n}_1 \cdot \vec{\varepsilon}$$

Умножават се двете страни на горното уравнение по dS :

$$(E_1 - E_2)dS = d\Phi_1 - d\Phi_2$$

Уравнението приема вида:

$$d\Phi_1 - d\Phi_2 = \vec{\varepsilon} \cdot \vec{dS}$$

където:

$\vec{dS}$ се получава въз основа на приемането и умножението на: $(\vec{n}_1 \cdot dS)$.

$$d\Phi_1 - d\Phi_2 = \vec{\varepsilon} \cdot \vec{dS}$$

Интегрираме уравнението (лявата и дясната част) и се получава:

$$\Phi_1 - \Phi_2 = \int_{\Omega} \vec{\varepsilon} \cdot \vec{dS}$$

Изводи:

- 1) Потокът на светлинният вектор „ $\vec{\varepsilon}$ “ е равен на разликата от светлинните потоци: Φ_1 и Φ_2 .
- 2) Ако: $\int_{\Omega} \vec{\varepsilon} \cdot \vec{dS} = 0$. В този случай в обема ограничаван от „ S “ (повърхност) няма светлинен източник.
- 3) Ако: $\int_{\Omega} \vec{\varepsilon} \cdot \vec{dS} = \Phi$. В този случай има светлинни източници (с някакъв поток Φ).
- 4) Съгласно уравнението: $\vec{\varepsilon} = \int_{\Omega} L \cdot \vec{d\Omega}$, всяка точка на пространството в която, се разпространяват светлинни лъчи, се характеризира със някакъв светлинен вектор, с определена посока и големина. Пространството в което се разпространяват светлинни лъчи, се разглежда като поле на светлинните вектори се нарича: светлинно поле.

8 въпрос – Топлинно излъчване. Луминисцентно излъчване

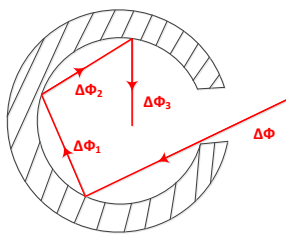
I. Топлинно излъчване:

1. Общи сведения:

Топлинно излъчване има всяко тяло със температура по – голяма от абсолютната „0“ (-273°C), излъчвана енергия в пространството.

Излъчването е топлинно ако източник на излъчване е топлинната енергия на тялото.

- | | |
|-----------------------------------|--------------|
| А) Абсолютно черно тяло (АЧТ) : | $\alpha > 1$ |
| Б) сиви тела: | $\alpha < 1$ |
| В) избирателни (селективни) тела: | $\alpha < 1$ |



Абсолютно черно тяло

- 1) Вътрешната повърхност е черна;
- 2) $\Delta\Phi$ се поглъща от многократни отражения;
- 3) След нагряване АЧТ отделя топлина.

2. Закони на топлинно излъчване:

1) Закон на Кирхоф (1859г.)

$$\frac{R_1}{\alpha_1} = \frac{R_2}{\alpha_2} = \dots = R_S$$

където:

R – плътност на излъчване;

α – коефициент на поглъщане на реални тела;

R_S – плътност на излъчване на АЧТ.

2) Закон на Планк (1900г.)

$$r_S(\lambda, T) = f(C_1, C_2, \lambda, T)$$

където:

r_S – спектрална интензивност на плътността на излъчване на АЧТ, зависи от C_1, C_2, λ, T ;

T – абсолютна температура на АЧТ;

λ - дължина на вълната.

3) Закон на Стефан Болцман:

$$R_S(T) = \sigma \cdot T^4$$

където:

σ – константа на Болцман

4) Закон на Вин:

$$\lambda_{\max} \cdot T = C$$

$$C = 2900, [\text{nm} \cdot \text{K}]$$

Изводи от законите:

- При увеличаване на температурата на излъчващото тяло, рязко се увеличава неговият лъчист поток „ P “ и се изменя спектърът му;
- Когато при увеличаване на температурата към максимум на r_S (спектралната интензивност на плътността) се изменя към по късите ултра виолетови лъчи;
- Ако температурата на излъчвателя е от интервалът (4760 – 10000)K този максимум е в зоната на видимите лъчи със: $\lambda = (380 \div 770)\text{nm}$.

$$\eta_{\text{оптичен}}; \eta_{\text{светлинен}} = \frac{\Phi}{F} = \frac{\int_{\lambda_{380}}^{\lambda_{770}} \varphi \lambda \cdot K \lambda \cdot d\lambda}{\int_{\lambda_{380}}^{\lambda_{770}} \varphi \lambda \cdot d\lambda}$$

където:

Φ – светлинен поток;

F – общ лъчист поток.

3. Цветна температура на светлинният източник – „ $T_{\text{цв}}$ “:

Нарича се такава температура на АЧТ при която неговата цветност съвпада с цветността на изследваният светлинен източник.

Светлинни източници (лампи), които излъчват светлина само чрез топлинно излъчване са: нажежаема лампа, нажежаема халогенна лампа.

II. Луминесцентно излъчване:

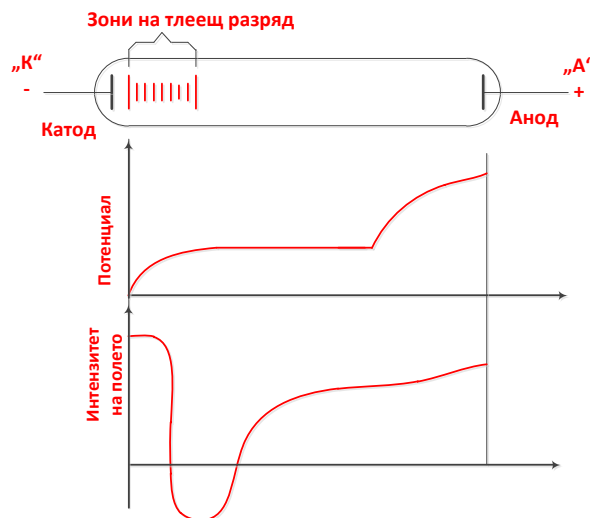
1. Общи сведения:

Луминесценцията се определя като допълнително излъчване към топлинното излъчване чиято трайност е равна или по – голяма от 10^{-10} секунди.

Различават се: самостоятелно, принудително и рекомбинационно светене.

Рекомбинационно светене има при луминофорите.

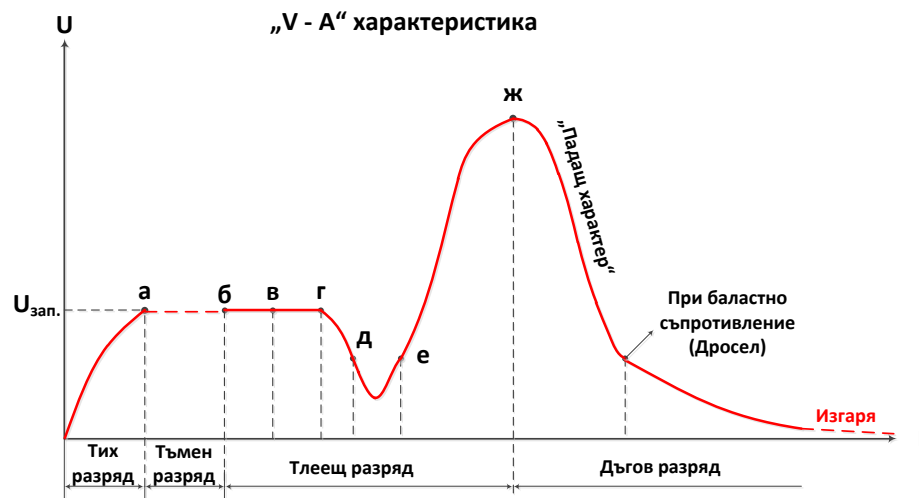
2. Характеристики на електро луминесценцията:



Разглежда се стъкловидна тръба с метални пари (Например: живачни или натриеви) има два електрода: Анод „А“ и Катод „К“; положителни и отрицателни йони и свободни електроди, получени в резултат на външни йонизатори (ултра виолетово излъчване).

При подаване на напрежение на двата електрода (- и +) започва дъгов електрически разряд между Анода и Катода, тоест протича ток през тръбата. В зависимост от големината на подаденото напрежение и на силата на външният йонизатор по дължината на тръбата, се изменя потенциала и интензивността на полето.

Разглеждаме „V – A“ характеристика – зависимостта на: $I = f(U)$:



Глеещ разряд има при глин лампите.

В точка „ж“ от „V – A“ характеристика започва надясно дъговият разряд, които се изразява в нормалният режим на излъчване (работа) на газоразрядните светлинни източници:

- Луминесцентни лампи;
- Живачни лампи;
- Метал - халогенни и др. лампи.

След точка „ж“ „V – A“ характеристика има падащ характер, токът силно нараства, което довежда до разрушаване на лампата.

ВАЖНО !!!!!

За да се стабилизира големината на тока в дадена точка от този участък на характеристиката последователно на лампата се включва баластно съпротивление – дросел.

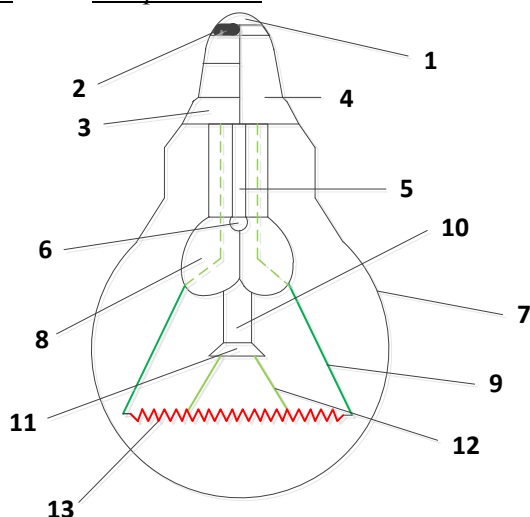
Пример:

За Луминесцентна лампа 40W дроселът стабилизира работата и за ток $I_{л.л.40W} = 0,43A$

РАЗДЕЛ: „СВЕТЛИННИ ИЗТОЧНИЦИ:

9 въпрос – Нажежаема лампа

I. Устройство:



1. Долна контактна пластина;
2. Стъклена изолационна маса (лепило);
3. Цокъл (Едисонов);
4. Извод;
5. Стъклена тръбичка за изпомпване на въздуха;
6. Отвор на 5;
7. Стъклена колба;
8. Лопатка;
9. Електроди;
10. Стъклена колонка;
11. Стъклена леща;
12. Молибденови държатели на жичката;
13. Волфрамова нажежаема жичка.

Предимства на нажежаема лампа:

- Удобна експлоатация;
- Непрекъснат спектър;
- Голямо производство.

Колбата на лампата е с инертен въздух за да предотврати интензивното окисление и разпръскване на волфрамовата жичка при висока температура. С оглед на това

лампи биват два вида: Вакуумни и Запълнени с инертен газ (Азот, Аргон, Криптон и Ксенон):

- 1) *Вакуумни*: имат минимални топлинни загуби поради липса на газа; мощност: $P = 25 \div 40W$; работна температура – 2400K.
- 2) *Запълнени с инертен газ*: мощност: $P = \text{над } 25 \div 40W$; инертният газ с които са запълнени създава налягане върху жичката и тя по бавно се изпарява; работната температура при която работи е 2900K.
Инертни газове с които се запълва е: 84% Аргон + 16% Азот.

Жичка:

Нажежаемата жичка бива:

- Праволинейна – при маломощните лампи ($15 \div 20W$);
- Спирални и биспирални – при съвременните лампи.

Форма на колбата:

- Крушообразна;
- Тръбни;
- Канкообразни;
- Шуфидни.

II. Основни параметри и характеристики:

1. Електрически:

U_n и P_n , а I_n за еталонни форми.

Разнообразни напрежения: $U_n = 12, 24, 36, 220$ основно, 380 много рядко.

2. Светлинни:

- 1) Светлинен поток – Φ [lm] за U_n ;
- 2) Максимален интензитет – $Y_{\max}$ [cd];
- 3) Габаритна яркост – $L_{\text{габар.}}$ [cd/m²];
- 4) Цветна температура – $T_{\text{цв.}}$ [K]

Пример:

За лампа 60 W токът на лампата е: $I_{\text{л.60W}} = 0,26A$

$T_{\text{цв.}}$ от 2500 ÷ 2700K – сравнително ниска цветна температура.

P, W	Φ, lm
15	110
25	220
40	415
60	715
75	950
100	1350

3. Икономически:

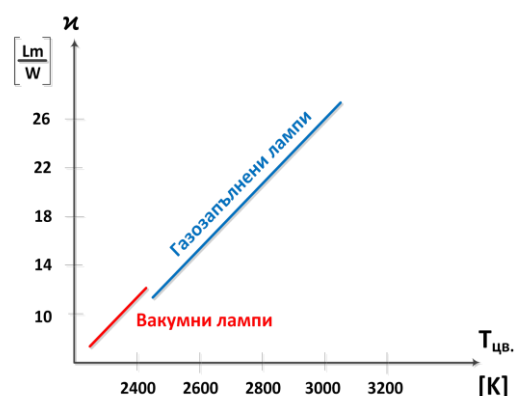
Светлинен добив - κ (капа):

$$\kappa = \frac{\Phi}{P}, \quad \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$$

$$\kappa = (7 \div 12) \frac{\text{lm}}{\text{W}} - \text{Вакуумни лампи};$$

$$\kappa = (\text{до } 20) \frac{\text{lm}}{\text{W}} - \text{Високомощни лампи};$$

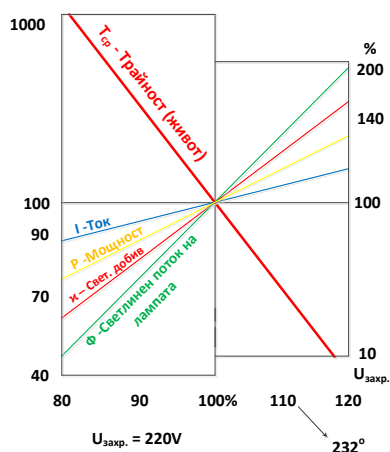
$$\kappa = f(T_{\text{цв.}})$$



4. *Експлоатационни :*

Средната трайност (живот) на лампите, се определя с времето с течение на което изгарят 50% от изпитваните лампи. Средната трайност на една нажежаема лампа е 1000 часа.

5. *Зависимост от големината на захранващото напрежение:*



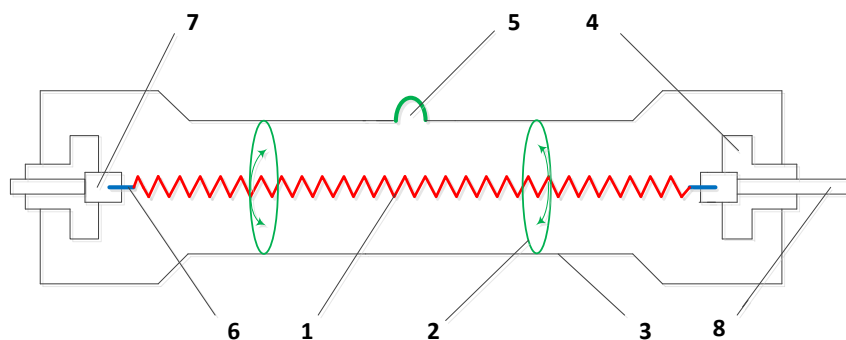
Извод:

Животът ($T_{сp.}$) на лампата много силно зависи от захранващото напрежение ($U_{зaхp.}$) и със увеличаването му трайността и рязко намалява.

10 въпрос – Нажежаема халогенна лампа

I. Устройство:

1. *Тръбна нажежаема халогенна лампа:*



Тръбна нажежаема халогенна лампа

1. Нажежаема волфрамова жичка;
2. Волфрамови държатели (кръгчета) на жичката държащия в хоризонтално положение;
3. Тръбичка от кварцово стъкло;
4. Порцелан;
5. Място за изпомпване на въздуха;
6. Волфрамови изводи;
7. Молибденови пластинки;
8. Контактни изводи за електрическо захранване.

Те са газонапълнени с инертни газове (ксенон) и известно количество от някакъв халогенен елемент (йод, бром, хлор и др.).

Предимства спрямо нажежаемата лампа:

- 1) Светлинният добив „и“ е 1,5 пъти по – голям;
- 2) Малки размери;
- 3) Двойно по – голяма трайност;
- 4) Термо устойчиви;
- 5) Цветна температура „Т_{цв.}“ е около 3200K.

Особеност е регенеративният халогенен цикъл:

От високата температура на жичката волфрама се изпарява (разпрашва) до стената на тръбичката или колбата и влиза в химична реакция със парите на халогенния елемент. Образува се газообразен волфрамов халогеноид (химично съединение). Той пада в зоната на нагрятата спирала ($1400 \div 1600^{\circ}\text{C}$) и волфрама отново се отлага върху нажежаемата жичка, така тя се регенерира (самовъзстановява) и се удължава нейният живот.

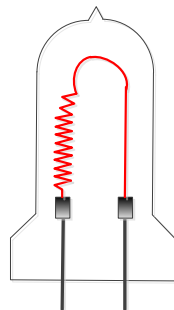
Друга особеност е че тези лампи трябва да работят в хоризонтално положение $\pm 4^{\circ}$ за да може халогенното съединение да попада върху цялата дължина на жичката.

U, V	P, W	Φ, lm	T _{ср.} , h
220	1000	22000	2000
Ниска ефективност			

Употреба:

прожекторно осветление; спортни и строителни терени и площадки; външно фасадно осветление

2. Халогенни лампи за оптични и фото цели:



Оптични цели

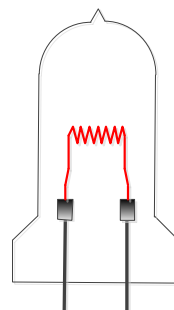
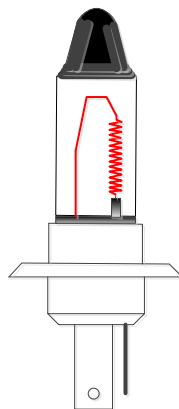
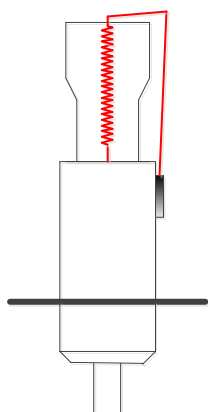


Фото светкавични цели

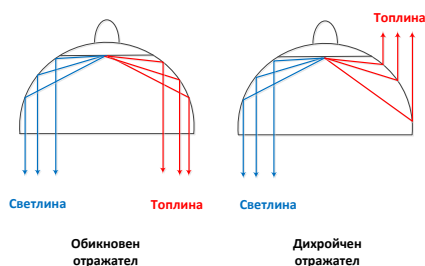
3. Авто халогенни лампи:



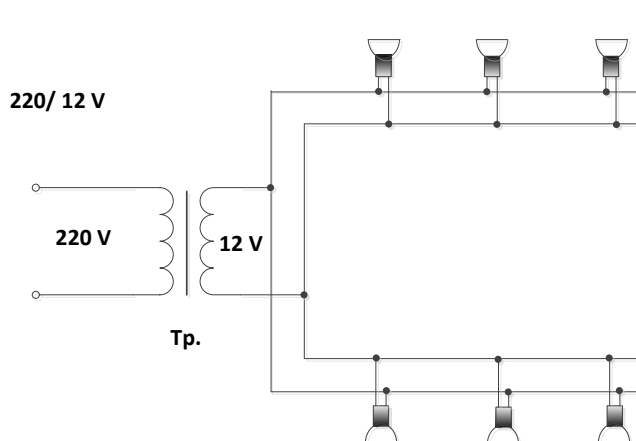
Една авто халогенна лампа с мощност 55W с напрежение 12 V има светлинен поток 1550 lm и живот 350 часа.

II. Халогенни лампи за ниско напрежение $U = 12\text{ V}$:

Халогенни лампи с дихройчен отражател (рефлектор):



Посредством дихройчното покритие на рефлекторът около лампата, тя само пропуска пред себе си излъчената от лампата светлина, а не отразява и насочва инфрачервените топлинни лъчи към осветяваният обект.



Пример:

1) Нажежаема лампа:

$$U_{\text{л}} = 220\text{ V} \quad P_{\text{л}} = 60\text{ W}$$

$$I_{\text{л}} = \frac{P_{\text{л}}}{U_{\text{л}}} = \frac{60}{220} = 0,27\text{ A} \quad S = 1\text{ mm}^2$$

2) Халогенна лампа с дихройчен рефлектор:

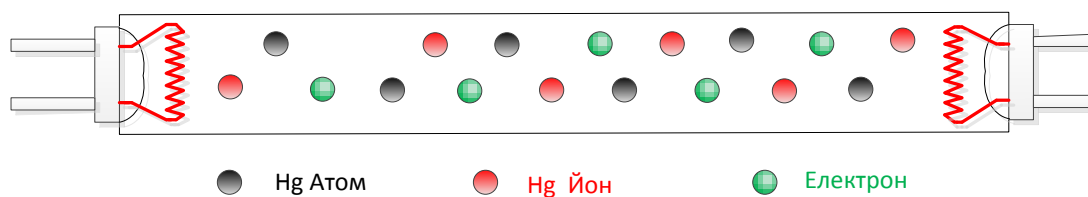
$$U_{\text{л}} = 12\text{ V} \quad P_{\text{л}} = 60\text{ W}$$

$$I_{\text{л}} = \frac{P_{\text{л}}}{U_{\text{л}}} = \frac{60}{12} = 5\text{ A} \quad S = ? \Rightarrow$$

$\Rightarrow S = ?$ - сечението зависи от дължината на линията, тъй като тя влияе върху загубата на напрежение.

$$\Delta U_{\text{заг.}} = ? < 2,5\%$$

11 въпрос – Луминесцентна лампа. Устройство и схеми на включване.



I. Устройство:

1) Нажежаема жичка;

2) Тръба – тя е запълнена след изпомпване на въздуха с аргон и $30 \div 50\text{ mg}$ живак. Дъговият разряд който е източник на светлинното излъчване, се създава от живачни пари с ниско налягане около $1 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$ стара единица, нова 1 Pa .

Излъчването само от видимите излъчвания при: χ (капа) = $(5 \div 7) \frac{\text{lm}}{\text{W}}$ (ако няма

люминофор). А излъчването чрез люминофор става $\chi = (50 \div 70) \frac{lm}{W}$, 10 пъти по – голямо излъчване на светлината.

От енергийният баланс на лампата се установява, че от 100% електрическа мощност 17% е за светлинно излъчване, а останалите проценти са за загуби. 22% инфрачервено излъчване, около 20% в баластното съпротивление (в дросела), и 10 ÷ 12% в люминофора. И около 30% в дъговият разряд и електродите.

3) *Люминофори:*

- Фосфати;
- Силикати;
- Волфранити и други съединения.

4) *Форма на тръбата;*

5) *Отношение на размерите:*

Ф38 mm	Ф26 mm	Ф16 mm	Ф7 mm
1939 г.	1978 г.	1995 г.	
	Марка: „Т8“	Марка: „Т5“ Най – модерна за момента	
	Philips		Osram

Производители:

- GE;
- Sylvania;
- Philips;
- Osram.

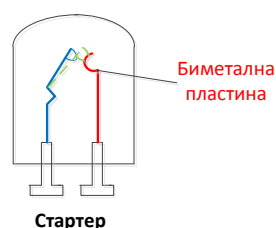
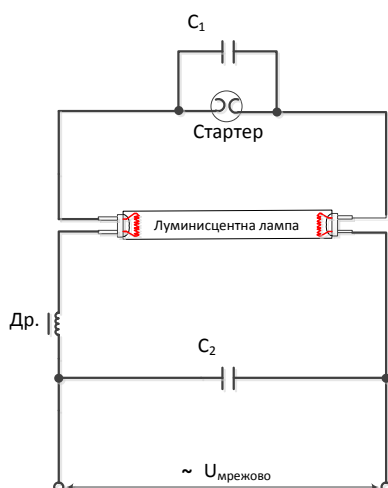
Люминесцентните лампи, се включват в различни видове схеми. Основно включване е стартерно. Но има и безстартерно включване. При него лампата има вградена стартерна пътечка (вградена метална нишка).

Неоновите тръби представляват газоразрядни лампи за високо напрежение без люминофор.

II.

Схеми на включване на люминесцентните лампи:

1. Лампа със стартерно запалване:



Разглежда се стартерна схема със стартер и дросел

- Стартерът представлява миниатюрна лампа пълна с неон, хелий; има два електрода, първият от който е от огъната биметална пластина;
- Дросел – изпълнява функциите на баластно съпротивление;

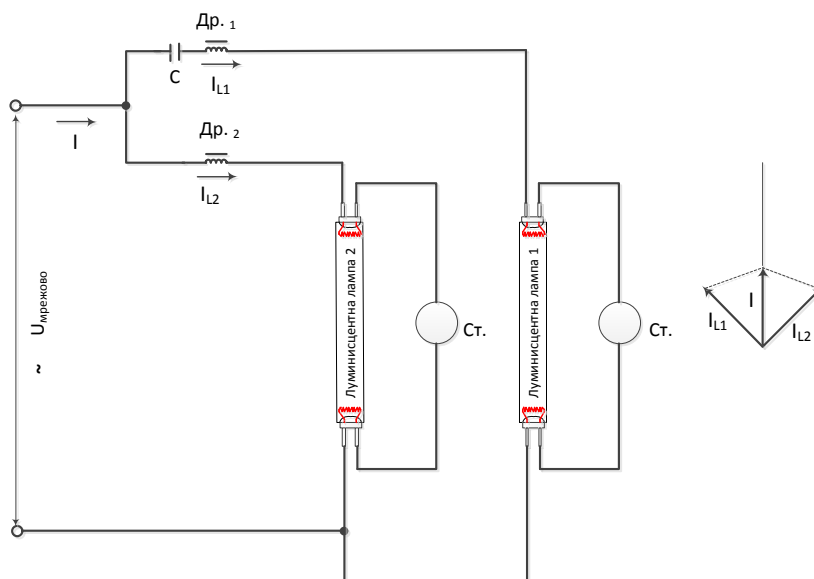
Процес на запалване на лампата:

- 1) Подава се мрежово напрежение, след това започва тлеещ разряд в стартера, от който загрева неговият биметален електрод (пластина);
- 2) Загряват се електродите на стартера на късо, чрез огъване на биметалният електрод, през веригата протича голям ток $I = (1,5 \div 1,7) \cdot I_H$, който загрева двете жички (температурата на жичката става около $800 \div 900^\circ\text{C}$) в двата края на луминесцентната тръба и се създават благоприятни условия за започване на „дъгов разряд“ в луминесцентната лампа.
- 3) Разделят се двата електрода на стартера (тъй като изстиват) и така се прекъсва електрическата верига в която е включен и дросела. В този момент на двете жички в двата края на лампата се подава кратковременен импулс с повишено напрежение $U = (500 \div 1500)\text{V}$, за сметка на енергията запасена във магнитното поле на дросела.
- 4) Възниква пробив в между електродното пространство на луминесцентната лампа и тя се запалва. Ако температурата не е достатъчна стартера може да се включи няколко пъти докато лампата запали, това трае $1,5 \div 2$ секунди.

Кондензаторът C_1 ($C_1 = 10000 \div 12000 \text{ pF}$) е против радио смущения от работата на стартера.

Кондензаторът C_2 е компенсиращ не служи за запалване на лампата, а за подобряване на факторът на мощността $\cos\phi$ на мрежата на 0,9.

2. Стартерна Дуо схема (компенсирана):



Това е схема с две лампи L_1 , $Dr.1$ и L_2 , $Dr.2$, при която схема:

- Намаляват пулсациите;
- Повишава се факторът на мощност.

L_2 е в обикновена индуктивна схема с нисък $\cos\phi = 0,5$ (неблагоприятен) токът I_{L2} изостава от напрежението на около 60° , а другата лампа L_1 е свързана към мрежата чрез кондензатор C и дросел $Dr.1$ и токът I_{L1} изпреварва напрежението със 60° , а резултатният ток „ I “ почти съвпада с напрежението, т.е. $\cos\phi = 0,95 \div 1$ (благоприятен). Единствената особеност от другите схеми е кондензаторът C .

Новата съвременна лампа е триивичната луминесцентна лампа, която има триивични луминофори, които създават три основни ивици на излъчване на нейният спектър с цветни температури: $T_{\text{цв.}} = 3000\text{K}$, 4000K и 6000K много добър индекс на цвето предаване $R_a = 85$ и по – добър светлинен добив $\eta = 90 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$ (много добър).

12 въпрос – Параметри и характеристики на луминисцентна лампа.

I. Електрически параметри:

1. Мощности:

3W, 4W, 6W, 8W, 11W, 13W, 15W, 18W, 20W, 25W, 36W, 40W, 58W и т.н.

Диаметър: Φ (38 - 16)

2. Напрежение:

$U_{\text{раб.л.л.}} = (1,5 \div 1,7) \cdot U_{\text{мрежа}}$

т.е. $U_{\text{мр.}} = 220\text{V}$, главно за променлив ток, с честота $f = 50\text{ Hz}$.

II. Светлотехнически параметри:

Данни от: Завод „Светлина“ – гр. Сливен						
	Лампа		Цветна температура	Светлинен поток, [lm]		
				20W	40W	65W
M1	ДС	Дневна светлина	6500°K	880	2300	3340
M2	СБС	Студено бяла светлина	4500°K	1020	2700	4400
	БС	Бяла светлина	4200°K	1060	2800	4600
M3	ТБС	Топло бяла светлина	3000°K	1060	2800	4600

Забележка:

Производителите на лампи вместо обозначенията: ДС, СБС, БС и ТБС са въвели номерация от 2 или 3 числа.

Пример:

Луминесцентни лампи на филма „Philips“:

36W/ 25 => $\Phi = 2600\text{ lm}$

36W/ 35 => $\Phi = 3000\text{ lm}$

36W/ 840 => $\Phi = 3350\text{ lm}$

III. Икономически параметри и характеристики:

Свързани са главно със светлинният добив – η (капа):

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{л}}}{P_{\text{л}}} \approx \frac{\Phi}{P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{ПРА}}}, \quad \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$$

където:

$\Delta P_{\text{ПРА}}$ - загуби в пуско регулиращата апаратура (баластното съпротивление).

$$\Delta P_{\text{ПРА}} = (0,15 \div 0,20) \cdot P_{\text{лампа.}}$$

Пример:

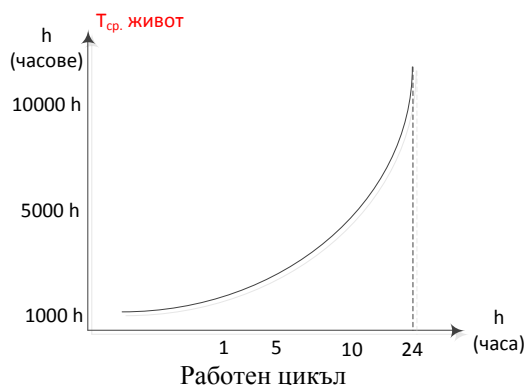
За лампа 36W => $\Delta P_{\text{ПРА}} = 10\text{W}$, т.е. реалната консумирана от луминесцентната лампа мощност е: $P = 36 + 10 = 46\text{W}$.

$$\kappa = 60 \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$$

κ достига до $90 \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$, при три ивичните лампи, тях ги споменахме в 11 въпрос.

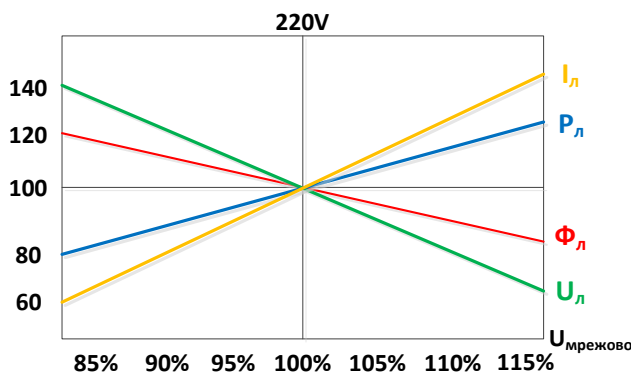
IV. Експлоатационни параметри и характеристики:

Тук влиза трайността (живота) на лампата. Стига до 7500 часа, но достига и до (10000 ÷ 12000) h за някой модели.



Когато луминесцентните лампи работят в фирмени помещения и има чести включения и изключения, работният живот на лампата намаля драстично.

V. Зависимост от захранващото напрежение:



VI. Пулсации на светлинният поток:

Светлинният поток на всички лампи се изменя периодично с честота $f = 100 \text{ Hz}$ (т.е. два пъти повече от 50 Hz). При нажежаемите лампи пулсациите са малки поради топлинната инерция на нажежаемата жичка. При газоразрядните лампи т.е. луминесцентните пулсациите са по – малки ако лампата е с луминофор. Но те са винаги по – големи от нажежаемата лампа.

Намаляване на пулсациите:

- Чрез включване към различни фази (R, S и T);
- Чрез високо захранване;
- Чрез ЕПРА и др.
-

VII. Приложение:

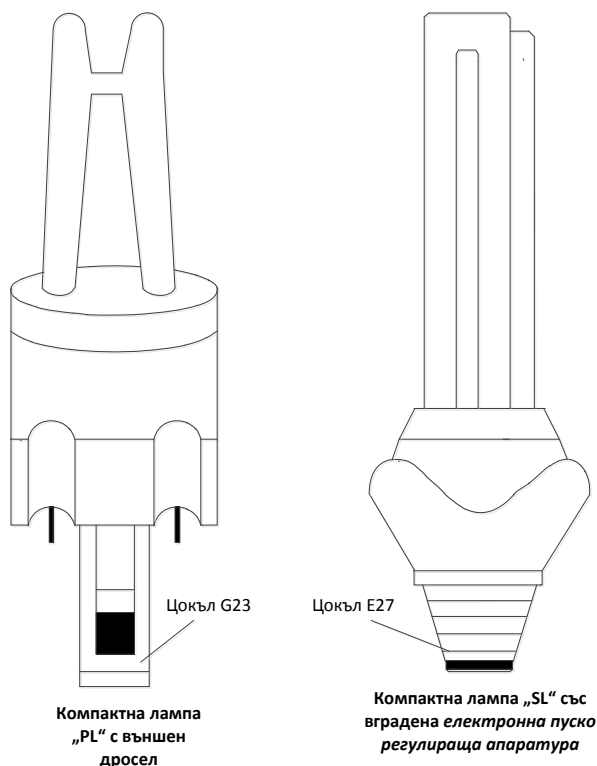
- 1) ДС – Дневна светлина: при повишени изисквания за цветоподаване, боядисване, сортировка, контрол на тъкани, художествени ателиета, изложби, магазини за тъкани.

- 2) *СБС – Студено бяла светлина*: работни помещения съвместно със естествена светлина и при **изискване за добро цвето предаване**, магазини за промишлени стоки, хранителни продукти, болници и др.
- 3) *БС – Бяла светлина*: помещения без специални изисквания, промишлени и административни сгради, магазини за спортни и канцеларски стоки, монтажни цехове. Тези лампи имат най – много продажби, най – висок светлинен добив – и)
- 4) *ТБС – Топло бяла светлина*: жилищни помещения.

13 въпрос – Компактна луминисцентна лампа.

I. Устройство:

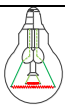
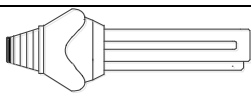
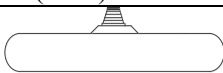
Създадени са през 1980 година от фирма „Philips“ имат висок светлинен добив „ж“ (капа), малки габарити, голяма трайност. Тяхната по – малка дължина на луминесцентната тръба, се получава чрез създаване на няколко участъка огънати и свързани по специална технология.



Тръбичката на лампата съдържа луминофор от редки метали, който могат да работят при по-висока повърхностна плътност на облъчване отколкото стандартните луминесцентни лампи. Тръбичките съдържат живак около 15 mg, аргон (налягането е 400Pa).

II. Параметри:

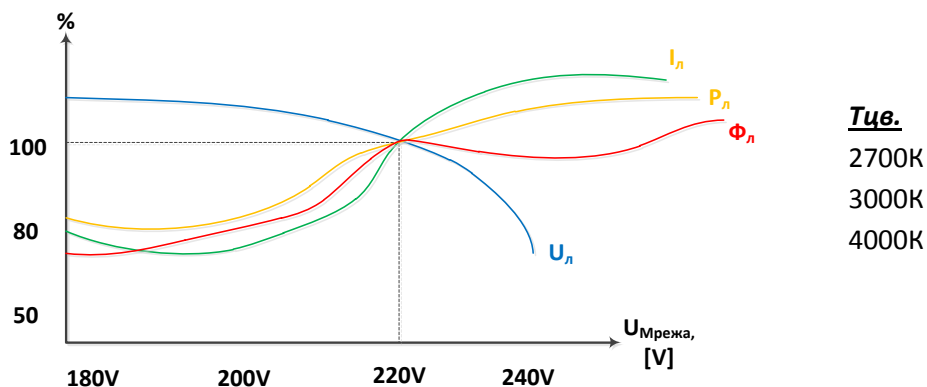
Електрическите и светлотехнически характеристики съответстват на стандартните луминесцентни лампи със същата мощност, но габаритите са два пъти по – малки което дава възможност да се работят по – малогабаритни осветителни тела.

Тип	Нажежаема лампа	Компактни лампи (К.Л.)	
		 К. Л. „SL“	 CIRCOLUX
Светлинен добив	$\kappa = (11 \div 14) \frac{lm}{W}$	$\kappa = (45 \div 60) \frac{lm}{W}$	
Цветен тон	Топъл	Различен	
Среден живот	1000 часа	8000 часа	
Дросел	Няма	Външен PL; вградена електронно пуско регулираща апаратура SL, CIRCOLUX и др.	
Температурна зависимост	Няма	Има	
Цветопредаване	Много добро	Много добро	
Еквивалентност по светлинен поток	40W 60W 75W 100W	9W 13W 18W 29W	

- 1) По малка консумация на светлинен поток;
- 2) Животът на компактните лампи е по – голям – 8000 часа;
- 3) Недостатък: компактните лампи са по скъпи.

III. Характеристики:

$P = 11W$; $I = 0,155A$; $\Phi = 900lm$.

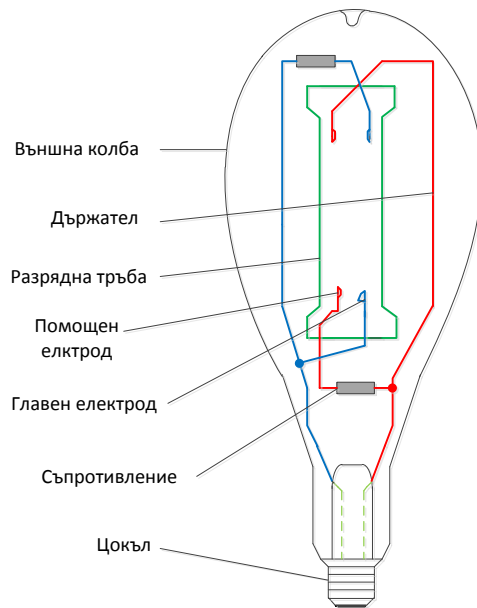


IV. Приложение:

Компактните луминесцентни лампи се използват за: местно осветление; административни сгради.

14 въпрос – Живачна лампа с високо налягане.

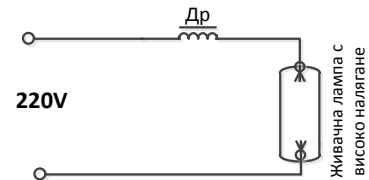
I. Устройство:



Само при тези лампи има съпротивление и допълнителен електрод

- 1) Разрядна тръба (РТ): направена е от мъчно топило кварцово стъкло. Съдържа аргон и живак (живак при 125 W (20mg), а при 240 W (40mg)). Аргона се използва за облекчаване на запалването на разряда и защитаване на електродите от разрушаване.
- 2) В долният и горният край на РТ има разположени един до друг главен и допълнителен електрод на $1 \div 2 \text{ mm}$. Те представляват волфрамови пръчици с навита волфрамова жичка. Помощните електроди които са по малки от главните са свързани чрез съпротивление „R“ ($10 \div 20 \text{ k}\Omega$).
- 3) Външна колба: направена е от магнезиево стъкло. Запълнена е с топлопроводен газ, въглероден двуокис или азот.

Живачната лампа се включва в мрежата с последователно свързан дросел.



Има падаща „V – A“ характеристика: (виж 8 въпрос):



Поради което трябва да работи с последователно включен дросел. Продължителността на пусковият ток е от $2 \div 5$ минути.

II. Параметри:

„HPL“ означение на този вид лампа от фирма: „Philips“.

1. **Мощности:** 80W, 125W, 250W, 400W по – рядко, 700W (по – рано).

Пример за лампа:

Лампа с мощност: 250W; $\Phi_L = 13500 \text{ lm}$; Ток: 2,15 A; Загуби в дросела: 18W.

2. **Спектрален състав:**

Зависи от налягането и силата на тока, този вид лампи имат сравнително голяма яркост (L):

- Без луминофор: силно зелен цвят и незадоволително цвето предаване;
- Със луминофор: подобро спектрално излъчване. Светят със приемлив бял цвят.

3. Цветна температура:

$T_{\text{цв.}} = 4000 \text{ K}$ – междинно положение в сравнение с другите лампи.

4. Индекс на цвето предаване:

$R_a = 45$ – приемлив но не много добър.

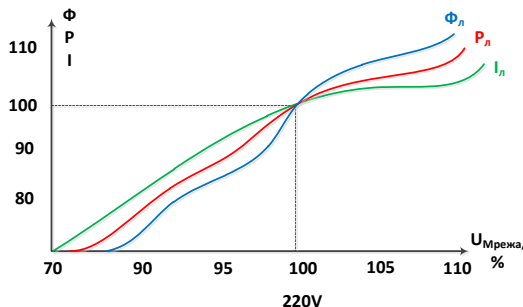
5. Светлинен добив „капа“ (κ):

$\kappa = 60 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$ – нисък за газоразрядна лампа с високо налягане.

6. Средна трайност (живот на лампата):

$T_{\text{ср.}} = 9000 \text{ h}$

III. Характеристики:



IV. Приложения:

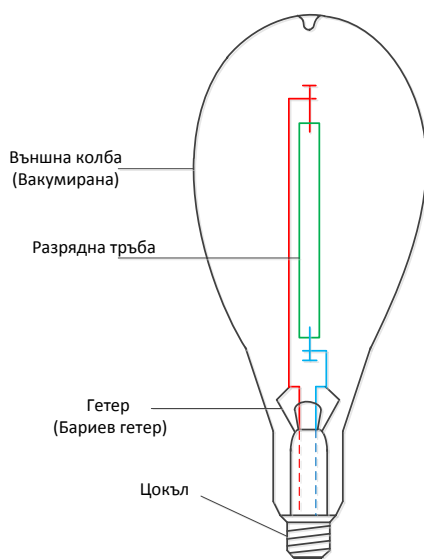
Външно и улично осветление; промишлени цехове за осветление (със височина на окачване над 6 метра).

Живачна лампа с вградена волфрамова жичка, която се включва без дросел: не се препоръчват, имат много нисък светлинен добив: $\kappa = (11 \div 26) \frac{\text{lm}}{\text{W}} \leq \kappa = 60 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$, и много по малък живот: $2000 \text{ h} \leq 9000 \text{ h}$.

15 въпрос – Натриева лампа с високо и ниско налягане.

I. Натриева лампа с високо налягане:

1. Устройство:



- 1) Колба: елипсоидна или цилиндрична;
- 2) Разрядна тръба: от поликристален алуминиев окис „ Al_2O_3 “. Тя съдържа: Натрий (70%), който е основно работно вещество и дава светлинно излъчване; Живак (30%); Ксенон (0,1%) за повишаване на „светлинният добив (капа) κ “;
- 3) Гетер: върху този пръстен, се поставя специална таблетка, която след затваряне на голямата колба, се разпръсква и действа като газопоглъщател на ненужните вещества в колбата.

2. Параметри:

Фирма „Philips“ означава този вид лампа със „SON“

1) Електрически:

- Мощност: 50W, 70W, 100W, 250W, 400W.

Пример:

Натриева лампа с високо налягане: със мощност $P = 250W$

$U_L = 100 V$ (при $U_{зархр.} = 220 V$); $I_L = 3 A$;

$\Phi_L = (25000 \div 28000) lm$ – много добър;

$\Phi_{50W} = 3500 lm$
 $\Phi_{100W} = 10000 lm$ } Добри потоци

- Разгаряне:

След запалване на лампата от 5 до 7 минути;

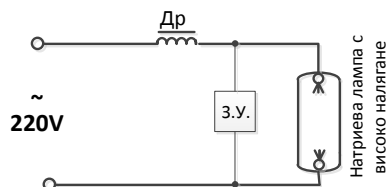
- Запалване:

Със запално устройство със високо волтен импулс $(2,5 \div 4)kV$ с малка мощност.

- Елементи при запалването на лампата:

А) запално устройство – (З.У.);

Б) дросел (баластно съпротивление).

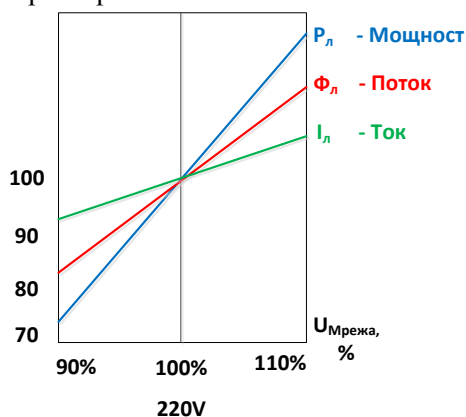


Има разновидност на Натриевите лампи ВН със вграден starter във колбата, който играе ролята на запалното устройство.

2) Светло технически:

- Спектър: характеризира златист (жълт) оттенък на излъчваната светлина.
- Цветна температура: $T_c = 2100K$ – ниска цветна температура.
- Индекс на цветоотдаване: $R_a = 20$ – неблагоприятен;
- Светлинен добив: $\chi = 130 \frac{lm}{W}$ – много добър светлинен добив.
- Живот на лампата (трайност): $T_{ср.} = (10000 \div 15000)h$;

3. Характеристики:



Захранващото напрежение влияе сравнително силно върху:

- Мощността;
- Светлинният поток;
- Токът.

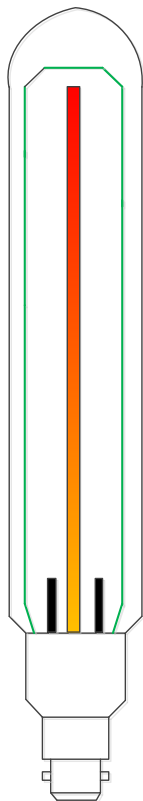
4. Приложение:

- 1) Външно улично осветление; улици; ж.п. площади; магистрални тунели (замяна на живачните лампи, които са използвани до сега).
- 2) Вътрешно осветление: то е ограничено само в леярски и ковашки цехове; цехове с монтаж на голямо габаритни детайли.

Недостатък: не благоприятен спектър поради жълтият цвят на светлината.

II. Натриева лампа с ниско налягание:

1. Устройство:



1) Разрядна тръба: тя е огъната U – видна. Съдържа натрий (основно работно вещество), неон и аргон.

2) Съклен цилиндр (вакуумиран);

Разрядната тръба има некръгло сечение за повишаване ефективността на разряда.

Натриевите пари в разрядната тръба имат ниско налягане $(0,5 \div 1,2) \frac{N}{m^2}$, около 1 атмосфера; както при луминесцентните лампи.

Включване:

- Дросел;
- Запално устройство.

Разгаряне:

След запалване на лампата от 10 до 15 минути;

2. Параметри:

Фирма „Philips“ означава този вид лампа със „SOX“

1) Електрически:

- Мощности: 18W, 36W, 66W, 91W, 131W.

Пример:

При мощност: $P = 131W$, светлинният поток на лампата е $\Phi_{\text{л}} = 21000 \text{ lm}$.

2) Светло технически:

- Спектър: излъчва се само монохроматична жълта светлина със $\lambda = 589 \text{ nm}$ (неблагоприятно!!!!!!!!!!!!)
- Светлинен добив: $\eta < 170 \frac{\text{lm}}{W}$ – най - висок светлинен добив.
- Живот на лампата (трайност): $T_{\text{ср.}} = \text{около } 9000 \text{ h}$;

3. Приложение:

Външно осветление на крайградски и околоръстни пътища, автомагистрали, кръстовища, архитектурни обекти и др.

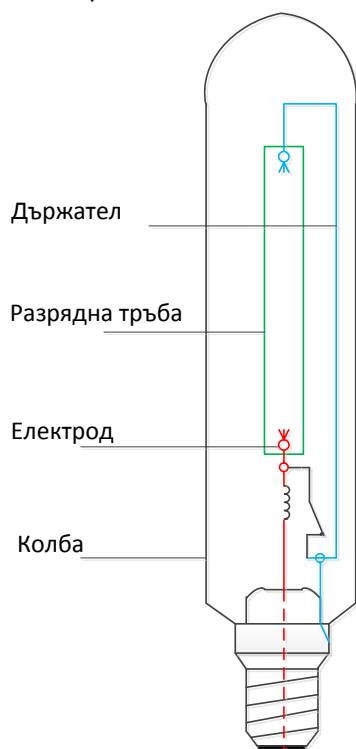
Особеност:

Монохроматичната жълта светлина е благоприятна за получаване на висока острота на зрението. Необходима в помещения за контрол на шупли и пукнатини в отливки, метални изделия и др.

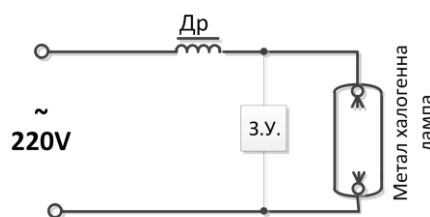
16 въпрос – Метал – халогенна лампа. Ксенонова лампа.

I. Метал – халогенна лампа:

1. Устройство:



- Колба: елипсовидна или цилиндрична. Която е вакуумирана или със инертен газ.
- Разрядна тръба: направена е от кварцово стъкло. Съдържа добавки от халогеноиди на редки метали (талий, индий и др.), живак и аргон (като запалващ газ). Налягането на живака е няколко атмосфери: $1 \text{ атмосфера} = 1 \cdot 10^6 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$.



2. Параметри:

1) Електрически:

- Мощности:

Големи: 100W, 250W, 400W, 1000W, 2000W, 3000W, 3500W (за фасадно осветление и стадиони над: 2000W).

Пример:

$P = 250\text{W}; \quad U = 105 \text{ V}; \quad I = 3 \text{ A}; \quad \Phi_{\text{л}} = 20000 \text{ lm}.$

- Разгаряне:

След запалване с запално устройство от 3 до 4 минути.

2) Светло технически:

- Спектър:

Много благоприятен, благодарение на халогенните съединения. Цветът е близък до този на дневната светлина.

- Цветна температура:

$T_{\text{ц}} = (5500 \div 6000)\text{K}$ – много добра.

- Индекс на цветоотдаване:

$R_a = (80 \div 90)$ – много благоприятен.

- Светлинен добив:

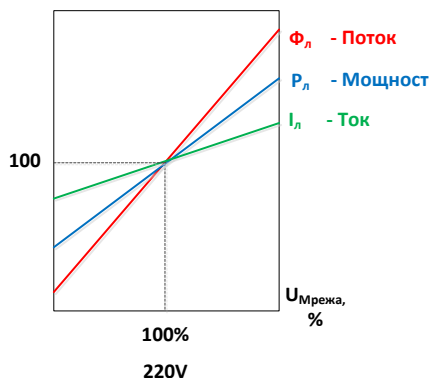
$\eta > 100 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$ – много добър светлинен добив.

- Трайност (живот) на лампата:

за лампи 400W; $T_{\text{ср.}} = 6000 \text{ h};$

за лампи (1000 ÷ 2000)W; $T_{\text{ср.}} = 2000 \text{ h};$

3) Характеристики:



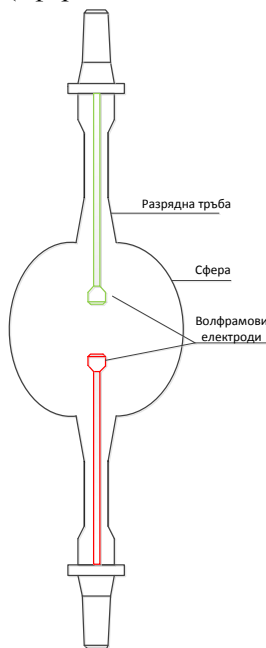
4) Приложение:

- 1) Външно осветление: стадиони, летища, представителни площади, фасади на сгради;
- 2) Вътрешно осветление: спортни и зрителни зали, полиграфски фирми, офиси със дейност свързана с цветовете;
- 3) Телевизионни и кино снимачни студии.

II. Ксенонова лампа:

1. Устройство:

(сферична ксенонова лампа):



Разрядна тръба: направена е от кварцово стъкло. В която има ксенон, налягането на който е 10^5 .

2. Параметри:

Светло технически:

Светлинен добив:

$$\eta = 25 \frac{\text{lm}}{\text{W}} - \text{много нисък.}$$

Цветна температура:

$T_{\text{ц.}} = (6100 \div 6300)\text{K}$ – много благоприятен най – висока между всички лампи близка до цветната температура на слънчевата светлина.

Индекс на цвето предаване:

$R_a = (95 \div 98)$ – най - добър.

2. Приложение:

- 1) Сферични лампи: имат къса дъга и висока яркост;
- 2) Цилиндрични: с големи мощности от няколко kW;
- 3) Маломощни ксенонови лампи за сценично осветление в театрите;
- 4) Ксенонови автомобилни лампи.

III. Други светлинни източници:

1. Безелектродна лампа: $T_{\text{сп.}} = 60000 \text{ h}$;
2. Светодиоди за осветление.

17 въпрос – Пуско регулираща апаратура.

I. Общи сведения:

Тава са: дросели, стартери, запални устройства, електрическа пуско регулираща апаратура, преобразователи на напрежение от 220V на 12V, 220V на 24V. Контролери за управление на светлинният поток (Φ), системи за управление на светлинният поток и осветеността (DALI) във помещението.

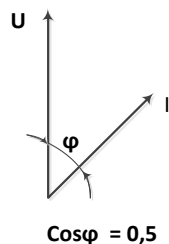
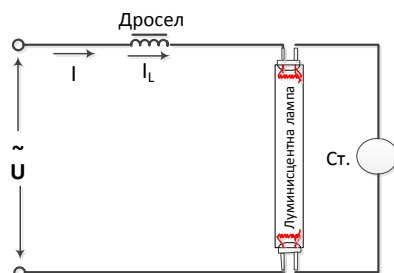


(виж 8 въпрос)

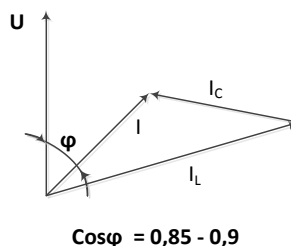
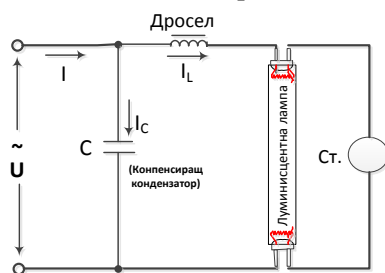
II. Схеми на включване на газоразрядни лампи (луминесцентни и др.):

1. Схеми на живачна лампа, натриева лампа и металхалогенна лампа;
2. Схеми на луминесцентни лампи:

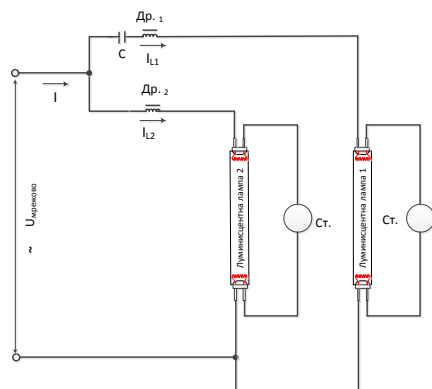
- Схема без компенсиращ кондензатор: ($\cos \varphi = 0,5$ – неблагоприятен):



- Схема със компенсиращ кондензатор: ($\cos \varphi = 0,85 \div 0,9$ – благоприятен):



3. Двухламповая Дуо схема със луминесцентна лампа:



(виж 11 въпрос)

Особеност:

Включва се допълнителен кондензатор, последователно на дросела на една лампа (Само на една лампа !!!!)

III. Дросели:

Необходими са заради падащият участък на „V – A“ характеристика. Дроселите представляват магнитопровод с една намотка. Върху дроселите са обозначени:

- Мощност на лампата (P_L);
- Напрежение на мрежата ($U_{\text{мрежа}}$);
- Ток на лампата (I_L);
- Честота ($f = 50\text{Hz}$);
- Живот на дросела ($10 \div 20$) години.

Дроселите имат високи собствени загуби от $5 \div 25\%$ (много неблагоприятно). Поради което, се изместват от електронна пуско регулираща апаратура, която има значително по – малки загуби под 10% .

IV. Кондензатори:

1. Компенсиращ: слага, се на входа на захранващата схема. Подобрява факторът на мощност на мрежата „cosφ“.
2. В стартерите;
3. В Дуо схемите.

V. Стартери:

Използват се в схеми на луминисцентни лампи (11 въпрос).

VI. Запални устройства:

Използват се за натриеви и метал халогенни лампи. Те генерират комбиниран импулс състоящ се от:

1. Маломощен високоволтов импулс ($2 \div 5$)kV необходим за пробив във междуетродното пространство на лампата;
2. Мощен нисковолтов импулс ($600 \div 800$)V способстващ за преминаването на тлеещият разряд в дъгов разряд.

VII. Електродно пуско регулираща апаратура „ЕПРА“:

Представляват електродни схеми, заместващи дросели, кондензатори и др., който осигуряват подходящо напрежение, ток, запалване и нормален режим на работа на лампите със подобряване на техните характеристики:Повишаване на светлинният добив „л“, намаляване на пулсациите, намаляване на собствените загуби. ЕПРА се използва в компактните луминесцентни лампи, където лампата се захранва с повишено напрежение, повишена честота ($f = 40 \div 60\text{Hz}$), което подобрява светлинният добив и режима на работа на лампата.

VIII. Управление на осветителни уреди:

Чрез автоматично включване и изключване, изменение на светлинният поток във голям брой помещения във една сграда, се използва система „DALI“-международен стандарт (протокол, алгоритъм) за използване на различен брой елементи, произвеждани от различни фирми но подходящи за управление на осветлението.

18 въпрос – Осветителни тела. Устройство и видове.

I. Общи сведения:

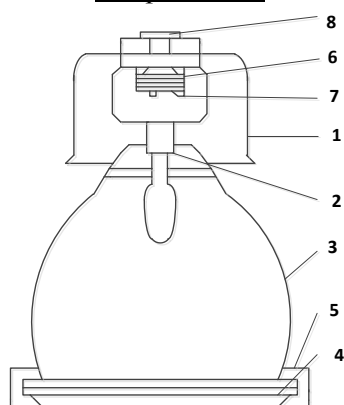
Съвременните осветителни уредби се изграждат със:

- Високоэффективни светлинни източници;
- Осветителни тела с оптимално светлоразпределение;
- Чрез оптимално проектиране.

Светлинните източници излъчват във всички посоки на техните осветителни тела, където са монтирани, преразпределят и насочват светлинният им поток.

$$\text{ОСВЕТИТЕЛ} = \text{Светлинен източник} + \text{Осветително тяло}$$

II. Устройство:



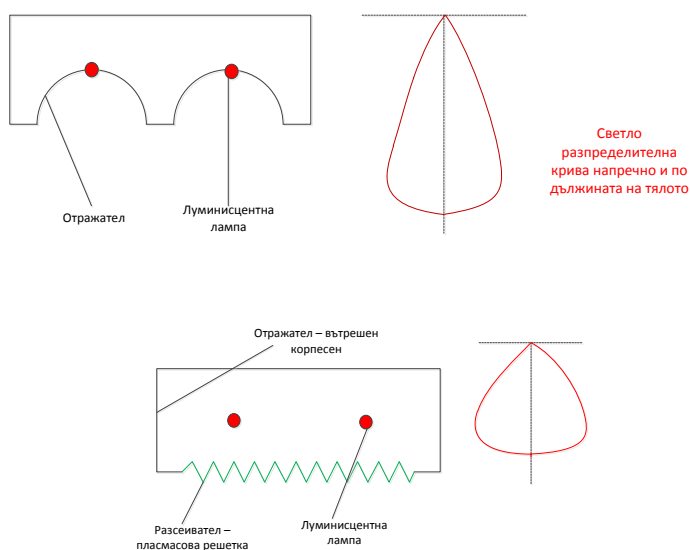
Промислен осветител

1. Корпус на Пуско регулиращата апаратура;
2. Фасунга;
3. Корпусен отражател (направен е от обработен алуминий или от боядисана стоманена ламарина);
4. Предпазно стъкло или разсейвател;
5. Силиконово уплътнение (гума);
6. Дросел за газоразрядна лампа;
7. Занулителна клема;
8. Болт и гайка за окачване.

1. Осветително тяло за близко действие:

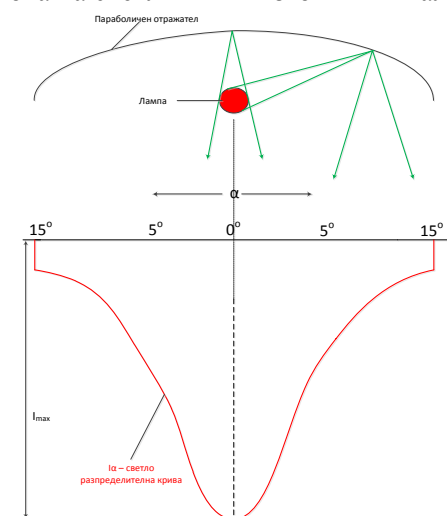
Използват се при външни и вътрешни осветителни уредби за осветяване на близко разположени предмети. Най – разпространени в промишлени и административни сгради.

Луминесцентен осветител с различни конструкции на отражателя и разсейвателя:

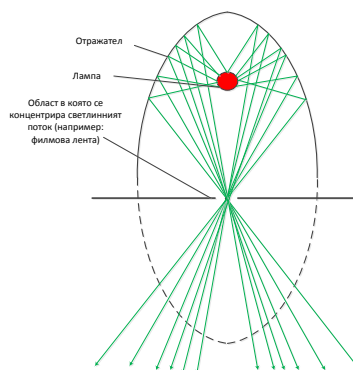


2. *Прожектори:*

Те концентрират потока на светлинният източник в малък пространствен ъгъл.



3. *Прожекционни осветителни тела:*



4. *Сигнално маркировъчни осветителни тела:*

Това са пътни знаци: „Едностранен указател на пътя на евакуация” и др

III. Класификация съобразно вида на оптичната система (отражател + лампа + разсейвател):

1. *Съобразно отражателите:*

- Осветителни тела с огледални отражатели: навлизат в последните години, повишава се к.п.д. на осветителното тяло. Реализират се различни типове светло разпределителни криви.
- Осветителни тела с матирани отражатели.
- Осветителни тела с дифузни или призматични разсейватели: разсейвателят играе роля на похлупак, затварящ пространството около лампата, който разсейва светлинният поток на лампата във пространството

2. *Съобразно разсейвателите: решетъчни.*

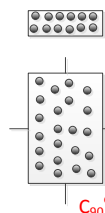
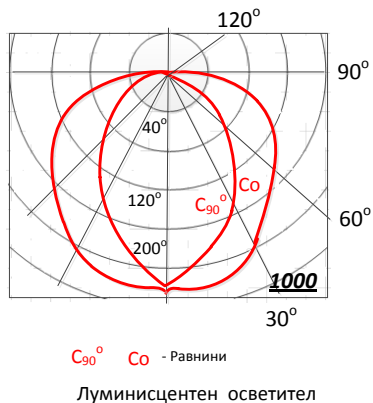
IV. Клима осветители (вентилируеми осветителни тела): интегрални системи.

V. Светодиоди.

19 въпрос – Светлотехнически характеристики и светлотехническа класификация на осветителните тела. Степен и клас на защита.

I. Светлотехнически характеристики:

1. Светло разпределителна крива: (виж 2 въпрос):



Светло разпределителните криви, се съставят и чертаят за основен светлинен поток 1000 lm

$$U_L = I' \cdot \frac{\Phi_{\text{осв}}}{1000} - \text{реалният интензитет.}$$

I' – отчетен от светло разпределителната крива.

$$\Phi_{\text{осв}} = \sum \Phi_{\text{лампи}}$$

2. Коефициент на полезно действие (к. п. д.):

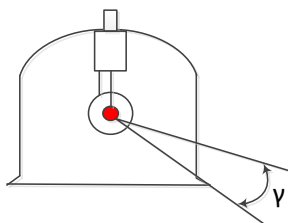
$$\eta_{\text{осв. тяло}} = \frac{\Phi_{\text{осв. тяло}}}{\Phi_{\text{лампа}}} \quad (\text{излъчен, полезен})$$

$$\eta_{\text{осв. тяло}} = (0,6 \div 0,9)$$

к. п. д., се измерва в интегрален фотометър на Улбрих.

3. Защитен ъгъл против заслепяване:

Минимален ъгъл спрямо хоризонтална равнина под който се вижда някаква светеща точка от светещо тяло на светлинният източник.



4. Коефициент на усилване:

$$K_{\text{усил.}} = \frac{U_{\text{MAX}}}{U_{\text{лампа ср.}}} \quad \begin{array}{l} \text{— от светло разпределителната крива} \\ \text{— среден интензитет на лампата} \end{array}$$

$$U_{\text{лампа ср.}} = \frac{\Phi_L}{4\pi}$$

5. Коефициент на формата:

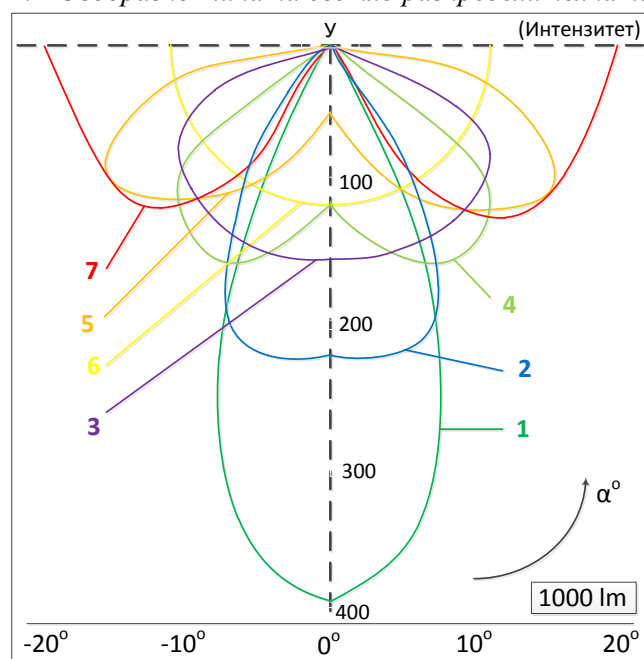
$$K_{\text{Ф.}} = \frac{U_{\text{MAX}}}{U_{\text{ср.}}} \quad \begin{array}{l} \text{— от светло разпределителната} \\ \text{крива} \end{array}$$

6. Габаритна яркост. Средна яркост на осветителното тяло: (виж 4 въпрос):

От нея зависи заслепяващото действие на осветителното тяло:

II. Светло техническа класификация

1. Съобразно типа на светло разпределителната крива (с. р. к.):



където:

1. Концентрирана с. р. к.;
2. Дълбока с. р. к.;
3. Косинусна с. р. к.;
4. Полуширока с. р. к.;
5. Широка с. р. к.;
6. Равномерна с. р. к.;
7. Синусна с. р. к..

1 и 2 светлоразпределителни криви си използват в осветителни тела, които се монтират на по – голяма височина (4, 6 и 8 метра). Косинусната (3) светло разпределителна крива е около гола лампа. 4 и 5 са полуширока и широка с. р. к. който, се използват в улично и в друг вид осветление.

Извод:

Различните с. р. к. са подходящи и енергийно ефективни за конкретен тип обекти.

2. Според разпределението на светлинният поток в пространството:

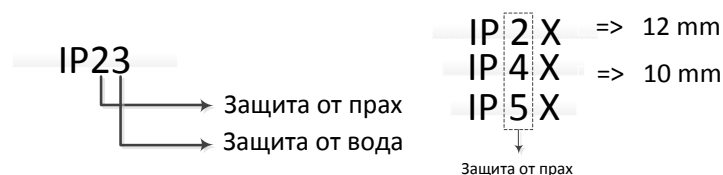
- Осветителни тела с директна светлина;
- Осветителни тела с преобладаваща директна светлина;
- Осветителни тела с разсеяна светлина;
- Осветителни тела с преобладаващо отразена (индиректна) светлина;
- Осветителни тела с отразена (индиректна) светлина.

III. Степен и клас на защита:

1. Степен на защита:

Тя характеризира предпазното действие на осветителни тела от проникване на прах и вода във тяхната вътрешност:

Означение: IP __ => IP23, IP56, IP20



Който започват с 2 (IP 2 _) са със защита от проникване на тела до 12 mm.

IP20 – няма защита от вода;

IP23 – защита от капки падащи под 60°.

2. *Клас на защита:* (0; 0,I; I; II; III – класове):

Той характеризира защитните мерки които осигуряват определена степен на електро обезопасяване при експлоатация на осветителните тела.

0 – има работна изолация, но няма заземителна клема;

0,I – има работна изолация и има заземителна клема;

IV. *Електрически загуби в осветителите (Вътрешно осветление):*

1. *Компактни луминесцентни лампи:*

18W => със загуби в ЕПРА => 20W

24W => със загуби в ПРА (дросел) => 38W

36W => със загуби в ЕПРА => 38W

36W => със загуби в ПРА (дросел) => 44W

2. *Натриева лампа:*

70W => със загуби в ПРА (дросел) => 80W

100W => със загуби в ПРА (дросел) => 114W

150W => със загуби в ПРА (дросел) => 168W

3. *Живачна лампа:*

125W => със загуби в ПРА (дросел) => 136,5W

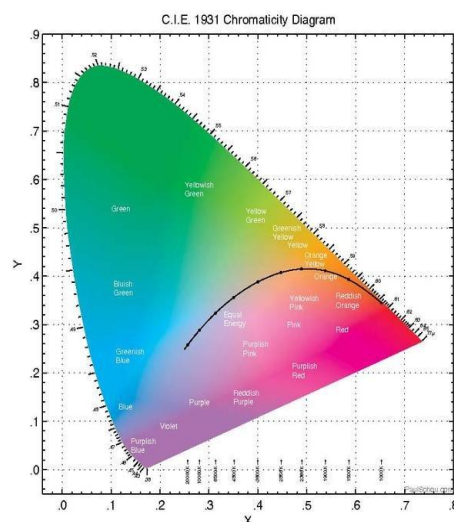
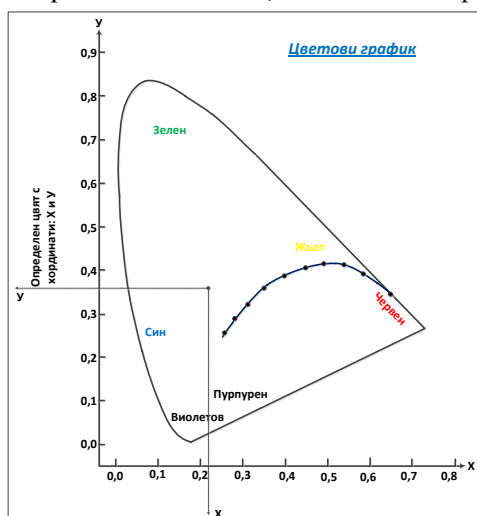
250W => със загуби в ПРА (дросел) => 269W

19 въпрос – Цвето предаване на светлинните източници.

I. *Определение:*

Цветопредаването на един източник на светлина е важна негова характеристика, която се определя от спектъра на излъчваната от източника светлина върху цветът на наблюдаваните обекти във сравнение със същият цвят при осветяване със еталонен светлинен източник.

Цветът се характеризира с определени характеристики и числено се представя чрез координатите: X и Y, от цветовият график.



За естествен се приема цветът на обекта при осветяване на разсеяна дневна светлина, която е критерии при оценка на цвето предаването.

Цветоподаването в редица случаи е необходимо, но не във всички случаи.

II. Оценка на цветоподаването на светлинните източници:

През 1965 година МКО (Международната комисия по осветление) въвежда понятието: „Индекс на цветоподаването – R_a “, той се определя въз основа на:

1. Спектъра на излъчената от изследваната лампа светлина;
2. Ф спектрите на отражение на 8 цветни еталона.

Светлинен източник	Цветна температура, $T_{цв}$ [K]	Индекс на цветоподаване, R_a
Стандартни		
A – нажежаема лампа	2856	-
B – директна слънчева	4874	-
C дневна	6774	-
D ₆₅ светлина	6504	-
Нажежаема лампа	2300 – 2800	100
Ксенонова лампа	Над 6500	96
Метал халогенна	5500 – 6000	75 (94)
Л. Л. ТБС	3000 – 3400	56
Л. Л. БС	3600 – 4200	63
Л. Л. СБС	4200 – 4700	70
Л. Л. ДС	6300 – 6700	76
Живачна с луминофор	4300	41(22)
Живачна с нажежаема спирала (некачествена)	4000	62 (46)
Натриева	2000 – 2300	25

III. Връзка между цветната температура, спектр и цвят на светлината:

Цветна температура	Спектр	Цвят на светлината на източника
< 3500 K	Топъл	Розово – бял
3500 – 5500 K	Неутрален	Неутрално – бял
> 5500 K	Студен	Синкаво - бял

IV. Зависимост между осветеност и спектр на светлината:

Осветеност I_x	Спектр (цвят на светлината)		
	Топъл (розово - бял)	Неутрален (неутр. - бял)	Студен (студено - бял)
< 500 I_x	Приятно	Безразлично	Дразнещо
500 – 1000 I_x	↓	↓	↓
1000 – 2000 I_x	Дразнещо	Приятно	Безразлично
2000 – 3000 I_x	↓	↓	↓
> 3000 I_x	неестествено	Дразнещо	Приятно

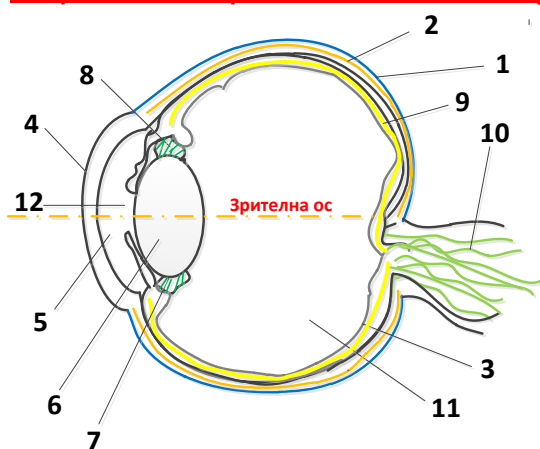
V. Област на приложение на лампите със различен спектър (цвят на светлината):

1. *Студен спектър*: текстилна промишленост, полиграфия, художествени и бояджийски ателието.
2. *Неутрален спектър*: болнични сгради, изложбени зали, училища, магазини.
3. *Топъл спектър*: жилища, хотели и ресторанти.

21 въпрос – Устройство на зрителния анализатор. Зрително поле.
Зрителна акомодация, адаптация и инерция.

I. Зрителен анализатор:

Устройство на зрителния анализатор



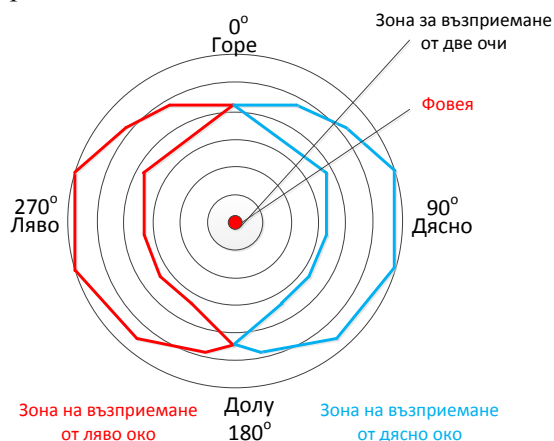
1. Склера;
2. Хороидея;
3. Ретина;
4. Роговица;
5. Предна камера;
6. Леща;
7. Ирис.
8. Мускулни влакна;
9. Фовея;
10. Зрителен нерв към мозъка;
11. Стъкловидно тяло;
12. Място на зеницата

Ретината (3) със състой от рецептори (клеми) едните са пръчковидни, а другите конусообразни.

Роговицата (4) има основният пречупвателен механизъм.

Лещата създава фокусирането (акомодацията), а зеницата представлява: дияфрагма, която е оптичната система на окото.

II. Зрително поле:



Определение:

Част от пространството което един наблюдател вижда при фиксирани зрителни оси на двете очи.

Конвергенция: сближаване на зрителни оси;

Дивергенция: раздалечаване на зрителни оси.

III. Зрителна акомодация (фокусиране):

Изменение на пречупвателната сила на оптичната система на окото със оглед, получаване на ясно изображение върху ретината:

$$A = \frac{1}{l_{min}} - \frac{1}{l_{min}} \approx 0$$

където:

A е дълбочина на акомодацията, изразена в диоптри.

l_{min} – минимално разстояние на което окото вижда.

Максималната пречупвателна сила на акомодацията е 7d (диоптъра).

При нормално зрение, без умора на разстояние $l = 0,25 - 0,3$ m, акомодацията е 3 – 4 диоптъра на леща.

Препоръка:

Увеличаване на осветеността където има честа смяна на посоката на зрителната ос.

IV. Зрителна адаптация:

Това е приспособяване на зрителният анализатор на окото. От тъмно на светло: от 5 до 10 минути. От светло на тъмно: от 20 до 30 минути. Или приспособяване на различни нива на яркост: при нощно време: $L = (10^{-6})\text{cd/m}^2$, а $L = (10^5)\text{cd/m}^2$ през зимата, сняг, слънце.

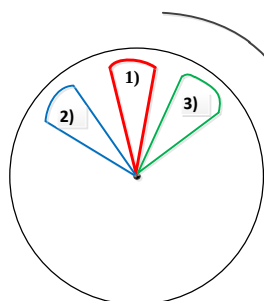
V. Зрителна инерция:

Това е преобразуването на светлината в зрително усещане. Винаги се обуславя със някакъв инерционен характер. Следствие на времето за зрителна инерция. Вследствие на тази инерция при наличие на пулсираща светлина (нормално за променливо напрежение от 220V светлинният поток пулсира) при осветяване на движещ се обект със такъв пулсиращ светлинен поток, се получава стробоскопичен ефект.

При въртеливо (ротационно) движение възприемането на този обект зависи от съотношението на периода на мигане на светлината и периода на въртене на обекта.

Пример:

Разглеждаме въртящ, се със различни обороти диск:



1) Когато периодите са еднакви:

$T_{\text{въртене}} = T_{\text{мигане св.}} \Rightarrow$ диска се възприема като неподвижен;

2) Ако:

$T_{\text{въртене}} > T_{\text{мигане св.}} \Rightarrow$ диска се възприема, че се върти във обратна посока. Това е погрешно впечатление !!!

3) Ако:

$T_{\text{въртене}} < T_{\text{мигане св.}} \Rightarrow$ диска се възприема, че се върти във същата посока, но с по – малка скорост. Това е погрешно впечатление !!!

Това недействително движение се нарича стробоскопичен ефект.

Извод:

При големи пулсации на светлинният поток на лампите трябва задължително да се вземат мерки за намаляване на пулсациите на светлинният поток и отстраняване на стробоскопичният ефект.

22 въпрос – Прагова яркостна разлика и яркостен контраст.

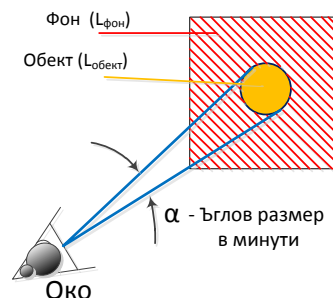
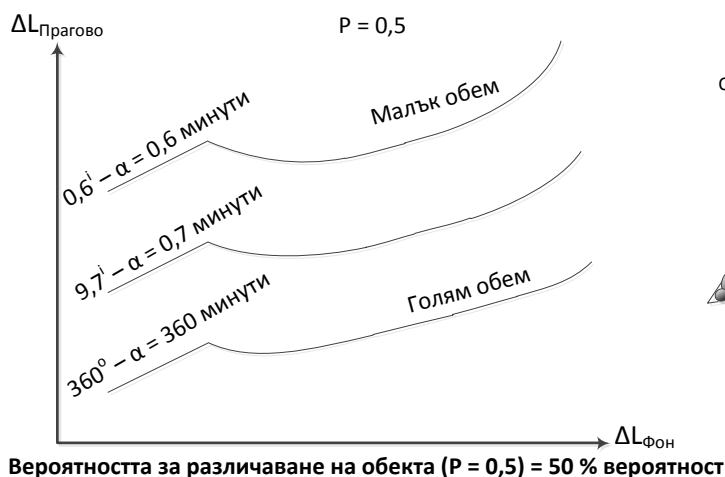
Разделителна способност. Видове.

I. Прагова яркостна разлика: $\Delta L_{\text{праг}}$.

Определение:

Минималната яркостна разлика, която може да се възприеме от окото се нарича прагова яркостна разлика и се бележи със: $\Delta L_{\text{пр.}}$

$$\Delta L_{\text{пр.}} = (L_{\text{обект}} - L_{\text{фон}})_{\min}$$



Зависимостта $\Delta L_{\text{пр.}} = f(\Delta L_{\text{фон}})$ е получена за различно „P“ и „α“ в резултат на много годишни изследвания в Блякуел (САЩ) – $\Delta L_{\text{пр.}} = f(\Delta L_{\text{фон}})$.

Адриан на базата на горните графики създава следната аналитична зависимост за описание на тези криви.

$$\Delta L = f(P) \left(\frac{A}{\alpha} + B \right)$$

където:

$f(P)$ – вероятност на различаване;

$$f(P) = 1 \quad \text{при } P = 0,5$$

A и B – коефициенти, които са функции на яркостта на фона.

II. Яркостен и прагов контраст:

1. Прагов контраст – „ $K_{\text{пр.}}$ “:

$$K_{\text{пр.}} = \frac{\Delta L_{\text{пр.}}}{\Delta L_{\text{фон}}} = \frac{(L_{\text{обект}} - L_{\text{фон}})_{\min}}{L_{\text{фон}}}$$

Праговият контраст е субективен и зависи от окото.

$$\frac{1}{K_{\text{пр}}} = S_c - \text{контрастна чувствителност.}$$

2. Яркостен контраст:

Използва се за количествено характеризиране на действителните условия на възприемане на обект.

$$K = \frac{(L_{\text{обект}} - L_{\text{фон}})}{L_{\text{фон}}} = \frac{(\Delta L)}{L_{\text{фон}}}, \text{ където } K \text{ се изменя в интервала } (0 \div \infty)$$

Обективен (фотометричен) контраст – формула без абсолютни единици.

$$K = \frac{(L_{\text{обект}} - L_{\text{фон}})}{L_{\text{фон}}}, \text{ ако: } L_{\text{обект}} > L_{\text{фон}}$$

$$K = \frac{(L_{\text{обект}} - L_{\text{фон}})}{L_{\text{фон}}}, \text{ ако: } L_{\text{фон}} > L_{\text{обект}}$$

$K = (0 \div 1)$, ако:

- $K < 0,2$ – малък контраст;
- $0,2 < K < 0,5$ – среден контраст;
- $K > 0,5$ – голям контраст.

III. Разпределителна способност и различаване на формата на наблюдаваните обекти:

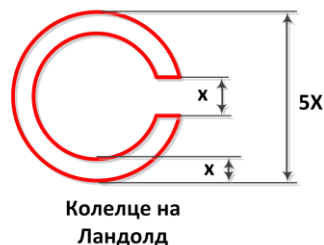
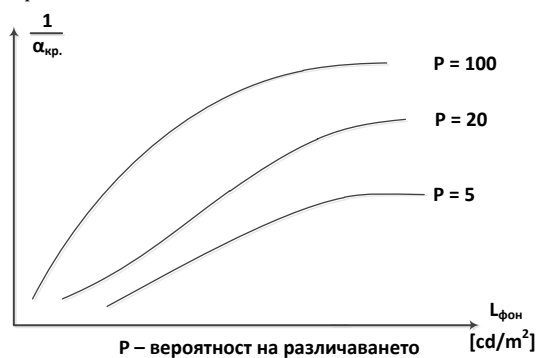
Определение:

Способността на зрителният анализатор да възприема отделно един от друг близко разположени предмети, се нарича разпределителна способност на окото.

$$\frac{1}{\alpha_{\text{крит}}} = S_{\alpha} - \text{острота на зрението.}$$

където:

$\alpha_{\text{крит}}$ – минимален ъгъл под който се възприема предмет от окото, $\alpha_{\text{крит}} = (0,4 \div 1)$.



Измерването на остротата на зрението, се извършва чрез колелца на „Ландолт“.

IV. Видимост:

Използва се за количествена оценка на конкретните условия на видимост.

$$V = \frac{K}{K_{\text{пр.}}} = \frac{(L_{\text{обект}} - L_{\text{фон}})}{(L_{\text{обект}} - L_{\text{фон}})_{\text{min}}}, \text{ в лабораторни условия.}$$

$$V = \frac{K}{C \cdot K_{\text{пр.}}}$$

където:

C е коефициент, който отчита разликата в лабораторни и действителни условия.

$$C = (1,8 \div 2).$$

23 въпрос – Нормиране на изкуственото осветление.

I. Принцип на нормиране на осветлението:

Яркостта е единствената величина, която непосредствено се възприема от окото, но за сега нормирането е по – осветеност т.е. осветеността по лесно се изчислява и измерва. Ако осветлението е дифузно в едно помещение той е пропорционално на яркостта.

$$E \equiv L \qquad L = \frac{\rho}{\pi} E$$

където:

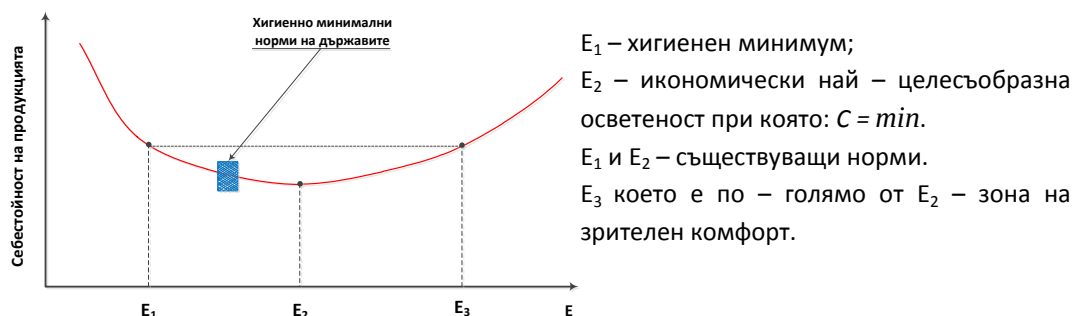
L – яркост;

E – осветеност;

ρ – коефициент на отражение;

$\pi = 3,1415$.

Нормените осветености зависят от материалните и технически възможности на съответната страна. Като се изхожда от зрителната способност на окото за всяка конкретна зрителна работа може да се определи минимална (*min*) осветеност при която се гарантира различаването на даден обект с желаната вероятност. Това ниво на осветеността се нарича хигиенен минимум, а нормите *хигиенно минимални норми* с минимално допустими нива на осветеност на положително е реализираните осветености да са по – големи от минималните хигиени. За четене хигиенният минимум е : $E = 50 \text{ lx}$.



Необходимо е да се отчита оптималното ниво за зрителен комфорт на осветеността, което се осигурява от различни типове светлинни източници, се изследва субективно:

- При луминесцентна лампа, счита се, че предпочитаното (желаното) ниво на осветеност с оглед на зрителния комфорт е максимално 2000 lx (получено чрез местно и общо осветление);
- При нажежаемите лампи: 1000 lx;
- При съвременните газоразрядни лампи – различно високи нива на осветеност с използване на съвременни осветителни тела.

II. Методи за нормиране нивото на осветление:

1. Критерий „Видимост“ – (Русия):

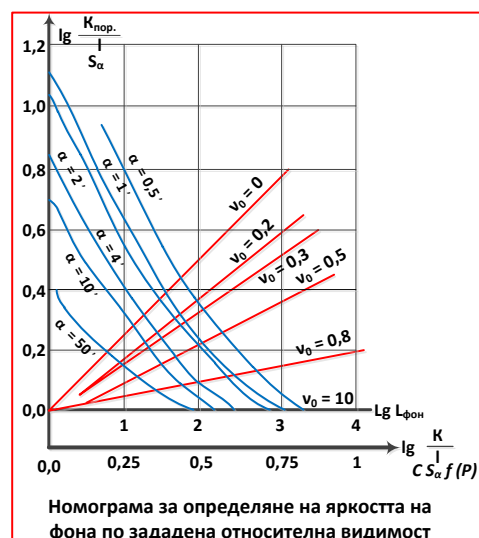
$$V = \frac{K}{C \cdot K_{\text{пр}}}$$

където:

C е коефициент, които отчита разликата в лабораторни и действителни условия.

$C = (1,8 \div 2)$.

Чрез аналитични формули, се определя „относителната“ видимост за която е построена номограма (фигурата отстрани) за бързо отчитане на необходимата нормена осветеност (яркост на фона), в зависимост от условията на работната среда.



2. Критерий „Зрителна работоспособност“ - (Англия):

$$\eta = \frac{1}{t} p$$

където:

η – (ета) – зрителна работоспособност;

$\frac{1}{t}$ – скорост на различаване;

p – вероятност за вярно различаване.

В Англия, се нормира за $\eta = 0,9$, $\alpha = 1 \div 30$ минути и за контраст ($K = 0,25$) яркостта на фона е:

$$L_{\text{фон}} = \frac{610}{\alpha^{1,5}}$$

$$E_N = \frac{1900}{\rho \cdot \alpha^{1,5}}$$

където:

ρ – коефициент на отражение;

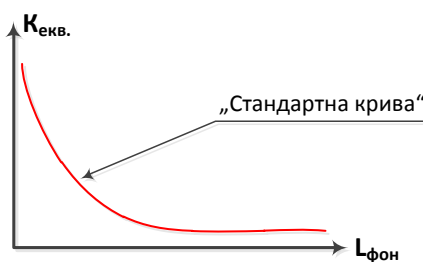
$\alpha^{1,5}$ – ъглов размер.

По тази формула е направена програма чрез която се извършва нормиране.

3. Метод на „Еквивалентният яркостен контраст“ (САЩ) – Критерии на Блякуел:

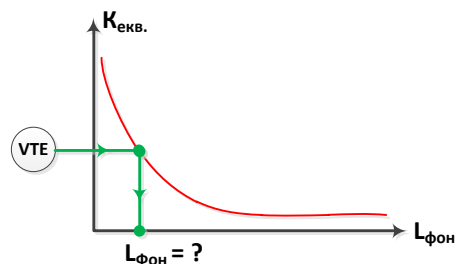
1) Въз основа на кривите: $\Delta L_{\text{пр}} = f(L_{\text{фон}})$, се построява зависимостта:

$$K_{\text{екв.}} = f(L_{\text{фон}})$$



- 2) Създаден е уред:
„Специален измервател на видимост“ (VTE), чрез който се определя еквивалентният контраст на реалният обект в дадена зрителна задача.
- 3) От кривата $K_{\text{екв.}} = f(L_{\text{фон}})$ за измерваният контраст, се отчита необходимата яркост на фона, а от нея се изчислява нормената осветеност по формулата.

$$E_N = \frac{\pi}{\rho} L_{\text{фон}}$$



Различните методи независимо от конкретните недостатъци доказват необходимостта от сравнително подобни нормени осветености за еднакви зрителни задачи.

III. Препоръки от Европейския стандарт за осветление: БДС EN 12464

1. Базисни норми:

Зрителната работа е разделена на осем раздела: според размера на обекта за различаване; съобразява се контраста между обекта и фона; посочва се необходимата нормена осветеност за комбинирано или общо осветление.

2. Отраслови норми:

В тях се посочва необходимото ниво на осветеност за даден отрасъл и различните видове помещения:

1) Скала на осветеност:

20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 – 5000 lx.

2) Коефициент на отражение:

- Таван: (0,6 ÷ 0,9);
- Стени: (0,3 ÷ 0,8);
- Работна повърхност: (0,2 ÷ 0,6);
- Под: (0,1 ÷ 0,5).

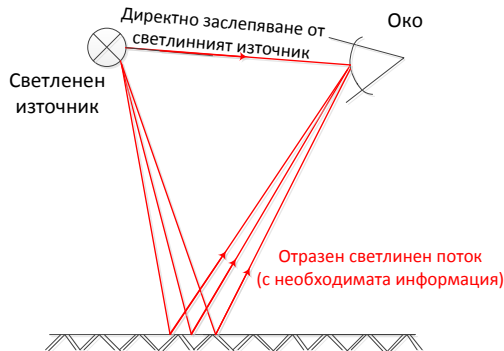
3) Задават се често:

- Осветеност на работната площ – (500 lx);
- Осветеност на непосредствена околност около работната площ и учебната зала – (300 lx);
- Осветеност на жилищни сгради, спални, кухни – (100 lx);
- Осветеност на промишлен цех с инструментални машини – (500 ÷ 700 lx);
- Равномерност на околността за работната площ:
 $g \geq 0,7$
- за непосредствена околност: $g \geq 0,5$

24 въпрос – Заслепяване. (Физиологично заслепяване)

I. Общи сведения. Постановка:

С увеличаване нивото на осветеността, се създават в някои случаи неблагоприятни условия при които в очите попада директна светлина, която представлява физиологично заслепяване.



Отразеният поток е носител на необходимата зрителна информация.

Директно попадналият поток в окото, не носи зрителна информация, но спомага за намаляване на контрастната чувствителност и зрителна умора.

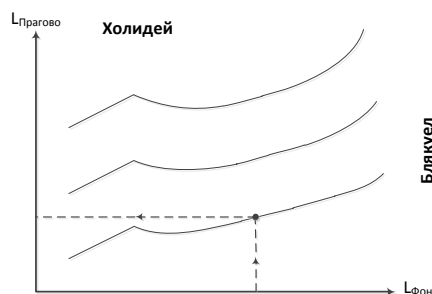
Определение за заслепяване:

Понижаването на зрителната способност на окото при наличие на светлинни източници в зрителното поле на наблюдателя се нарича заслепяване.

Влошаването на зрителните условия е в следствие на:

- Стесняване на зеницата;
- Разсейване на светлинния поток във вътрешността на окото;
- Взаимодействие между различно осветените участъци от ретината.

II. Количествено определяне на заслепяването – „Коефициент на заслепяването – S“:



Ако яркостта на фона ($L_{\text{фон}}$) се повиши, също и праговата яркост ($L_{\text{порогово}}$) се повиши, но видимостта: $V = \frac{K}{K_n}$, се намали. Това става поради заслепяването.

Холидей:

Заслепяващото действие на светлинните източници, се разглежда като светлинен воал със яркост „ L_v “ – ($L_{\text{воалиращо}}$), разположен между обекта и наблюдателя.

През този воал наблюдателят вижда обекта:

$$L_{\text{обект}}^* \equiv L_{\text{обект}} + L_v \quad L_{\text{фон}}^* \equiv L_{\text{фон}} + L_v$$

До сега: $K = \frac{(L_{\text{обект}} - L_{\text{фон}})}{L_{\text{фон}}}$, но при наличие на заслепяване „ K “ става „ K_s “

$$K = \frac{(L_{\text{обект}} + L_{\text{воал}}) - (L_{\text{фон}} + L_{\text{воал}})}{L_{\text{фон}} + L_{\text{воал}}} = \frac{L_{\text{обект}} - L_{\text{фон}}}{L_{\text{фон}} + L_{\text{воал}}}$$

Без заслепяване: $\Delta L_{\text{пр}}$; $K_{\text{пр}}$.

Със заслепяване: $\Delta L_{прS}$; $K_{прS}$.

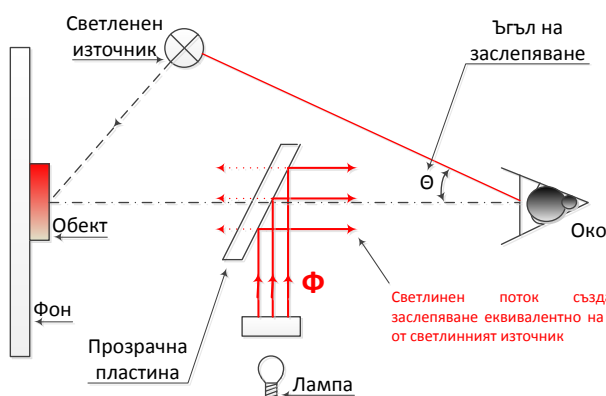
Коефициентът на заслепяване е:

$$S = \frac{\Delta L_{пр,S}}{\Delta L_{пр}} = \frac{K_{пр,S}}{K_{пр}} = \frac{K}{K_S} = \frac{\frac{(L_{обект} - L_{фон})}{L_{фон}}}{\frac{L_{обект} - L_{фон}}{L_{фон} + L_{воал.}}} = \frac{L_{фон} + L_{воал.}}{L_{фон}} = 1 + \frac{L_{воал.}}{L_{фон}}$$

Следователно:

$$S = 1 + \frac{L_{воал.}}{L_{фон}}, \text{ където } S \geq 1.$$

III. Измерване на „Воалираща яркост“ – „ L_v “:



Измерването на „ L_v “ от светлинният източник върху окото, се осъществява като се подава светлинен поток от лампа чрез прозрачна (стъклена) пластина насочена към окото.

IV. Изчисляване на „Воалиращата яркост“:

От експериментални изследвания Холидей доказва, че: $L_{воал.} = \frac{E_{вертикално}}{\theta^2}$

$$L_{воал.} = K \cdot \frac{E_{вертикално}}{\theta^2}$$

където:

K е коефициент от допълнителни изследвания, който зависи от възрастта на наблюдателя. K = 9,9 за 30 години.

- За намиране на един осветител: $L_{воал.} = 9,2 \cdot \frac{E_{вертикално}}{\theta^2}$ или $L_{воал.} = \frac{I \cdot \cos \theta}{l^2}$

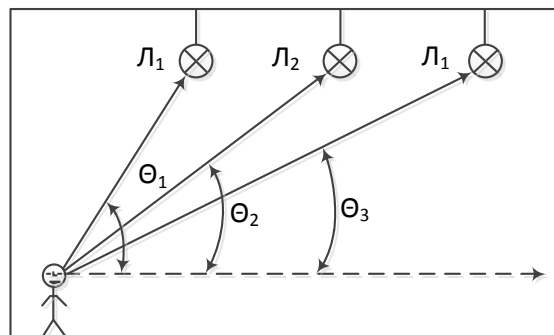
За намиране на повече от един осветител:

$$L_{воал.} = 9,2 \sum_{i=1}^n \frac{E_{вертикално,i}}{\theta_{i,}^2}$$

В нормите се употребява и показател на заслепяване „S“:

$$S = (S - 1) \cdot 1000$$

Нормирането трябва да е по – малко от „S“.



V. Ограничаване на заслепяването:

1. Използват се осветителни тела с по – голям защитен ъгъл и по – малка габаритна яркост;
2. Увеличаване на височината на окачване на осветителя;
3. Използване на специални защитни решетки (при луминесцентните лампи)

Нормиране:

- 1) I и II разряд: до 20 S;
- 2) от III до VII разряд: от 40 до 60 S;
- 3) VIII разряд: от 60 до 80 S.

25 въпрос – Дискомфорт.
(Психологично заслепяване)

I. Общи сведения:

Светлинните източници (лампи), които попадат в зрителното поле могат да предизвикат неприятни усещания – свързани с чувството на неудобство, раздразнение и напрегнатост, което се нарича „*яркостен дискомфорт*“. Той причинява намаляване на съсредоточаването и вниманието но не причинява изменение на физиологичните характеристики на окото както заслепяването.

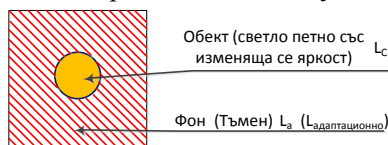
II. Количествена оценка на дискомфорта:

Определянето на дискомфорта става чрез следните методи:

1. Индивидуално – за всяко осветително тяло (МЭИ – Москва; Гът – САЩ);
2. Интегрален – за цялата осветителна уредба;
3. Метод на граничните яркостни криви (Зьолнер - Германия).

III. Метод на „МЭИ – Москва“:

МЭИ – Москва: „Московский Энергетичен Институт Епанешников“



При този метод експериментално се установява в адаптационна камера (малка тъмна стая):

1. Появява се светло петно с яркост „ L_c “ върху тъмен фон (тъмна стена), се приема като ефект на просветляване на зрителното поле т.е. това се отъждествява с появата на светещ светлинен източник в една осветена уредба.
2. Установява се, че с увеличаване на яркостта на светещото поле „ L_c “, се стига до някакви гранични стойности когато (съвсем неочаквано) се възприема, че фонът започва да потъмнява.

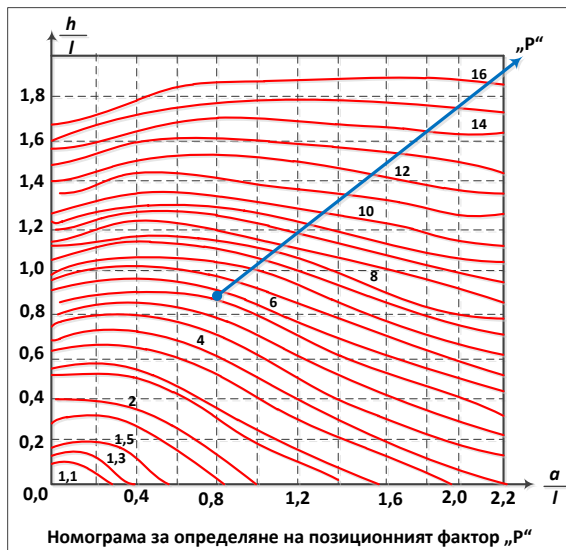
Извод:

Потъмняването на фона при този метод е единтично с границата: Комфорт – Дискомфорт т.е. това е обективен критерий за дискомфорт.

$$M = \frac{L_c}{P} \sqrt{\frac{\Omega}{L_a}} - \text{Дискомфорт от един осветител:}$$

където:

- L_c - габаритна яркост на осветителното тяло в посока към наблюдателя;
- P - позиционен фактор (определен от номограма отдолу);
- Ω – пространствен ъгъл от който се вижда светещата част на осветителя;
- L_a – адаптационна яркост, в административни и промишлени сгради се приема, че : $L_{\text{адаптационно}} = L_{\text{работна повърхност}}$



При наличие на повече осветители в едно помещение, се определя: сумарният дискомфорт от всички осветителни тела.

$$M_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n M_i^2}$$

Нормиране:

- 1) $M \leq 25$ – за болници, въздействието на осветителните уредби е приятно;
- 2) $M \leq 40$ – за читални, конструктивни бюра, учебни зали;
- 3) $M \leq 60$ – за зрители зали, при тях въздействието е малко неприятно.

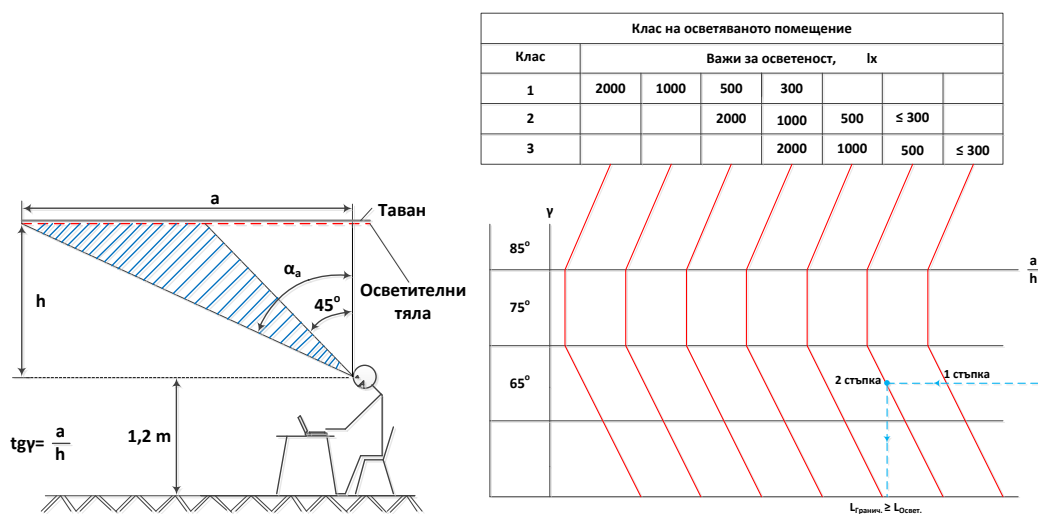
В производствени помещения M не се ограничава.

Когато не е фиксирано местоположението на наблюдателя се препоръчва изчисляването на „Дискомфорта – M “ да се извърши за наблюдател намиращ се във средата на тясната (по – малката) стена на помещението. Със зрителна ос успоредна на дългата страна. При седнал наблюдател $H = 1,2$ m, а при прав наблюдател $H = 1,6$ m.

Дискомфортът може да се намали и ограничи чрез:

1. Увеличаване височината на окачване;
2. Използване на осветителни тела с по – широка светло разпределение и по – малка габаритна яркост;
3. Повишаване на отражателната способност на: стени, таван и работна повърхност.

IV. Оценки на дискомфорта по метода на граничните яркостни криви:



a – широчина на помещението;

h – височина на помещението.

За помещения с определено „ a “ и „ h “ се чертае линия.

3 стъпка: отчита се от абсисната ос някаква стойност на граничната яркост, която трябва да бъде по – голяма от яркостта на осветителя. За да няма недопустим дискомфорт в помещението. ($L_{\text{гранич.}} \geq L_{\text{освет.}}$)

V. Сумарен обобщен метод за оценка на заслепяване и дискомфорт:

Нарича се метод на UGR препоръчан в EN (EC), този метод е равен на:

$$UGR = 8 \cdot \lg \frac{0,25}{L_{\text{фон}}} \sum \frac{L_{\text{осв}}^2 \cdot \omega}{P^2}$$

където:

ω – пространствен ъгъл на осветителното тяло;

P – позиционен фактор.

(МЭИ – Москва):

$$M = \frac{L_c}{P} \sqrt{\frac{\Omega}{L_a}} :$$

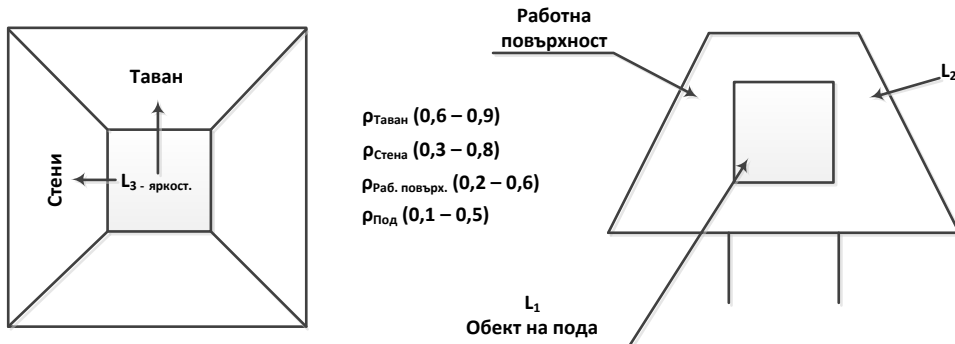
където:

- L_c - габаритна яркост на осветителното тяло в посока към наблюдателя;
- P - позиционен фактор (определен от номограма отстрани);
- Ω – пространствен ъгъл от който се вижда светещата част на осветителя;
- L_a – адаптационна яркост.

26 въпрос – Качествени показатели на осветлението. Равномерност на осветлението. Пулсаций на светлинният поток.

I. Равномерност на осветлението:

Правило: $L_1 : L_2 : L_3 = 10 : 3 : 1$ (10 : 4 : 3)



Препоръчаната равномерност от EN за работна площ е:

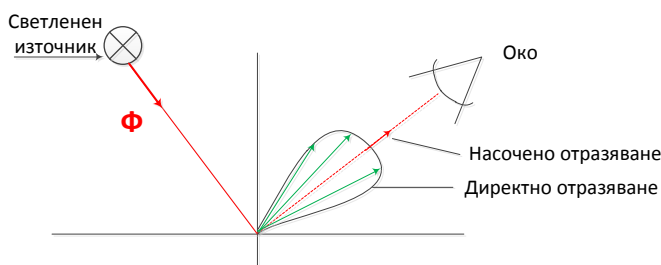
$$\frac{E_{min}}{E_{ср.}} \geq 0,7$$

За работни площи в непосредствена околност:

$$\frac{E_{min}}{E_{ср.}} \geq 0,5$$

II. Отразен блясък:

Появява се при силно отразяващи повърхности от метал или хартия в работните помещения.



Способи за отбелязване
подходящо разположение
на осветителите.



Подходящо насочване на
осветителите с използване на
асиметрично излъчвателни
осветители.

III. Способ за намаляне на яркостта на осветителя:

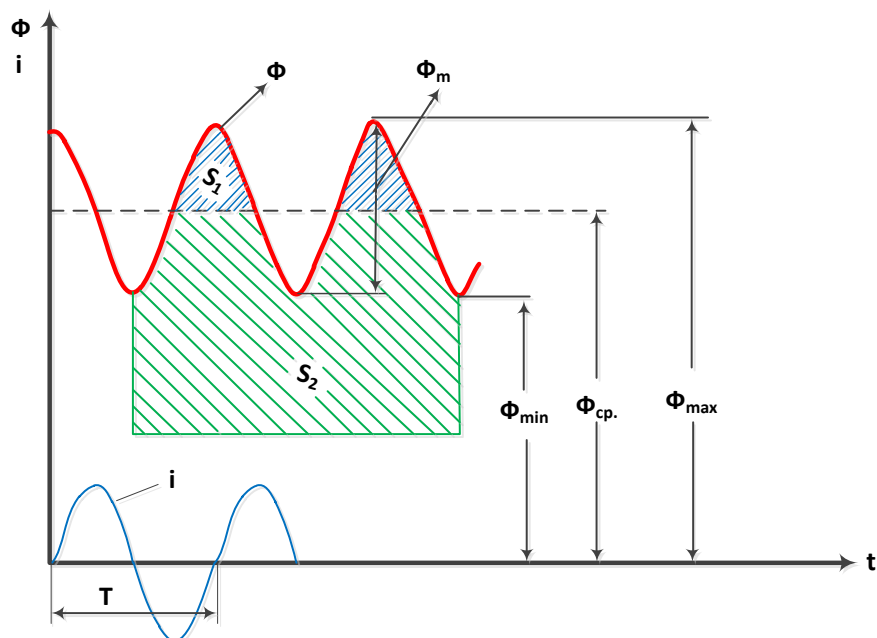
Вместо точковидни източници да се използват луминесцентни лампи.

Чрез увеличаване на осветлението в помещенията може да се намали отразеният блясък ако:

$$E_{реализирано} \geq \frac{L_{светл. източник}}{6} - \text{отразеният блясък е минимален.}$$

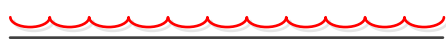
IV. Пулсаций на светлинният поток:

Светлинният поток на всички светлинни източници, които работат на променлив ток, се изменят периодично с честота, равна на удвоената честота на мрежата (100 Hz). Характерът на пулсациите на светлинният поток зависят от инерцията на системата, която произвежда светлина.



$$K_n = \frac{\Phi_{max} - \Phi_{min}}{2\Phi_{cp.}} = \frac{\Phi_{max} - \Phi_{min}}{\Phi_{max} + \Phi_{min}}$$

Осцилограми на светлинният поток:



- Луменисцентна лампа 40W – K_n (около 70)



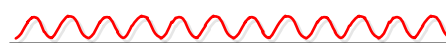
- Еднофазно захранване – K_n (25 - 55)



- Двүфазно захранване – K_n (10 - 20)



- Трифазно захранване – K_n (2 - 5)



- Живачна лампа – K_n (60 - 55)

Ограничаване на пулсациите:

- 1) Чрез трифазно захранване на луминесцентните лампи в едно помещение;
- 2) Използване на Дуо схеми на свързване на луминесцентните лампи (виж 11 и 17 въпрос);
- 3) Захранване на лампите с напрежение с повишена честота до: $f = (30 \div 50) \text{ kHz}$.
- 4) Захранване с напрежение, използване на смесени лампи.

РАЗДЕЛ:
„СВЕТЛОТЕХНИЧЕСКИ ИЗЧИСЛЕНИЯ“

27 въпрос – Изчисление на директна съставляща на точковиден светлинен източник за осветеност.

I. Общи сведения:

Показателите на осветителната уредба, се определя чрез светлотехнически изчисления по специална методика, тези изчисления зависят от формата на светещият елемент:

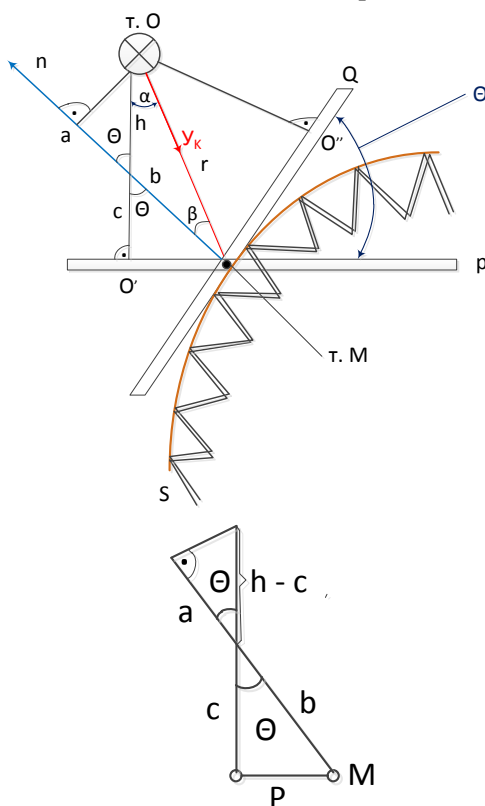
- Точковиден – нажежаема лампа, живачна лампа;
- Линеен – подредени в ивица луминесцентни лампи (светеща ивица);
- Площов светещ елемент.

$$E = E_{\text{директна}} + E_{\text{отражена}}$$

$E_{\text{директна}}$ - зависи от светлоразпределителните криви и разположението на осветителните тела;

$E_{\text{отражена}}$ - зависи и от същите две неща и от размерите на помещението и коефициентът на отражение.

II. Изчисляване на „E“ при точковиден светлинен източник:



- т. О – светлинен източник;
- O' и O'' - успоредни на „n“;
- т. М – точка за изчисляване на осветеността;
- n – нормала;
- h – височина на светлинния източник над хоризонтална равнина „P“;
- Q – вертикална равнина;
- S – повърхност;
- r – разстояние от т. О до т. М;
- α – ъгъл на излъчване на светлината;
- β – ъгъл на падане спрямо нормалата;
- Θ – върхни ъгли.

$$E = \frac{y_{\alpha} \cdot \cos \beta}{r^2} \text{ от 4 въпрос „Осветеността“};$$

$$\cos \beta = \frac{O''}{r}; \quad r = \frac{h}{\cos \alpha}; \quad O'O'' = H; \quad O'O'' = a + b$$

$$\frac{a}{h-c} = \cos \theta; \quad \frac{P}{b} = \sin \theta$$

Знакът зависи от това дали: $\theta > \left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)$

$$\begin{aligned}
 00'' &= a + b = (h - c) = \left(h - \frac{P}{\tan\theta}\right) \cos\theta \pm \frac{P}{\sin\theta} = \left(h - \frac{P \cdot \cos\theta}{\sin\theta}\right) \cos\theta \pm \frac{P}{\sin\theta} = \\
 &= h \cdot \frac{\cos\theta}{\sin^2\theta} - \frac{P \cos^2\theta}{\sin\theta} \pm \frac{P}{\sin\theta} = h \cdot \cos\theta + \frac{P \cdot (\cos^2 - 1)}{\sin\theta} = h \cdot \cos\theta \pm \frac{P \sin^2\theta}{\sin\theta} = \\
 &= h \cdot \cos\theta \pm P \sin\theta
 \end{aligned}$$

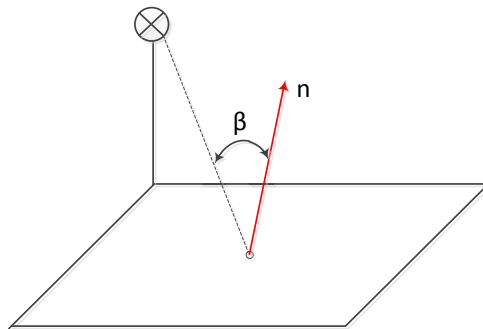
$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ – от тригонометрията

$$\cos\beta = \frac{00''}{r} = \frac{h \cdot \cos\theta \pm P \sin\theta}{\frac{r}{\frac{h}{\cos\alpha}}} = \frac{h \cdot (\cos\theta \pm \frac{P}{h} \sin\theta)}{\frac{h}{\cos\alpha}} = (\cos\theta \pm \frac{P}{h} \sin\theta) \cdot \cos\alpha$$

$$E = \frac{y_\alpha \cdot \cos\beta}{\left(\frac{h}{\cos\alpha}\right)^2} = \frac{y_\alpha \cdot (\cos\theta \pm \frac{P}{h} \sin\theta) \cdot \cos\alpha \cdot \cos^2\alpha}{h^2} = \frac{y_\alpha \cdot \cos^3\alpha}{h^2} (\cos\theta \pm \frac{P}{h} \sin\theta)$$

Точковиден светлинен източник: нажежаема лампа, живачна лампа и т.н. В зависимост от ъгъл „ Θ “ формулата приема вида:

1. $\Theta = 0^\circ$, тогава осветеността се определя само в хоризонтална равнина „P“:



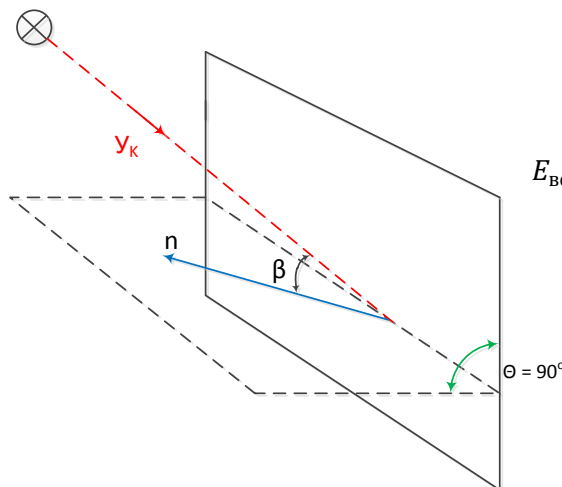
След заместване в израза за „E“ се получава:

$$\cos\Theta = \cos\Theta^0 = 1$$

$$\sin\Theta = \sin\Theta^0 = 0$$

$$E_{\text{хоризонтално}} = \frac{y_\alpha \cdot \cos^3\alpha}{h^2}$$

2. $\Theta = 90^\circ$, осветеността се определя само във вертикална равнина:

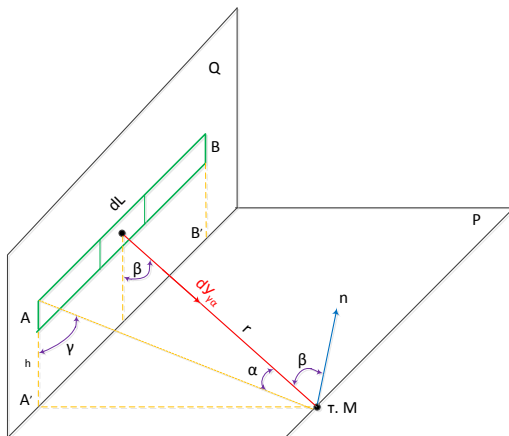


$$E_{\text{вертикално}} = \frac{y_\alpha \cdot \cos^2\alpha \cdot \sin\alpha}{h^2}$$

28 въпрос – Изчисляване на осветеността при линеен светлинен източник.

(Изчисляване на директна съставляща)

На практика това представлява линеен светлинен източник при подредени люминесцентни лампи (л. л.) в една редица.



А и В – л. л. подредени в една линия;
 Р и Q – две равнини;
 т. М – за нея се извършва изчислението;
 dL – елементарна част на светещата ивица;
 $dY_{\gamma\alpha}$ – интензитет на светлината към т. М;
 n – нормала към т. М;
 β – ъгъл на падане на светлината;
 r – разстояние до т. М;
 h – височина;
 γ и α – ъгли характеризират светлоразпределителната крива на светещата ивица.

Разглеждаме два типа светлоразпределение на светещата линия – АВ.

1. Светлоразпределение (светлоразпределителна крива) със косинусидално светлоразпределение :

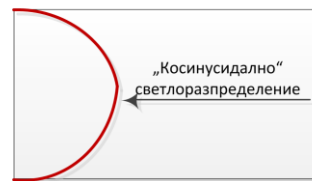
То е успоредно на „Р“. Например такова светлоразпределение имат люминесцентните осветителни тела без решетка към тялото, голи люминесцентни тръби. Нека е известна светлоразпределителната крива „ $Y_{\gamma\alpha}$ “ в напречна равнина AA'M, успоредна на Р и но Q. Тогава от dL светлоразпределителната крива „ $Y_{\gamma\alpha}$ “ създава осветеност dE в т. М, която изчисляваме:

$$dE = \frac{dY_{\gamma} \cdot \cos\beta}{r^2}$$

По условие имаме, че:

$$dY_{\gamma\alpha} = Y_{\gamma\alpha} \cdot dL \cdot \cos\alpha$$

$\cos\alpha$ - т.е. светлоразпределението е косинусидално.



От чертежа се вижда, че: $\cos\beta = \frac{h}{r}$, $\cos\beta = \cos\gamma \cdot \cos\alpha$, $r = \frac{h}{\cos\beta} = \frac{h}{\cos\gamma \cdot \cos\alpha}$

по условие: $d\alpha = \cos\alpha \Rightarrow dL$; $dL \cdot \cos\alpha = d\alpha$.

$$dE = \frac{Y_{\alpha} \cdot dL \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta}{r^2} = \frac{Y_{\alpha} \cdot r \cdot dL \cdot (\cos\gamma \cdot \cos\alpha) \cos\beta}{r \cdot h} = \frac{Y_{\alpha} \cdot \cos^2\gamma \cdot \cos^2\alpha \cdot dL}{h}$$

За цялата осветеност:

$$E = \int_{AB} = \int_0^{\alpha} \frac{Y_{\alpha} \cdot \cos^2\gamma \cdot \cos^2\alpha \cdot dL}{h} = \frac{Y_{\alpha} \cdot \cos^2\gamma}{h} \int_0^{\alpha} \cos^2\alpha \cdot dL$$

След решаване на интеграла се получава:

$$E = \frac{Y_{\alpha} \cdot \cos^2\gamma}{2h} \left(\alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)$$

2. Светлоразпределителна крива (светлоразпределение) в надлъжната равнина:
Има „несинусоидално“ светлоразпределение. Например луминесцентно осветително тяло с екранираща решетка, тогава светлоразпределението може да се представи така:

$$dY_{\gamma,\alpha} = Y_{\gamma} \cdot dL \cdot f(\alpha) - \text{некосинусоидално светлоразпределение}$$

Може:

$$\underbrace{f(\alpha) = \cos^m \alpha \quad f(\alpha) = \frac{\cos \alpha + \cos^2 \alpha}{2}}_{\text{не косинусоидални криви}}$$

След заместване за „ $dY_{\gamma,\alpha}$ “ и след преобразуване, се получава:

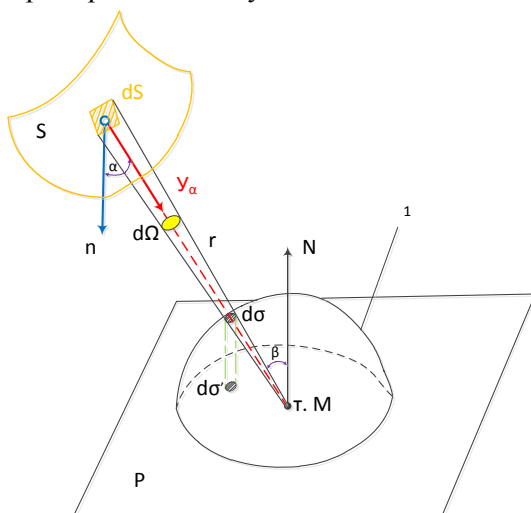
$$E = \frac{Y_{\gamma} \cos^2 \gamma}{h} \int F_{(\alpha)} \cos \alpha \cdot d\alpha$$

$F_{(\alpha)}$ – некосинусоидално светлоразпределение

29 въпрос – Изчисления на осветеността от двумелен светлинен източник.

(Светеща повърхност със еднаква яркост)

Пример: Няколко луминесцентни лампи покрити с прозрачен разсейвател:



- P – хоризонтална равнина;
- Q – светеща повърхност (двумерен площов елемент);
- dS – елементарна светеща повърхност;
- n – нормала към dS;
- α – ъгъл на излъчване на светлина;
- т. М – за нея се извършва изчислението;
- 1 – помощна полусфера за изчисление;
- N – нормала към P;
- β – ъгъл на падане на светлината в т. М;
- $d\Omega$ – пространствен ъгъл.

От „dS“ в т. М се получава осветеност:

$$dS = \frac{dY_{\alpha} \cdot \cos \beta}{r^2} - \text{от законът за квадратичното отклонение (от 4 въпрос).}$$

Тъй като светещата повърхност е равнорка, тоест: $L(\alpha) = L = \text{const}$. Тогава се получава следното: $dY_{\alpha} = L = dS \cdot \cos \alpha$. (от $L = \frac{dY_{\alpha}}{dS \cdot \cos \alpha}$ – от 4 въпрос).

$$dE = \frac{dY_{\alpha} \cdot \cos \beta}{r^2} = \frac{L \cdot dS \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{\underbrace{r^2}_{d\Omega}} = L \cdot \underbrace{\frac{d\Omega \cdot \cos \beta}{d\sigma'}}$$

Приема се, че:

$$dE \equiv d\sigma,$$

където:

dE – пространствен ъгъл;

$d\sigma$ – повърхност от помощната полусфера с радиус 1.

$$d\Omega = d\sigma, \quad d\Omega \cdot \cos\beta = d\sigma \cos\beta = d\sigma', \quad dE = L \cdot d\Omega \cdot \cos\beta = L \cdot d\sigma'.$$

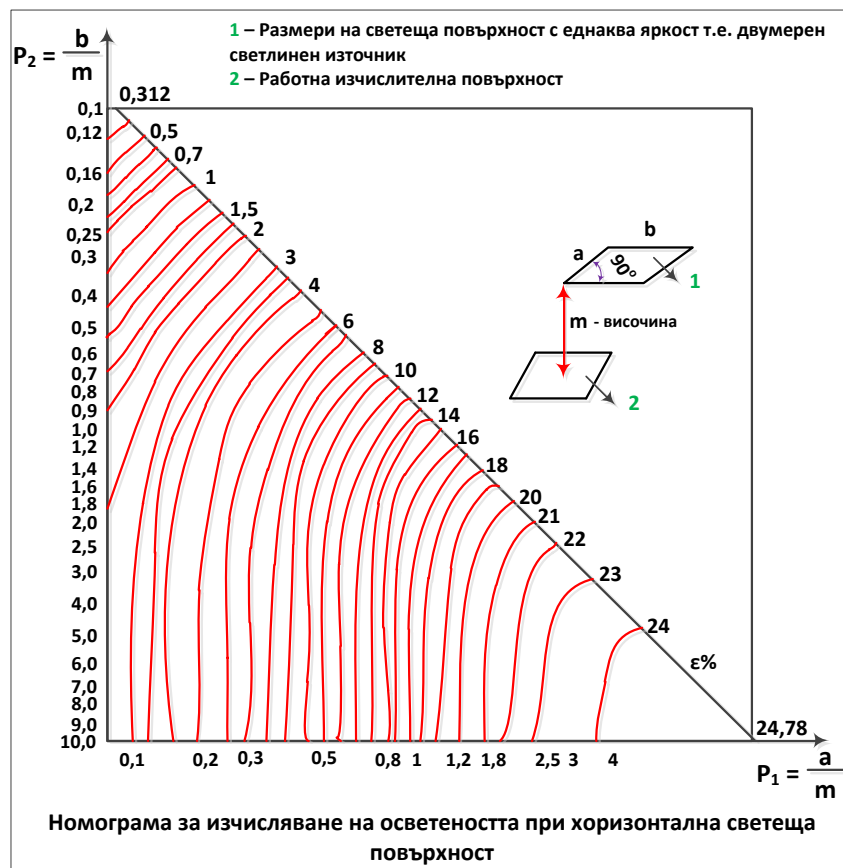
Осветеността от цялата светеща повърхност в разглежданата т. М, се определя чрез интегриране, или:

$$E = \int_S dE = \int_S L_\alpha \cdot \sigma' = L \cdot \sigma'$$

където:

σ' - пространствен ъгъл под който се вижда светещата повърхност „S“ от т. М (за която се правят изчисленията).

На практика изчисленията, се извършват чрез създадени номограми (една такава е представена отдолу).



От номограмата:

$$E = \epsilon_{(\%)} \cdot M$$

където:

M – светимост на светещата повърхност.

$$M = \frac{\Phi_{\text{излъчено}}}{S}, \quad \left[\frac{lm}{m^2} \right]$$

**30 въпрос – Изчисление на осветеността с отчитане на
многократното отражение на светлинният поток.**

(От стените в помещението)

I. Общи сведения:

При вътрешните осветителни уредби трябва да се съобразява освен с директната съставляща на изчислителната осветеност и отразената съставляща, т.е.:

$$E = E_{\text{директна}} + E_{\text{отражена}} = \mu \cdot E_{\text{директна осветеност}}$$
$$\mu = 1,05 \div 1,25 \div 1,5$$

Стойностите на „ μ “ се използват при:

- 1,25 – тъмни повърхности в помещението;
- 1,25 – светли повърхности в помещението;
- 1,50 – малки помещения или при използване на осветители със *дифузна светлина*.

μ се използва само за ориентирана оценка на отразена съставляща при по точни изчисления и отчитане на $E_{\text{отражено}}$, се използва коефициентът на използване на осветителната уредба ($\eta_{\text{осв. уредба}}$).

II. Метод на изчисление на осветлението чрез използване на коефициента на използване на светлинният поток на осветителната уредба „ $\eta_{\text{осв. уредба}}$ “:

(С този метод са използваните формули в Курсовата Задача по „Осветителна и инсталационна техника“ в ръчният и компютърният пример).

$$\eta_{\text{осв. уредба}} = \frac{\Phi_{\text{изч. повърхност}}}{n \cdot \Phi_{\text{лалпа}}}$$

където:

$\Phi_{\text{изч. повърхност}}$ – светлинен поток паднал върху изчислителната повърхност;

n – брой на лампите;

$\Phi_{\text{лалпа}}$ – излъчен светлинен поток от светлинният източник.

$$\Phi_{\text{изч. повърхност}} = \Phi_{\text{директен}} + \Phi_{\text{отразен}}$$

„ $\eta_{\text{осв. уредба}}$ “ характеризира ефективността на осветителната уредба:

$$\eta_{\text{осв. уредба}} = f \left(Y_{\alpha}, i, \frac{l}{h}, \underbrace{\rho_{\text{таван}}, \rho_{\text{стени}}, \rho_{\text{под}}}_{0,1; 0,3; 0,5; 0,7} \right)$$

където:

- Y_{α} – интензитет на светлоразпределителната крива (светлоразпределението);
- Индекс на помещението:

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$$

$$i = 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,24; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 3; 3,5; 4; 5.$$

- l – разстояние между осветителите;
- h – височина;
- ρ – коефициент на отражение на: тавана, стените и пода.

Индекс под 0,5 и над 5 – използват се други методи за изчисляване на осветеност.

ЗАБЕЛЕЖКА !!!!!

„ $\eta_{\text{осв. уредба}}$ “ се различава от „ $\eta_{\text{осв. тяло}}$ “:

$$\eta_{\text{осв. тяло}} = \frac{\Phi_{\text{излъчен}}}{\Phi_{\text{лампа}}} \text{ (от 19 въпрос)}$$

Използват се два типа задачи за решаване:

1. Права задача:

При нея „ $\eta_{\text{осв. уредба}}$ “ и „ $\Phi_{\text{лампа}}$ “ са известни, а търсим $E_{\text{средно}}$ ($E_{\text{ср.}} = ?$):

$$E_{\text{ср.}} = \frac{\Phi_{\text{изч. повърхност}}}{S_{\text{изч. повърхност}}} = \frac{\Phi_{\text{изч. пов.}}}{a \cdot b}$$

$$E_{\text{ср.}} = \frac{\eta_{\text{осв. уредба}} \cdot n \cdot \Phi_{\text{лампа}}}{a \cdot b} \text{ — формула използвана във ръчния пример на Курсовата Задача.}$$

$$E_{\text{ср.}} = E_{\text{ср. директно}} + E_{\text{ср. отразено}} \text{ — т.е. отчита се многократното отражение}$$

2. Обратна задача:

При нея „ $\eta_{\text{осв. уредба}}$ “ и „ $E_{\text{средно}}$ “ т.е. ($E_{\text{норма}}$) са известни, а търсим „ $\Phi_{\text{лампа}}$ “ ($\Phi_{\text{лампа}} = ?$):

$$\Phi_{\text{лампа}} = \frac{E_{\text{ср.}} \cdot a \cdot b}{\eta_{\text{осв. уредба}} \cdot n} = \frac{E_{\text{ср.}} \cdot S}{\eta_{\text{осв. уредба}} \cdot n}$$

ЗАБЕЛЕЖКА !!!!!

Необходимо е да се различава „ $\eta_{\text{осв. уредба}}$ “, от „ $\eta_{\text{осв. тяло}}$ “:

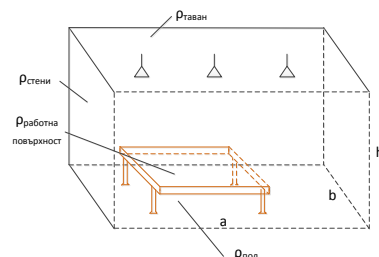
$$\eta_{\text{осв. тяло}} = \frac{\Phi_{\text{изл. от тялото}}}{\Phi_{\text{лампа}}} \text{ (той не е предмет на този въпрос, а на въпрос 19 въпрос)}$$

„ $\eta_{\text{осв. уредба}}$ “ е коефициент на използване спрямо: *изчислителната повърхност*, но той може да се дефинира и спрямо: *стените и тавана*, и така да се изчислят и техните осветености.

В последните 100 години са разработени различни методи за определяне на този коефициент който се дава в таблици за конкретен осветител, индекс на помещението, коефициент на отражението (таван, стени, работна повърхност и под). А методите са именно:

- Харисън и Андерсън 1915 ÷ 1920 година;
- Джонс и Нейдхарт;
- Метод на МЭИ – Москва;
- Британски зонален метод;
- Френски метод (Метод на CIE)

III. Определяне коефициентите на използване на светлинният поток:



Светлинните източници в помещението създават и излъчват определен светлинен поток „ Φ “. Но върху тавана, стените, работната повърхност и пода, се установява следният светлинен поток „ Φ_i “

$\Phi_i = \Phi_{i,\text{директен}} + \Phi_{i,\text{отразен}}$ – светлинен поток върху всяка от 6^{-те} повърхности.

където:

$\Phi_{i,\text{директен}}$ – директен светлинен поток от лампите;

$\Phi_{i,\text{отразен}}$ – установен светлинен поток след многократно утравнение;

При този метод се приема, че помещенията представляват паралепипед с конкретни стойности на коефициентът на отражение и съотношение между размерите в помещението, в резултат на многократното отражение в затвореният обем на помещението върху ограничаващите го повърхности, се установява светлинен поток „ Φ_i “.

$$\Phi_i > \Phi_{i,\text{директен}}$$

$$\Phi_i = \Phi_{i,\text{директен}} + \sum_{k=1}^6 \Phi_k \cdot \rho_k \cdot \eta_{k,i}$$

където:

6 – в сумата „ Σ “ означава: 4 стени + под + таван;

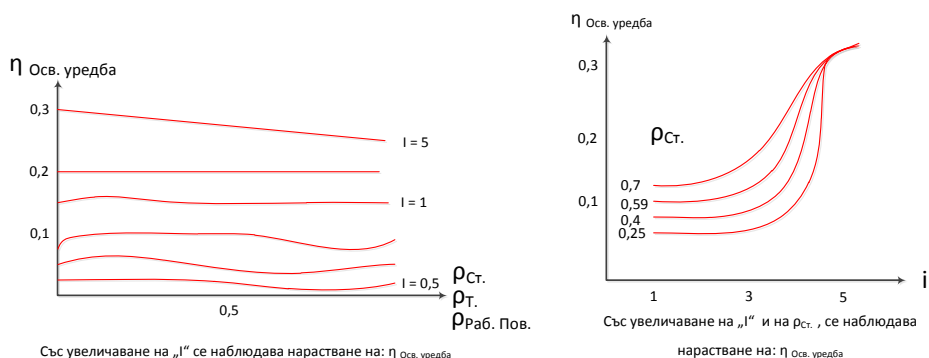
Φ_k – светлинен поток установен от многократно отражение върху съответната k -та повърхност;

ρ_k – коефициент на отражение на k -та повърхност;

$\eta_{k,i}$ – коефициент на използване определящ каква част от отразеният светлинен поток „ Φ_k “ от k -та повърхност пада на повърхността „ i “.

Решението на тази система (уравнението горе), се опростява ако четирите стени на помещението се разгледат като една обща повърхност. Така броят на уравненията се намалява от 6 на 3, а също не е необходимо да се изчислява директно падащият светлинен поток „ Φ “ поотделно за всяка повърхност. Отчита се многократното отражение между четирите стени на помещението чрез коефициентът за многократно отражение.

При решаването се определят последователните светлинни потоци, коефициентът на отражение, коефициентът на използване на: стени, таван и работна повърхност.



**31 въпрос – Проектиране на административни и промишлени
осветителни уредби.**

(Ред на изчисление и проектиране в Курсовата Работа)

I. Видове фази на проектирането (етапи):

1. Идеен;
2. Технически;
3. Работен;

II. Съдържание на проекта:

1. Обяснителна записка;
2. Светлотехническа част;
3. Електротехническа част;

III. Проект на осветителна уредба:

1. Избор на система на осветление:

- 1) Общо осветление:
 - Общо равномерно;
 - Общо локализирано;
- 2) Местно осветление (индивидуално).
- 3) Комбинирано осветление:

Комбинирано осветление = Общо осветление + Местно осветление

2. Избор на светлинен източник:

- 1) Място на приложение на различните видове луминесцентни лампи (виж 12 въпрос);
- 2) Кога и къде могат да се използват: Метал – халогенна лампа, натриева лампа, живачна лампа, нажежаема лампа.

3. Избор на нормена осветеност:

- 1) Видове норми:
 - БДС;
 - EN;
- 2) $E_{реализирано}$ е „-5%“ и „+15%“.

4. Избор на коефициентът на запаса:

5. Избор на осветителното тяло:

Видове светлоразпределителни криви

6. Определяне разположението на осветителното тяло:

7. *Определяне мощността на светлинните източници и броят на осветителите:*
 - 1) Метод на коефициента на използване на осветителната уредба;
 - 2) Права и обратна задача.
8. *Определяне на качествени показатели:*
 - 1) Равномерност на осветлението;
 - 2) Заслепяване;
 - 3) Дискомфорт.
9. *Електрическа част на осветителната уредба:*
 - 1) Инсталационен план; токови кръгове;
 - 2) Избор на сечението на проводниците в токовите кръгове;
 - 3) Избор на автоматичен прекъсвач (АП) и предпазители;
 - 4) Проверка на сечението по допустима загуба на напрежение „ΔU“;
 - 5) Схема на Главно разпределително табло.
10. *Технико икономическа оценка.*

$$З = C + P_H \cdot K$$

където:

C – експлоатационни разходи;

K – начални капиталовложения;

P_H – нормативен коефициент на ефективност ($P_H = 0,10$).
11. *Съгласуване на проекта на осветителната уредба с други технически инсталации в сградата:*
 - 1) ОВ;
 - 2) ВиК;
 - 3) Странични конструктори;

32 въпрос – Светлотехнически изчисления и проектиране на улични осветителни уредби.

(Улично осветление)

I. Предназначение и задачи:

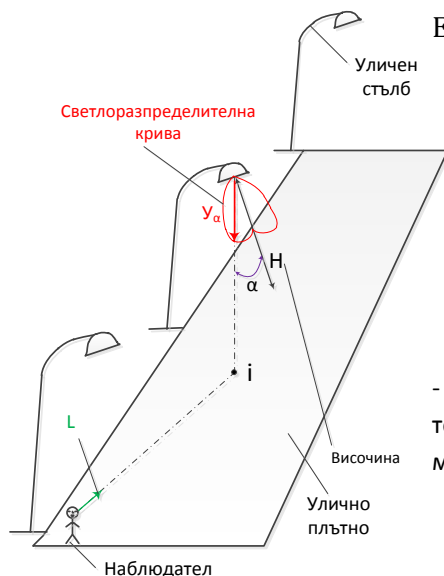
II. Особености при изчисление на улично осветление:

1. Наблюдателят заради който се нормира осветлението (шофьорът) е в движение в колата.
2. На практика се възприема яркостта на уличното платно, а не на осветеността т.е. зрителният анализатор приема отразеният от уличното платно светлинен поток т.е. яркостта не е пропорционална на осветеността (докато при вътрешното осветление яркостта е пропорционална на осветеността ($L \equiv E$)). Точки с еднаква осветеност и на

еднакво разстояние от уличният стълб се възприемат от наблюдателя с различна яркост.

III. Изчисляване на улично осветление:

1. Осветеност „E“:



$$E = \frac{y_{\alpha} \cdot \cos^e \alpha}{H^2} - \text{от 1 осветител в 1 точка}$$

$$E = \frac{1}{H^2} \sum_{i=1}^n y_{\alpha,i} \cdot \cos^e \alpha_i$$

— от много осветители;

$$E_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

- средна осветеност на определен брой точки в границите на едно междустълбие. Например: 20 точки.

Съществуват „V“ образни криви чрез които може да, се определя осветеността чрез коефициентът на използване на светлинният поток.

2. Яркост „L“:

$$L = E \cdot q$$

където:

q - яркостен фактор, характеризиращотражителните свойства на уличната пътна настилка.

$$L_i = E_i \cdot q_i$$

където:

L_i - яркост в определена точка от уличното платно.

$$L_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

Тя се определя за 100 метров участък от уличното платно. От 60 до 100 метра пред наблюдателя.

Изчисляването на яркостта, се извършва чрез светлотехнически софтуерни програми. Допълнително със него се определят и качествените показатели: заслепявани и дискомфорт.

IV. Проектиране на улично осветление:

1. Лампи:

- 1) Натриеви лампи ВН, $\eta = 130 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$;
- 2) Метал – Халогенни лампи (Може);
- 3) Живачни лампи – но предимно за паркови площи;

- 4) Натриеви лампи НН – само за извън градски пътища и магистрали.

2. Нормиране:

Категория на улицата	$L_{\text{ср.}} \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$	Равномерност		Заслепяване
		U_1	U_0	ТИ
Градска артерия	1	0,6	0,5	10
Районна артерия	0,75	0,5	0,4	15
Събирателна артерия	0,5	0,5	0,4	20
Обслужваща артерия	0,3	0,4	0,3	20
Магистрали	1,5 ÷ 2			

- Площади: $E_H = 10 \div 15 \text{ lx}$ (Осветеност);
- Пешеходни улици извън централната част: $E_H = 5 \text{ lx}$.

3. Осветителни тела:

Те трябва да бъдат със по – висока степен на защита „IP“ в сравнение със телата за вътрешно осветление: IP55, IP56, IP65,

33 въпрос – Осветление на спортни обекти. Фасадно осветление.

I. Осветление на спортни обекти:

Избор на нормена осветеност:

1. Без излъчване на телевизионни предавания от обекта:

Спортни обекти	Тренировка	Състезание
Спортни зали	200	400 ÷ 500
Футбол	75	400
Хандбал	75	400
Волейбол	200	400

Използвани лампи за осветление:

Метал – Халогенни (най – употребявани) $T_{\text{цв.}} = 6000 \text{ K}$, $R_a \geq 85$.

2. Със излъчване на телевизионни предавания от обекта:

Нормира се ниво на вертикална осветеност със оглед изискванията за качествено предаване от телевизионни камери:

$$E_{\text{вертикално}} \geq 1200 \text{ lx}$$

3. Със оглед на ограничаване на заслепяването:

То се получава от прожекторите разположени на мачти. За да се намали се препоръчва ъгълът на падане на светлината да не бъде по – малък от $25 \div 30^\circ$ (спрямо центърът на терена).

II. Фасадно осветление:

Това е осветлението на: сгради, паметници и др.

1. Избор на яркост или осветеност:

Необходимо е:

$$L_{\text{обект}} > L_{\text{фон}},$$

но $L_{\text{обект}}$ зависи от коефициентът на отражение на обекта „ $L_{\text{обект}} = f(p)$ “.

Материал на фасадата	Осветеност ($E_{\text{нормено}}$)	Коефициент на отражение
Светъл бетон, жълти тухли, камък	50 ÷ 300 lx	0,35 ÷ 0,5
Тъмен бетон, камък, червени тухли	150 lx	0,2 ÷ 0,3
Бял мрамор	25 ÷ 100 lx	0,6 ÷ 0,65
Гранит	100 ÷ 400 lx	0,10 ÷ 0,15

2. Светлинни източници:

Допускат се всички видове лампи. Цветът на фасадата, се осветява от лампата така, че да бъде подсилен от подобен цвят на спектъра на лампата.

Осветителни тела:

Прожектори (главно) има два вида:

- 1) Когато е от близко със широко светлоразпределение;
- 2) Когато е от далеко със концентрирано светлоразпределение.

3. Определяне на необходимия светлинен поток за осветяване:

$$\Phi_{\text{необходимо}} = \frac{E \cdot S}{\eta}$$

където:

E – нормирана осветеност (от таблицата);

S – площ на осветяваната повърхност;

η – коефициент на използване на светлинния поток, $\eta = (0,25 \div 0,35)$

– 0,25 – близо разположен прожектор;

– 0,35 – далеко разположен прожектор;

Определя се необходимият брой прожектори със:

$$n = \frac{\Phi_{\text{необходимо}}}{\Phi_{\text{един прожектор}}}$$

Във редица случай общото фасадно осветление, се сменя от локално осветление само на отделни архитектурни елементи от фасадата на сгради.

Основни технически параметри на някои лампи

Осветител			Работна температура $t_{\text{раб.}}, [K]$	Цветна температура $T_{\text{цв}}, [K]$	Светлинен добив $\eta(\text{капа}), [\frac{lm}{W}]$	Експлоатационен живот $[h]$	Индекс на цветоопределяване Ra
Нажежаема лампа	НЛ	Вакуумна	2400	2500 – 2700	7 - 12	1000	100
		Високомощна	2900				100
Нажежаема халогенна лампа	НХЛ			Около 3200	Спрямо ЖЛ 1,5 пъти по - голям	2000	
Луминесцентна лампа	ЛЛ	ДС		6500	60	7500	76
		СБС		4500			70
		БС		4200			63
		ТБС		3000			56
Компактна луминесцентна лампа	КЛЛ				45 - 60	8000	
Живачна лампа	ЖЛ	Високо налягане		4000	60	9000	45
Натриева лампа	НЛ	Високо налягане		2100	130	10000 - 15000	20
		Ниско налягане		2000 - 2300	170	Около 9000	25
Метал - Халогенна лампа	МХЛ			5500 – 6000	100	4000h – 6000h 1000/2000W – 2000h	80 - 90
Ксенонови лампи	КЛ			6100 – 6300	25		95 - 98