

URZĄDZENIA ELEKTRYCZNE

część 5

ZAKRES WYKŁADU

1. Podstawowe pojęcia techniki świetlnej
2. Parametry źródeł światła
3. Wymagania oświetleniowe
4. Urządzenia oświetleniowe
5. Przykładowe pytania testu pisemnego dotyczące zakresu wykładu

Do podstawowych działów techniki świetlnej zalicza się:

- 1) **Fotometrię** – obejmującą pomiary światła, na podstawie których określa się wartości podstawowych wielkości i wielu wskaźników charakteryzujących źródła światła, oprawy oświetleniowe oraz cechy wytworzonego oświetlenia;
- 2) **Kolorymetrię** – określającą na podstawie pomiarów i obliczeń; barwy światła, cechy źródeł światła, a także cechy oświetlenia;
- 3) **Technikę oświetlenia** – wskazującą sposoby stosowania światła w celu oświetlenia.

W zależności od miejsca stosowania światła oraz od rodzaju światła wyróżnia się:

- a) oświetlenie wewnątrz światłem naturalnym;
 - b) oświetlenie wewnątrz światłem sztucznym (elektrycznym);
 - c) oświetlenie dróg i ulic światłem elektrycznym;
 - d) oświetlenie wynikające ze specyfiki wymagań i rozwiązań oświetlenia, np. oświetlenie mieszkań, pomieszczeń medycznych, teatrów, studiów TV itp.;
- 4) **Źródła światła** – charakteryzujące się różnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi, technologicznymi oraz eksploatacyjnymi. Występują w postaci: żarówek, świetlówek, źródeł światła LED, a także sprzętu pomocniczego i uzupełniającego zapłon i świecenie źródeł;
 - 5) **Oprawy oświetleniowe** – wyróżniające się wieloma rodzajami o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych i technologicznych, dotyczących rozsyłu światła w powietrzu oraz praktycznego przyłączania źródeł do sieci zasilającej.

PARAMETRY TECHNIKI ŚWIETLNEJ

Promieniowanie (radiacja) – jest zjawiskiem wysyłania lub przenoszenia energii za pomocą fal elektromagnetycznych;

Pole zadania – pole pracy, w obrębie którego wykonywane jest zadanie wzrokowe. W miejscach, dla których wielkość i/lub położenie pola zadania jest nieznane, jako pole zadania należy uznać pole, gdzie zadanie może być wykonywane;

Pole bezpośredniego otoczenia – pas o szerokości co najmniej 0,5 m otaczający pole pracy, występujący w polu widzenia;

Obszar tła – obszar sąsiadujący z polem bezpośredniego otoczenia o szerokości co najmniej 3 m;

Zadanie wzrokowe – polega na wykonaniu określonej czynności (pracy) w wyniku odpowiedniej jakości widzenia, która zależy w szczególności od takich czynników fizycznych jak: luminancja obiektu i jej rozkład w otoczeniu, kontrastu obiektu z tłem, kontrast obiektu z tłem, wymiar kątowy najmniejszego rozpoznawanego szczegółu, a także od czasu spostrzegania;

Promiennik – substancja generująca promieniowanie optyczne (np. rozgrzany drut wolframowy, luminofor, wyładowanie)

Źródło światła – urządzenie składające się z promiennika lub promienników i elementów umożliwiających zgodnie z przeznaczeniem działanie promienników i doprowadzające energię elektryczną, izolujące promienniki od środowiska – bańki szklane, kwarcowe lub ceramiczne, odbłyśniki. w gazach lub parach metali

Otoczenie świetlne – otoczenie świetlne przedmiotu obserwacji, obserwowane pod kątem jego fizjologicznego i psychologicznego oddziaływania na obserwatora;

Kąt ochronny – kąt między płaszczyzną poziomą i pierwszą linią wzroku, przy której świecąca część lamp w oprawie są bezpośrednio widoczne;

Miejsce pracy – miejsce w budynkach przedsiębiorstwa i/lub zakładu przeznaczone do wykorzystania jako stanowiska pracy, łącznie z każdym miejscem na terenie przedsiębiorstwa i/lub zakładu, do którego pracownik ma dostęp w trakcie pracy;

Stanowisko pracy – kombinacja i przestrzenna aranżacja sprzętu do pracy w środowisku pracy narzucona przez warunki wynikające z zadań w pracy;

Kontrast – dla obserwatora oznacza ocenę różnic w wyglądzie dwóch części pola widzenia postrzeganych jednocześnie (kontrast jednoczesny) lub kolejno (kontrast następczy). Kontrast może dotyczyć: jaskrawości, jasności, barw;

Olśnienie – stan procesu widzenia, w którym następuje odczucie niewygody lub zmniejszenia zdolności rozpoznawania szczegółów (lub oba skutki równoległe) w wyniku niewłaściwego rozkładu jaskrawości, zakresów jaskrawości lub kontrastów w polu widzenia;

Olśnienie przykre – olśnienie związane ze stanem niewygody, lecz niekoniecznie z procesem pogorszenia rozpoznawania szczegółów;

Olśnienie przeszkadzające – olśnienie związane z pogorszeniem zdolności rozpoznawania szczegółów, lecz niekoniecznie z odczuciem niewygody;

Barwa światła (dostrzegana) – odczucie jakościowe będące wynikiem dostrzegania. (Dostrzega się wyłącznie barwę światła: generowanego przez źródło, odbitego od powierzchni nieprzeświecalnej, przepuszczanego przez materiał przeświecalny, nie dostrzega się światła, a więc również barwy światła transmitowanego (przechodzącego) przez środek przezroczysty (np. barwy światła w powierzchni);

Temperatura barwowa – jest to taka temperatura ciała doskonale czarnego, którego promieniowanie ma taką samą barwę psychofizyczną, co rozważane źródło (dotyczy promieniowań temperatur nowych).

Temperatura barwowa najbliższa – jest to taka temperatura ciała doskonale czarnego, przy której barwa postrzegana tego ciała jest najbardziej podobna do barwy rozważanego promieniowania przy tej samej jaskrawości i tych samych (określonych) warunkach widzenia. Hasło dotyczy promieniowań lamp wyładowczych;

Barwa (psychofizyczna) – opis barwy promieniowania przez wartości fizyczne takie jak składowe trójchromatyczne, współrzędne trójchromatyczne, temperaturę barwową;

Oddawanie barw – zdolność rozważanego promieniowania (promieniowania rozważanego źródła) do tworzenia barwy oświetlonych przedmiotów zgodnej z barwą uznaną za normalną (odniesieniową)

Wskaźnik oddawania barw R_a – miara stopnia zgodności psychofizycznego wrażenia barwy przedmiotu oświetlanego rozpatrywanym źródłem światła z wrażeniem barwy tego samego przedmiotu oświetlonego źródłem odniesienia;

Migotanie (światła) – odczucie niestabilności wrażenia wzrokowego powodowanego przez światło, którego jaskrawości lub barwa zmieniają się w czasie;

Eksploatacyjne natężenie oświetlenia (\bar{E}_m): wartość, od której nie może być mniejsza wartość średniego natężenia oświetlenia, na określonej powierzchni. Jest to średnie natężenie oświetlenia zalecane do utrzymywania podczas użytkowania oświetlenia;

Kąt ochrony: kąt między poziomą płaszczyzną i pierwszą linią wzroku, przy której świecące części lamp w oprawie oświetleniowej są bezpośrednio widoczne;

Urządzenie z monitorem ekranowym (DSE): alfanumeryczne lub graficzne monitory ekranowe, niezależnie od zastosowanego sposobu wyświetlania [90/270/EWG],

Równomierność oświetlenia: stosunek minimalnego natężenia oświetlenia (w jednym punkcie pomiarowym) do średniego natężenia oświetlenia rozpatrywanej powierzchni (patrz IEC 60050-845 / CIE 17.4: 845-09-58).

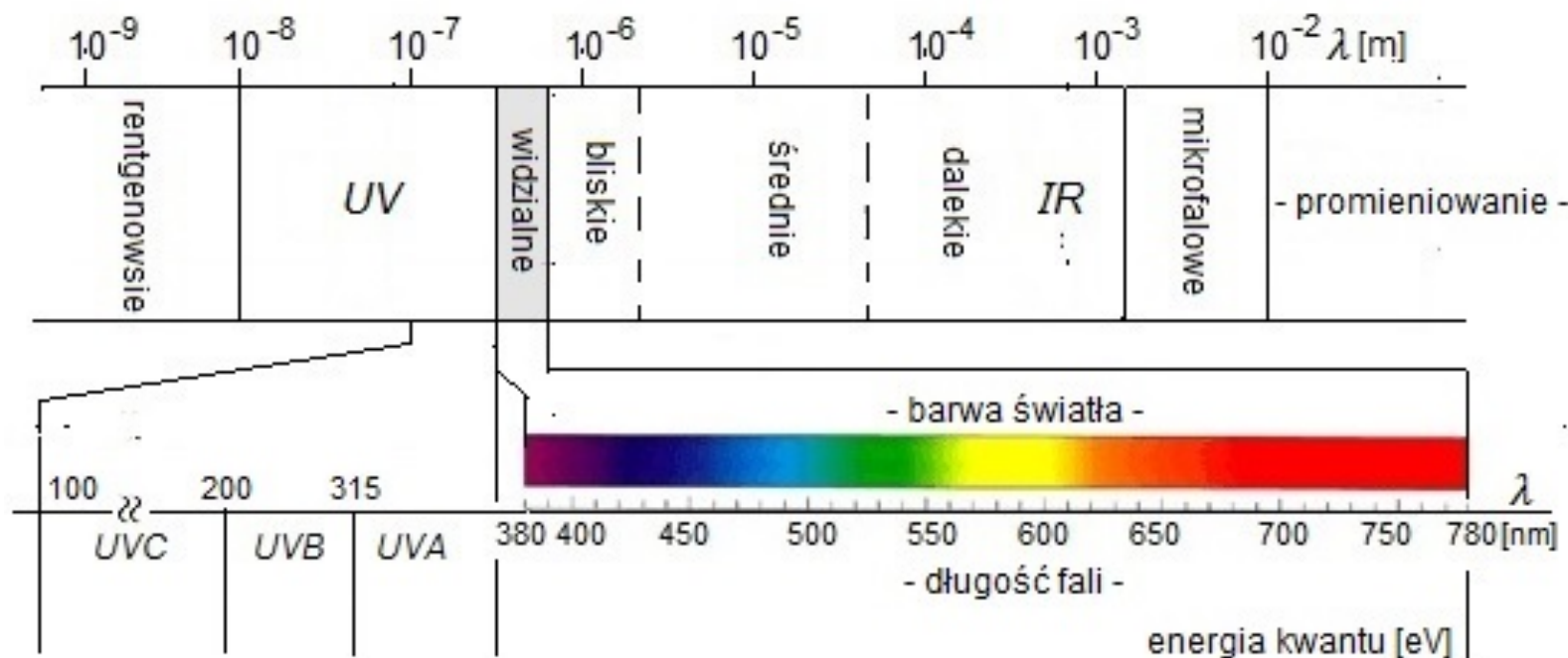
Promieniowanie elektromagnetyczne

Promieniowanie jest zjawiskiem wysyłania lub przenoszenia energii za pomocą fal elektromagnetycznych lub przez emisję cząstek ze źródła promieniotwórczego. Światło jest promieniowaniem widzialnym – promieniowaniem elektromagnetycznym, zdolnym do wywoływania u człowieka i zwierząt bezpośrednio wrażeń wzrokowych, z których wynika widzenie.

Źródłem promieniowania (fali elektromagnetycznej) mogą być naturalne zjawiska zachodzące w przyrodzie (np. promieniowanie słoneczne) lub zjawiska sztuczne, wymuszone przez człowieka. Do źródeł światła sztucznego zalicza się przeważnie źródła elektryczne, natomiast wytwarzane przez nie światło jest w zasadzie wielkością nieelektryczną, wyrażaną wielkościami i prawami fotometrycznymi.

Promieniowanie optyczne jest promieniowaniem obejmującym zarówno zakres widzialny jak i sąsiednie zakresy niewidzialne: promieniowanie nadfioletowe (*UV*) i promieniowanie podczerwone (*IR*).

W widmie fal elektromagnetycznych promieniowanie widzialne zawiera przedział długości fal od 380 do 780 nm, wywołujące w oku człowieka wrażenie zwane światłem. Taki zakres odbiera oko człowieka, ale zwierzęta mogą rejestrować promieniowanie o innych długościach



W widmie światła widzialnego istnieją przedziały o różnych długościach fal, które oko ludzkie odbiera jako wrażenie różnych barw, np. przedział o długości fali:

- a) od 380 nm do 436 nm – fiolet,
- b) od 436 nm do 495 nm – niebieski,
- c) od 495 nm do 566 nm – zielony,
- d) od 566 nm do 589 nm – żółty,
- e) od 589 nm do 627 nm – pomarańczowy,
- f) od 627 nm do 780 nm – czerwony.

Najlepsza widzialność występuje w środku zakresu promieniowania widzialnego, a najgorzej na jego końcach.

Czułość wzrokowa oka

Światło w naszym oku odbierają receptory znajdujące się na siatkówce: 125 milionów pręcików i 6,5 miliona czopków. Dzięki czopkom człowiek rozróżnia barwy w jasnym pomieszczeniu oraz ostro widzi szczegóły. Czopki zawierają trzy typy barwników o maksimach czułości w obszarach błękitu, oranżu i czerwieni.

W zależności od stopnia podrażnienia każdego z barwników mózg otrzymuje różne serie impulsów nerwowych i interpretuje je jako różne kolory. Czopki potrafią również rozróżniać natężenie światła, czyli jego intensywność.

Gdy oświetlenie jest słabe, czopki przestają pracować i nie rozpoznajemy wtedy barw. Zaczynają wówczas odbierać pręciki, które pozwalają widzieć jednobarwne przedmioty przy słabym oświetleniu, rejestrując ich natężenie.

Wywoływanie wrażeń świetlnych przez promieniowanie

Promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu $380 \div 780$ nm wywołuje w oku człowieka wrażenie światła; oko dostrzega i rozróżnia obiekty napromieniowane falami tych długości. Ponieważ rozkład widmowy mocy promienistej jest w zakresie widmowym zmienny, to odbiór intensywności wrażeń wywołanych przez poszczególne długości fal jest też różny.

Podobnie, gdy człowiek ocenia wrażenia wywołane przez poszczególne długości fali, tak zwanego promieniowania równoenergetycznego $\Phi_e(\lambda) = \text{const.}$ – wtedy również byłyby one odbierane z różną intensywnością.

Jest to cecha charakterystyczna narządu wzroku, który z różną wrażliwością reaguje na działanie promieniowania o różnych długościach fali z zakresu widzialnego.

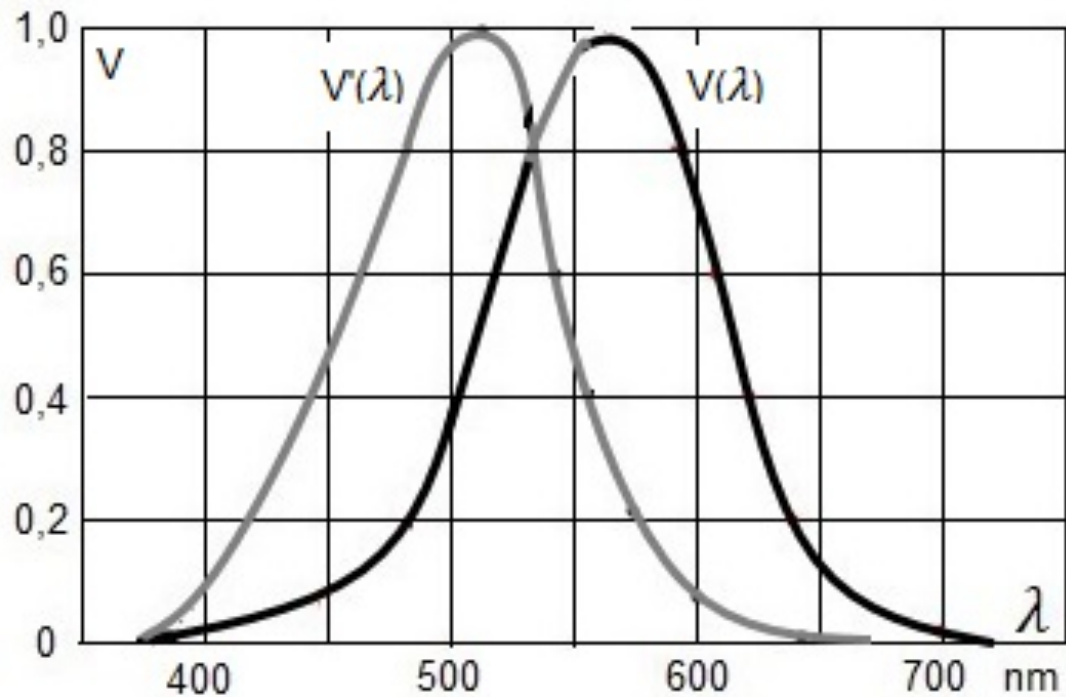
A zatem skuteczność wywoływania wrażeń świetlnych przez promieniowanie nie jest stała.

Względna skuteczność światła promieniowania monochromatycznego V_λ (dla długości fali λ) – jest to stosunek mocy promienistej $\Phi_e(\lambda_{\max})$ na długości fali (λ_{\max}) do mocy promienistej $\Phi_e(\lambda)$ na długości fali (λ), które w określonych warunkach fotometrycznych wywołują wrażenia świetlne o tej samej intensywności.

$$V_\lambda = \left| \frac{\Phi(\lambda_{\max})}{\Phi_e(\lambda)} \right|$$

Względna skuteczność świetlna promieniowania zależy od stanu adaptacji wzroku. Inną skutecznością będzie oddziaływać na obserwatora promieniowanie o danej długości fali w jasnym otoczeniu – a inna w ciemności.

Krzywą odpowiadającą adaptacji do warunków jasności V_λ nazywa się **krzywą fotopową**, a krzywą odpowiadającą adaptacji do warunków ciemności $V'\lambda$ – **czułością skotopową**.



Krzywe względnej skuteczności świetlnej promieniowania monochromatycznego
(czułości widmowej oka) przy widzeniu fopowym (V_λ) i przy widzeniu skotopowym (V'_λ)

Energia promienista (Q_e)[J] – to energia wytwarzana, przenoszona i odbierana w postaci promieniowania.

Ilość energii promienistej – to ilość energii, która może być w tym samym czasie wysyłana w różnych kierunkach przestrzeni przez źródło promieniowania elektromagnetycznego, w różnej ilości.

Energia promienista wytwarzana, przenoszona i odbierana w postaci promieniowania – określa sumaryczną energię wysłaną na wszystkich długościach fali, na których dane źródło promieniuje.

Gęstość widmowa energii (Q_λ) [J/nm] (monochromatyczna gęstość energii promienistej) – określa ilość energii wypromieniowanej przez dane źródło na długości fali λ

$$Q_\lambda = \frac{dQ_\lambda}{d\lambda}$$

Moc promienista (P_e) – jest mocą wysyłaną, przenoszoną lub odbieraną przez promieniowanie

.Moc promienistą można obliczyć jako sumę gęstości widmowych mocy $\Phi_e(\lambda)$ tworzących rozkład widmowy promieniowania:

$$Q_e = P = \int_0^{\infty} \Phi_e(\lambda) d\lambda$$

albo przedstawić jako związek energii promienistej i czasu, czyli:

$$P_e = \Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}$$

Sprawność źródła promieniowania – można wyrazić jako iloraz mocy wypromieniowanej przez źródło i mocy pobranej przez to źródło.

$$\eta = \frac{\Phi_e}{P_e}$$

Gęstość widmowa mocy promienistej – jest ilorazem nieskończenie małej części mocy promienistej dP_e przypadającej na nieskończenie mały przedział $d\lambda$ widma, zawierający daną długość fali λ , przez szerokość tego przedziału.

$$P_{e\lambda} = \frac{dP_e}{d\lambda}$$

Natężenie promieniowania

Natężenie promieniowania (I_e [W/sr] w określonym kierunku I_e [W/sr] – jest wielkością, która charakteryzuje gęstość kątową strumienia energetycznego w określonym kierunku przestrzeni. Natężenie promieniowania można wyznaczyć z ilorazu mocy promienistej wysyłanej przez dane źródło w elementarnym kącie bryłowym, obejmującym dany kierunek, do wartości tego kąta, czyli gęstości przestrzennej mocy promienistej.

$$I_e = \frac{dP_e}{d\omega}$$

gdzie $d\omega$ oznacza elementarny kat bryłowy oznaczający kierunek, dla którego wyznacza się promieniowanie.

Wielkością fotometryczną wektorową jest „Światłość”

Natężenie napromieniowania odbiornika w danym punkcie E_e [W/m²] lub **egzytancja promienista** źródła w określonym kierunku – jest ilorazem mocy promienistej (emitowanej ze źródła lub padającej na odbiornik), przypadającej na elementarną powierzchnię otaczającą dany punkt, przez pole tej powierzchni.

$$E_e = \frac{dP_e}{dS}$$

Wielkość fizyczna			Wielkość fotometryczna		
Energia promienista	Q_e	J	Ilość światła	Q	$\text{lm} \cdot \text{s}$
Moc promienista	$P_e = \frac{dQ_e}{dt}$	W	Strumień świetlny	Φ	lm
Gęstość widmowa mocy promienistej	$P_{e\lambda} = \frac{dP_e}{d\lambda}$	$\frac{W}{\text{nm}}$	Gęstość widmowa (monochromatyczna) strumienia świetlnego		$\frac{\text{lm}}{\text{nm}}$
Natężenie promieniowania	$I_e = \frac{dP_e}{d\omega}$	$\frac{W}{\text{m}^2}$	Światłość ^{*)}	$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$	$\frac{\text{lm}}{\text{sr}} = \text{cd}$
Natężenie oświetlenia (odbiornika promieniowania)	$E_e = \frac{dP_e}{dS}$	$\frac{W}{\text{m}^2}$	Natężenie oświetlenia ^{*)}	$E = \frac{d\Phi}{dS}$	$\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{lx}$
Egzytancja promienista	$E_e = \frac{dP_e}{dS}$	$\frac{W}{\text{m}^2}$	Egzytancja świetlna	$E = \frac{d\Phi}{dS}$	$\frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$
Gęstość widmowa egzytancji promienistej	$E_{e\lambda} = \frac{dE_e}{d\lambda} = \frac{d^2P_e}{dSd\lambda}$	$\frac{W}{\text{m}^2\text{nm}}$			
Gęstość powierzchniowa natężenia promieniowania	$L_e = \frac{d^2P_e}{d\omega dS \cos\alpha} =$	$\frac{W}{\text{m}^2\text{nm}}$	Luminancja	$L = \frac{I_\alpha}{dS \cos\alpha}$	$\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} = \text{nt}$
Napromienienie	$N_e = \frac{dQ_e}{dS} = \int E_e dt$		Naświetlenie ^{**)}	$N = \frac{dQ}{dS} = \int E dt$	$\text{lx} \cdot \text{s}$
^{*)} wielkość fotometryczna wektorowa ^{**)} stosowane w fotografii					

Strumień świetlny

Strumień świetlny (Φ) jest mocą promieniowania widzialnego emitowanego przez źródło światła, ocenioną według zdolności wywoływania wrażeń wzrokowych o czułości widmowej określonej krzywą (V_λ).

$$\Phi = K_m \int_0^{\infty} P_{e\lambda} V_\lambda d\lambda$$

przy czym:

K_m – fotometryczny równoważnik promieniowania (683 lm/W);

V_λ – względna skuteczność świetlna promieniowania monochromatycznego;

$P_{e\lambda}$ = gęstość widmowa mocy promienistej.

Jednostką strumienia świetlnego jest lumen, (1 lm). [lm] = [cd · sr].

Światłość

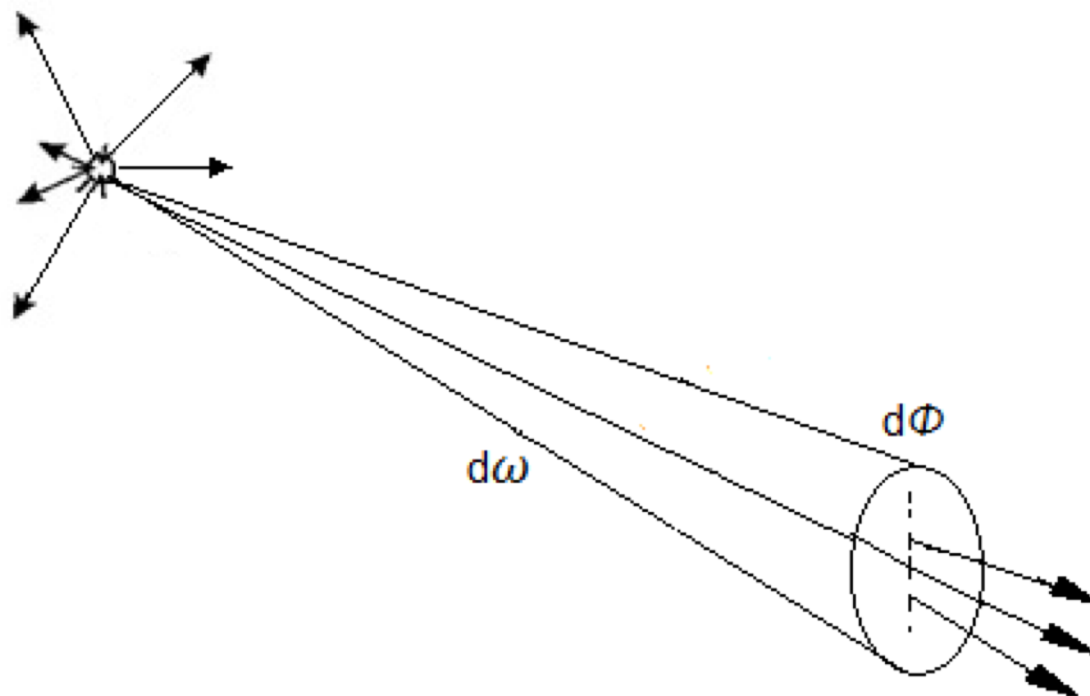
Światłość (I) jest to iloraz elementarnego strumienia świetlnego ($d\Phi$) wypromieniowanego przez źródło w danym kierunku, w stożku o nieskończenie małym kącie rozwarcia obejmującego ten kierunek oraz kąta bryłowego $d\omega$ tego stożka.

Światłość (I) jest przestrzenną gęstością kątową strumienia świetlnego. Ponieważ światłość jest wielkością wektorową, to ten sam punkt świecącej powierzchni może mieć różną światłość w różnych kierunkach:

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

przy czym ω jest kątem bryłowym (sr – steradian), który na powierzchni kuli o promieniu (r), zakreślonej z wierzchołka tego kąta, ogranicza pole $S = r^2$.

Jednostką światłości jest kandela (1 cd) czyli lumen na steradian – (lm/sr), Steradian (sr) jest jednostką kąta bryłowego.



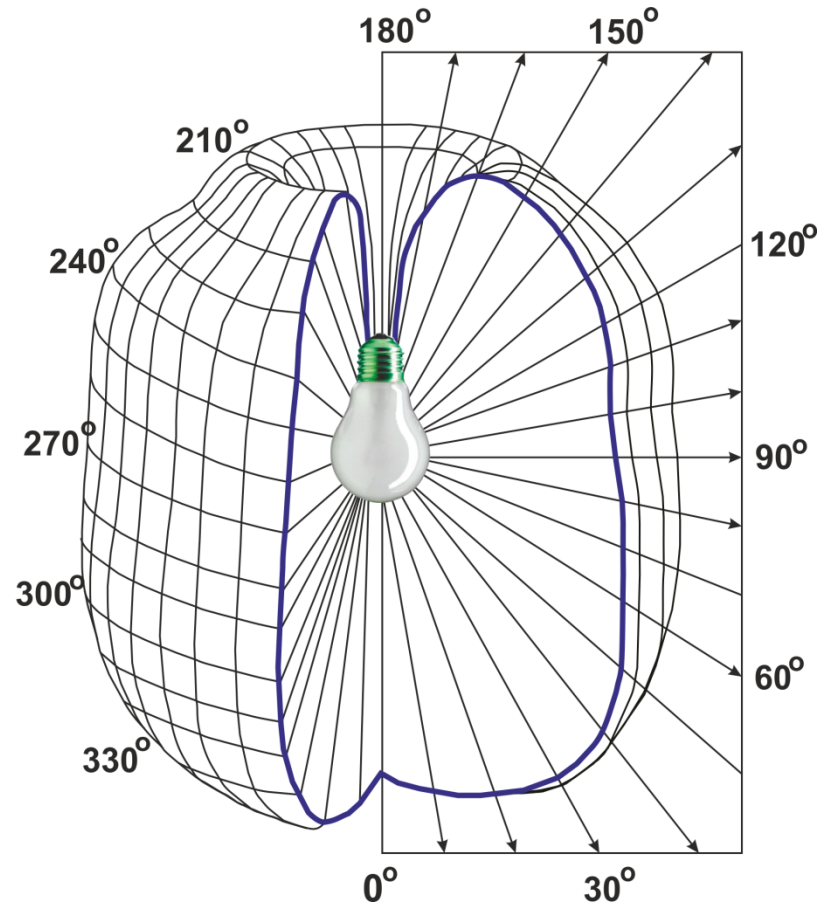
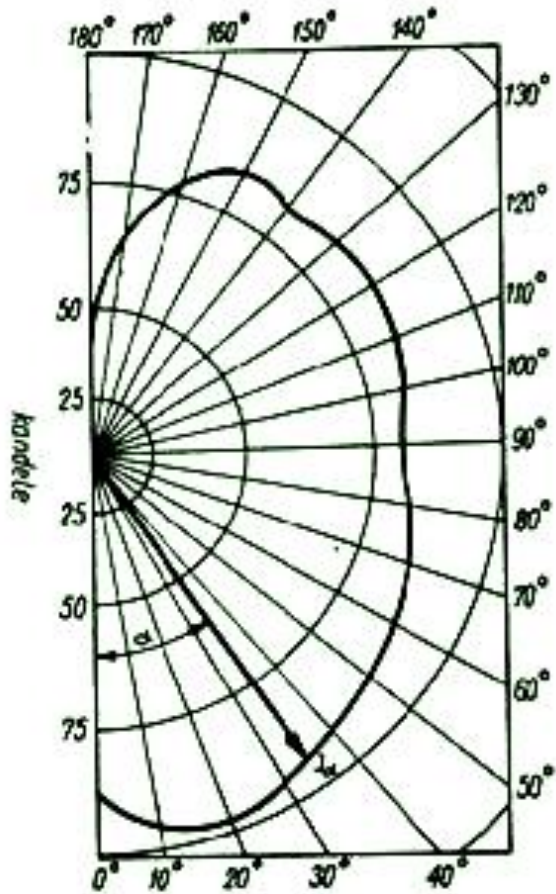
Graficzne przedstawienie światłości

Krzywa rozsyłu światłości

Krzywą rozsyłu światłości nazywamy krzywą odzwierciedlającą rozkład światłości oprawy przedstawiony dla charakterystycznej płaszczyzny lub płaszczyzn przekroju danej oprawy, którymi są płaszczyzny przechodzące przez wzdłużny (C_{90}) i poprzeczny (C_0) przekrój osiowy oprawy – dla opraw wydłużonych lub jedna krzywa dla opraw obrotowo symetrycznych.

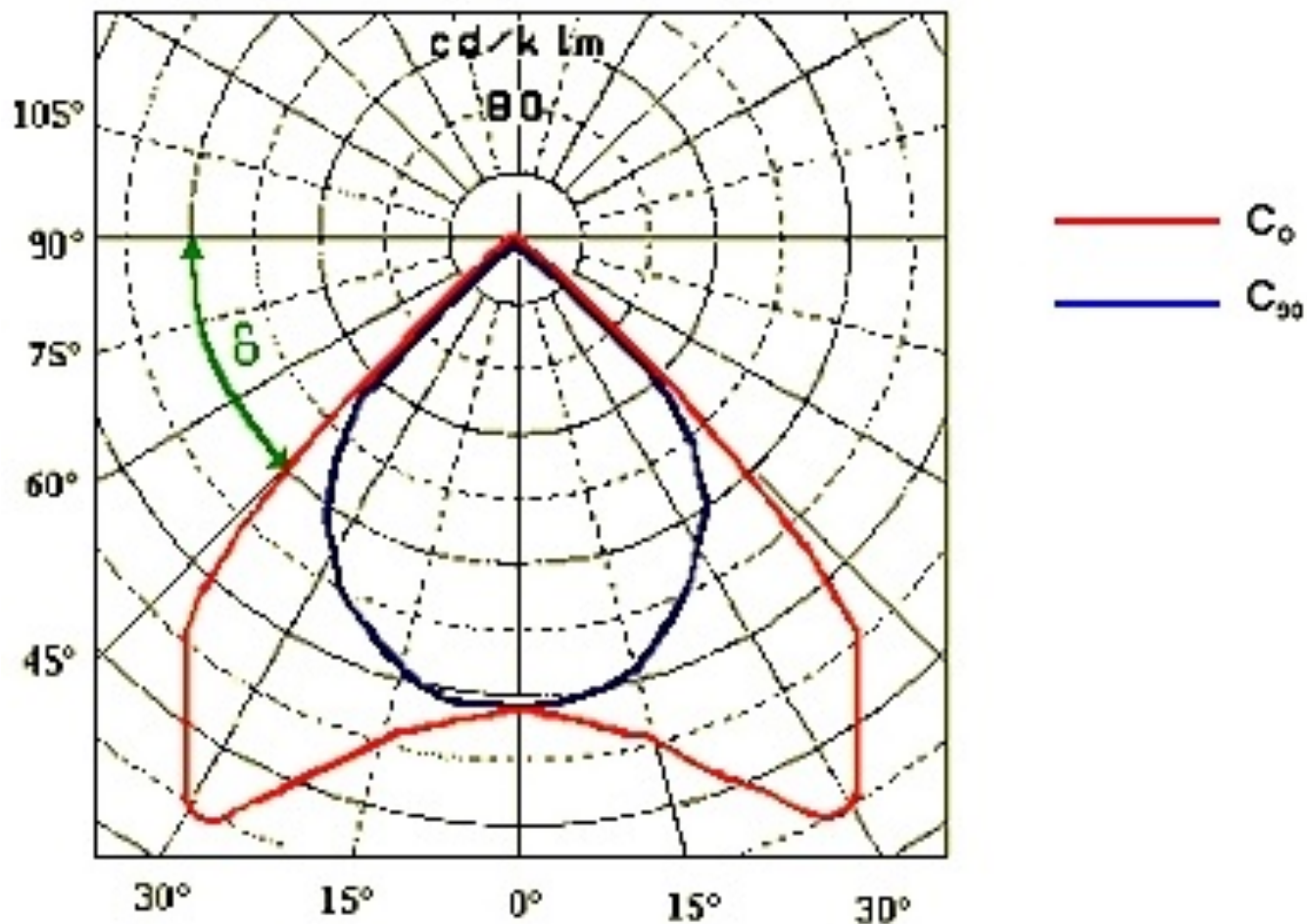
Źródła światła rozsyłają strumień świetlny w poszczególnych kierunkach w różny sposób, co wynika z budowy źródła lub kształtu oprawy. W katalogach lamp i opraw przestrzenny rozsył światła jest przedstawiany w formie tzw. **krzywych rozsyłu światłości**, będących przekrojami bryły fotometrycznej strumienia świetlnego wysyłanego przez daną lampę. Rozsył światłości żarówek jest symetryczny we wszystkich płaszczyznach.

Krzywe rozsyłu światłości mogą być też przedstawiane we współrzędnych prostokątnych. Jest to typowe dla opraw o ukierunkowanym strumieniu światła.



Krzywa światłości żarówek

(Źródło: Opracowania Centralnego Instytutu Ochrony Pracy)

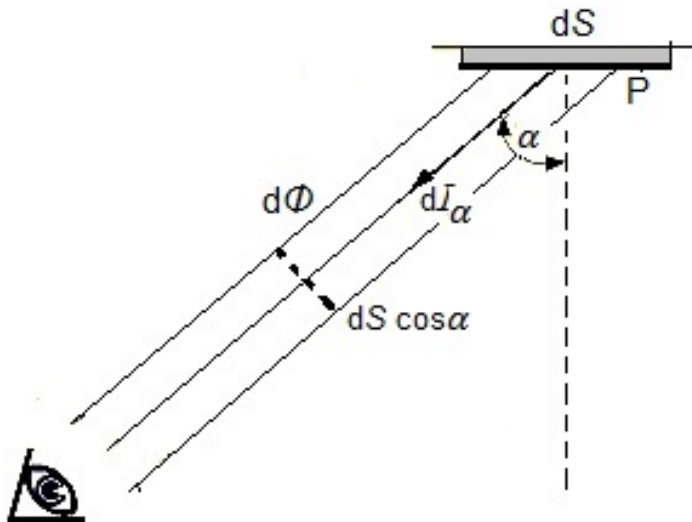


Krzywa światłości oprawy świetlówkowej
(Źródło: Opracowania Centralnego Instytutu Ochrony Pracy)

Luminancja (L_α) danego punktu P powierzchni, w określonym kierunku, jest to iloraz światłości (I_α) elementarnego pola powierzchni w tym kierunku do pola powierzchni pozornej tego elementu (dS) – rysunek 5, przy czym:

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

Jednostką luminancji jest kandela na metr kwadratowy (cd/m^2) lub nit (nt).



**Ilustracja pojęcia luminancji
obserwowanej powierzchni**

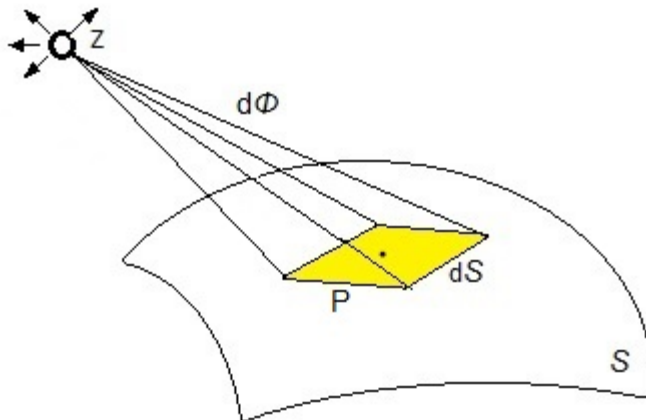
Natężenie oświetlenia

Natężenie oświetlenia (E) w danym punkcie powierzchni jest to iloraz strumienia świetlnego $d\Phi$, padającego na pole powierzchni dS , stanowiącą otoczenie danego punktu P , do wartości tego pola.

Natężenie oświetlenia charakteryzuje gęstość powierzchniową strumienia świetlnego padającego na oświetlaną płaszczyznę, wyznacza się ze wzoru.

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

Jednostką natężenia oświetlenia jest luks (lx), gdzie: $lx = lm/m^2$



Graficzne przedstawienie jednostki natężenia oświetlenia

Wymagania oświetleniowe

Zgodnie z normą PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach – wymaga się, aby obok wymaganych poziomów natężeń oświetlenia pomieszczeń i stanowisk pracy wewnątrz budynków, powinny być spełnione również dodatkowe potrzeby jakościowe i ilościowe.

Zapewnienie właściwego oświetlenia pomieszczeń i stanowisk pracy jest obowiązkiem każdego pracodawcy, który zgodnie z art. 207 § 2 Kodeksu pracy jest zobowiązany chronić zdrowie i życie pracowników przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy, przy odpowiednim wykorzystaniu osiągnięć nauki i techniki.

W § 26 rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy wymaga się, aby w pomieszczeniach pracy było zapewnione oświetlenie elektryczne o parametrach zgodnych z Polskimi Normami.

Przyjęcie wymagań dotyczących wymienionych wielkości wynikało z uwzględnienia potrzeb związanych z wygodą widzenia, wydolnością wzrokową i z zapewnieniem bezpieczeństwa, a także z uwzględnienia koniecznych lub pożądaných, ilościowych i jakościowych cech oświetlenia.

Otoczenie świetlne definiuje się jako środowisko utworzone we wnętrzu przez światło, barwę, w powiązaniu z kształtem wnętrza i jego wyposażeniem. Może ono oddziaływać w różny sposób na człowieka w zależności od jego właściwości osobniczych i istniejących sytuacji emocjonalnych oraz sposobów reagowania na bodźce świetlne. Może także ułatwić koncentrację, wpływać na wykonywanie trudnej pracy, a także sprzyjać odprężeniu i odpoczynkowi.

Wymagania oświetleniowe wynikają z uwzględnienia trzech podstawowych potrzeb człowieka:

- 1) **Wygody widzenia** – jest pożądanym stanem procesu widzenia i występuje wtedy, gdy zdolność rozróżniania szczegółów jest pełna, gdy spostrzeganie jest sprawne, pozbawione ryzyka i nie prowadzi do odczucia niewygody i nadmiernego zmęczenia. Dobre samopoczucie pracowników w pośredni sposób wpływa także na większą wydajność pracy i wyższą jakość pracy. Świadczy to również o wytworzeniu dobrego oświetlenia;
- 2) **Wydolności wzrokowej**, którą określa się na podstawie oceny dokładności i szybkości wykonywania różnych czynności, przy uwzględnieniu stopnia zmęczenia. Pracownicy są w stanie wykonywać swoje zadania wzrokowe, nawet w trudnych warunkach i w dłuższych okresach;
- 3) **Względów bezpieczeństwa.**

Do podstawowych parametrów otoczenia świetlnego, uwzględniających zarówno światło sztuczne, jak i światło dzienne, zalicza się:

- rozkład luminancji w otoczeniu,
- natężenie oświetlenia na polu pracy i w jego otoczeniu,
- kierunkowość światła, oświetlenie w przestrzeni wnętrza,
- zmienność światła (poziomy i barwa światła),
- olśnienie (przeszkadzające, przykre i odbiciowe),
- oddawanie barw i barwy postrzeganej,
- migotanie światła i efekty stroboskopowe.

Kryteria oceny rozkładu luminancji we wnętrzu zależą od przeznaczenia danego pomieszczenia i rodzaju wykonywanej pracy. Zgodnie z PN-EN 12464-1:2012 luminancję powierzchni można określić za pomocą jej współczynnika odbicia i natężenia oświetlenia na tej powierzchni

Rozkład luminancji w polu widzenia wpływa na poziom adaptacji oczu, wpływając na widzialność zadania.

Wymaga się, aby właściwie zrównoważona luminancja adaptacyjna w polu widzenia była nie-zbędna dla poprawy:

- ostrości widzenia
- czułości kontrastowej w rozróżnianiu małych różnic luminancji,
- sprawności funkcji ocznych (akomodacja, konwergencja, zwężenie źrenicy, ruchy oka).

Ze względu na wygodę widzenia zaleca się unikać we wnętrzach:

- a) wysokich luminancji, które mogą być przyczyną wzrostu olśnienia,
- b) wysokich kontrastów luminancji, które mogą powodować zmęczenie oczu,
- c) niskich luminancji i niskich kontrastów luminancji, przy których tworzy się monotonne środowisko pracy.

ROZKŁAD LUMINANCJI

Dla zapewnienia dobrze zrównoważonego rozkładu luminancji należy uwzględnić luminancje wszystkich powierzchni, określone przez odpowiednie współczynniki odbicia i natężenie oświetlenia.

Podniesienie poziomu adaptacji oraz komfort osób w budynkach należy zapewnić we wnętrzu jasne powierzchnie, w szczególności ściany i sufit. Dla pomieszczeń roboczych wymaga się możliwie równomiernej luminancji otoczenia. Należy dążyć do tego, aby luminancja bezpośredniego otoczenia przedmiotu pracy wzrokowej była mniej-sza od luminancji samego przedmiotu. W projekcie oświetlenia należy rozważać i wybierać odpowiednie współczynniki odbicia i wartości natężeń oświetlenia dla powierzchni wnętrza. Zaleca się, aby współczynniki odbicia światła od głównych powierzchni rozpraszających we wnętrzu zawierały się w granicach:

- sufit: od 0,7 do 0,9,
- ściany: od 0,5 do 0,8,
- podłoga: od 0,2 do 0,4.

Dla takich przedmiotów jak meble, maszyny itp., współczynniki odbicia światła powinny zawierać się w zakresie od 0,2 do 0,7.

Zgodnie z PN- EN 12464-1:2012 zaleca się, aby natężenia oświetlenia we wszystkich zamkniętych miejscach na głównych powierzchniach we wnętrzach, powinny mieć następujące wartości:

$$E_{\text{śr}} > 50 \text{ lx z } \delta \geq 0,10 \text{ na ścianach,}$$

$$E_{\text{śr}} > 30 \text{ lx z } \delta \geq 0,10 \text{ na suficie}$$

gdzie:

δ – równomierność oświetlenia elektrycznego;

$E_{\text{śr}}$ – średnia wartość natężenia oświetlenia.

W miejscach, w których nie będzie praktycznie możliwe osiągnięcie wymaganych poziomów oświetlenia na tych powierzchniach, mogą być akceptowane obniżone poziomy zalecanych wartości. Natomiast w niektórych zamkniętych miejscach, takich jak pomieszczenia biurowe, szkolne, opieki zdrowotnej oraz korytarze, schody itp., ściany i sufit powinny być jaskrawsze. W takich miejscach natężenia oświetlenia na głównych powierzchniach powinny mieć następujące wartości:

$$E_{\text{śr}} > 75 \text{ lx z } \delta \geq 0,10 \text{ na ścianach,}$$

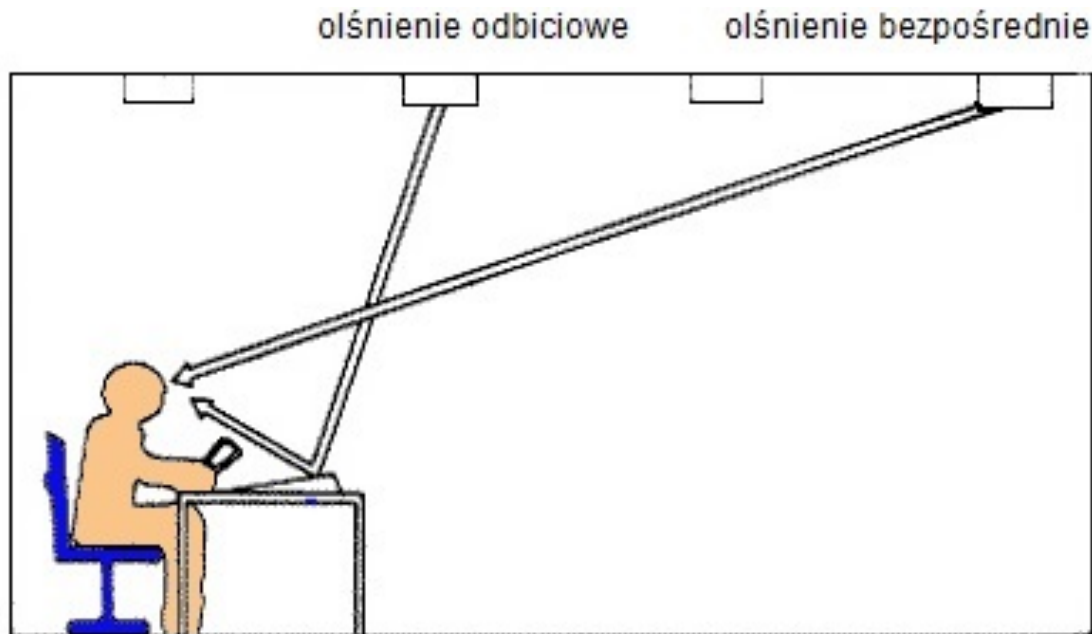
$$E_{\text{śr}} > 50 \text{ lx z } \delta \geq 0,10 \text{ na suficie.}$$

Ze względu na warunki powstawania wyróżnia się:

ośnienie bezpośrednie – występuje wtedy, gdy jaskrawy obiekt położony jest w tym samym lub prawie tym samym kierunku co obiekt obserwacji,

ośnienie pośrednie – zachodzi wtedy, gdy jaskrawy obiekt występuje w polu widzenia, ale w pewnej odległości kątowej od kierunku obserwacji.

Ośnienie spowodowane odbiciami od lustrzanych powierzchni zazwyczaj określane jest jako **ośnienie dekontrastujące** lub **ośnienie odbiciowe**.



**Przykład ośnienia
bezpośredniego i odbiciowego
na stanowisku pracy**

(Źródło: Materiały Centralnego
Instytutu Ochrony Pracy)

Migotanie i efekty stroboskopowe

Tętnienie światła jest jednym z czynników, który obok rozkładu widmowego oświetlenia i jego natężenia, wpływa na komfort widzenia przy oświetleniu stanowiska pracy. Tętnienie oświetlenia objawia się szybkimi, periodycznymi zmianami natężenia światła. W normalnych warunkach nie ma możliwości zobaczyć tętnienia światła o częstotliwości powyżej 80 Hz, którą uznaje się za częstotliwość graniczną dla oświetlenia LED. Zmienny w czasie strumień świetlny wysyłany przez elektryczne źródło światła wynika praktycznie z częstotliwości prądu zasilającego źródło światła.

Fakt zmian strumienia świetlnego w rytm zmian prądu przemiennego, od wartości minimalnej do maksymalnej, wywołuje tętnienie światła. Przebywanie ludzi w środowisku, w którym występuje tętnienie światła może być powodem dyskomfortu wzrokowego podczas pracy. Może powodować dekoncentrację i wywoływać różne skutki fizjologiczne (ból głowy, migreny). Do takich środowisk zalicza się obiekty sportowe, sale teatralne i koncertowe, gdzie używa się kamery filmowe z szybko-klatkową rejestracją, kiedy efekt zmiany natężenia światła staje się widoczny.

Widzenie peryferyjne części obrazu, znajdującej się poza samym środkiem pola widzenia (umiejętność dostrzegania obiektów kątem oka), jest bardziej czułe na efekt tętnienia światła, który może zaburzyć koncentrację kierowcy pojazdu i przekierować jego uwagę na źródło światła, stwarzając tym samym zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Tętnienie oświetlenia na stanowiskach pracy w środowisku przemysłowym może prowadzić do wypadków przy pracy, ponieważ efekt stroboskopowy wywołany tętnieniem światła może powodować niebezpieczne sytuacje w wyniku zmian w postrzeganiu maszynowych ruchów obrotowych i postępowo-zwrotnych (np. pozorny bezruch ruchomych elementów maszyn). Wykorzystywane obecnie do ogólnych celów oświetleniowych źródła światła są zasilane prądem przemiennym o częstotliwości 50 Hz. Wówczas częstotliwość zmian światła wynosząca 80-100 Hz jest niedostrzegalna dla naszego wzroku i widzimy to światło w sposób ciągły.

Działania ograniczające lub eliminujące występowanie tętnienia światła i efektu stroboskopowego polegają między innymi na:

- zasilaniu sąsiednich lamp oświetleniowych z różnych faz
- stosowaniu odpowiednich układów antystroboskopowych w lampach oświetleniowych,
- stosowaniu wysokich częstotliwości (około 30 kHz) przy zasilaniu żarówek lub świetlówek

Oświetlenie pomieszczeń z komputerami

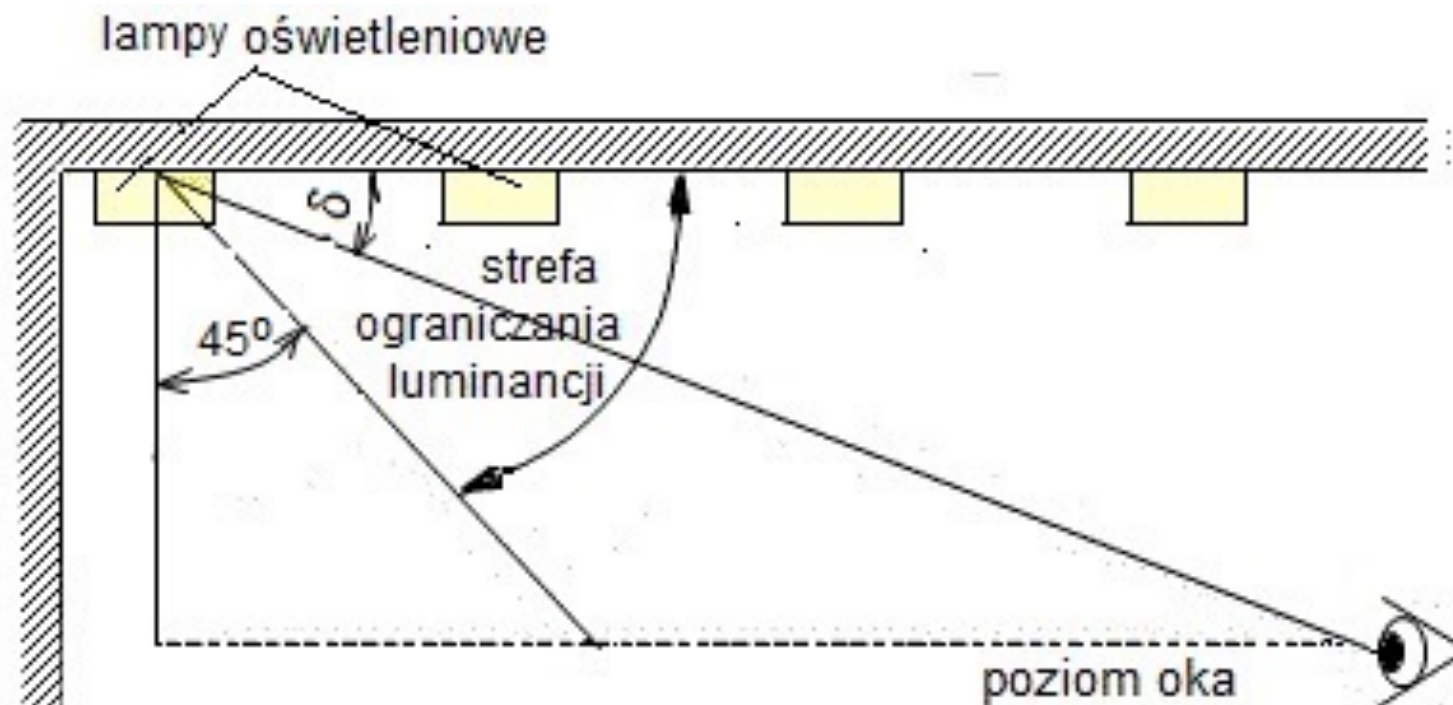
Zgodnie z normą PN-EN 12464-1:2012 oświetlenie miejsc pracy z urządzeniami DSE (wyposażonymi w monitory ekranowe) powinno być właściwie przystosowane do wszystkich rodzajów zadań wykonywanych na stanowisku pracy, np. do czytania z ekranu drukowanego tekstu, pisania na papierze, pracy z klawiaturą itp. W celu oświetlenia miejsc pracy wyposażonych w monitory ekranowe, należy przyjąć kryteria i system oświetlenia stosownie do strefy aktywności, typu zadania i rodzaju wnętrza.

Wysoki poziom natężenia oświetlenia jest niezbędny na płaszczyźnie klawiatury i stołu, natomiast w płaszczyźnie ekranu jest niekorzystny, ze względu na obniżenie kontrastu jaskrawości znaków i tła na ekranie. Według normy eksploatacyjne natężenia oświetlenia na stanowisku z komputerem powinno wynosić 500 lx.

Na stanowiskach pracy wyposażonych w monitory ekranowe należy unikać kierunkowych odbić opraw oświetleniowych i ograniczenie oświetlenia na ekranach monitorów. Ponadto zaleca się, aby średnia luminancja powierzchni pracy nie była większa od 3-krotnej wartości luminancji obserwowanych powierzchni, występujących w centralnym polu widzenia, oraz 10-krotnej wartości luminancji dalszych powierzchni w polu widzenia (np. ściany, sufit, podłoga).

Urządzenie wyposażone w monitor ekranowy i klawiaturę może być miejscem, gdzie powstają odbicia światła wywołujące olśnienia przeszkadzające i przykre. Aby unikać wysokiej jaskrawości niezbędne jest odpowiednie wybieranie, lokalizowanie i rozmieszczenie opraw oświetleniowych.

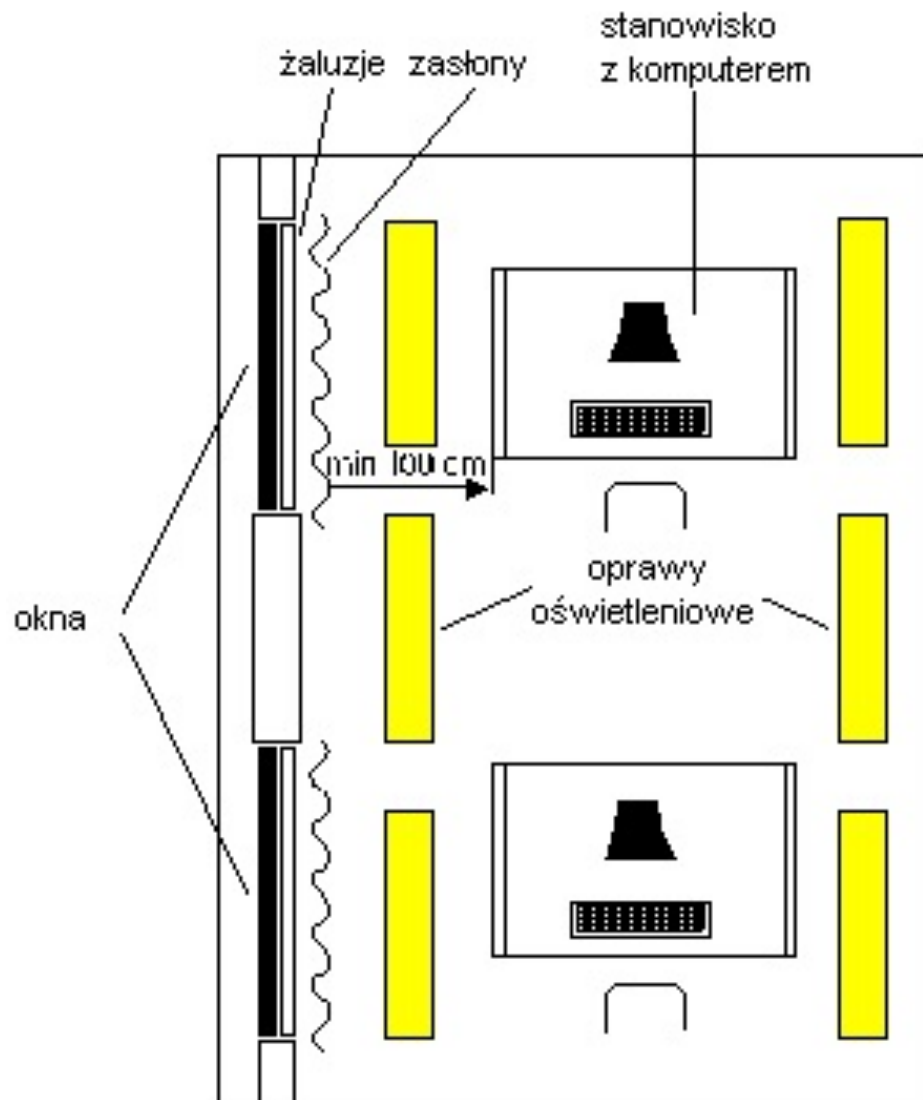
Do oświetlania stanowisk pracy wyposażonych w urządzenia z monitorami ekranowymi luminancja opraw powinna być nie większa niż 200 cd/m^2 dla kąta wypromieniowania oprawy powyżej $45 - 55^\circ$ w płaszczyźnie wzdłużnej i poprzecznej oprawy



Strefa ograniczenia luminancji

Stosowanie w pomieszczeniach z komputerami odpowiednio rozmieszczonych świetłówkowych opraw oświetleniowych ogólnego przeznaczenia o rozsyłach światłości jest korzystne ze względu na następujące zalety:

- a) kierunki promieniowania leżą w płaszczyźnie prostopadłej do osi obserwacji, co znacznie ogranicza wpływ składowej kierunkowej odbicia strumienia świetlnego od przedmiotów znajdujących się na biurku, utrudniającej rozróżnianie szczegółów,
- b) na stanowiskach pracy zlokalizowanych między dwoma liniami opraw świetłówkowych uzyskuje się większe natężenie oświetlenia niż pod oprawami w przejściach komunikacyjnych
- c) nieobrotowa bryła fotometryczna umożliwia intensywniejsze oświetlenie stanowisk pracy z boku w porównaniu z innymi kierunkami.



Przykładowe rozmieszczenie stanowisk pracy z komputerami

Należy unikać stosowania do oświetlania stanowisk pracy z urządzeniami wyposażonymi w monitory ekranowe nasufitowymi lampami oświetlenia ogólnego, zainstalowanymi bezpośrednio nad stanowiskami pracy.

Do oświetlenia komputerowych stanowisk pracy powinno się stosować oprawy do oświetlenia miejscowego, mające odpowiednio ukształtowany odbłyśnik (np. asymetryczny) oraz paraboliczny raster – w celu ograniczenia olśnienia od oprawy oraz odbić na stanowisku pracy.

Możliwe jest stosowanie opraw oświetlenia miejscowego bez rastra, ale o konstrukcji zapewniającej ograniczenie olśnienia (odpowiedni kąt ochrony oprawy lub regulowany, przegubowy, dość wysoki wysięgnik).

Należy unikać stosowania przypadkowych opraw oświetlenia miejscowego, gdyż najczęściej powodują one olśnienie bezpośrednie, odbiciowe oraz niewłaściwy rozkład luminancji w polu widzenia (zbyt duży kontrast jaskrawości).

Do oświetlenia stanowisk pracy z komputerami powinno się stosować:

- a) oświetlenie bezpośrednie – z zastosowaniem opraw np. typu dark-light,
- b) oświetlenie pośrednie – z zastosowaniem opraw stojących lub zwieszakowych,
- c) oświetlenie mieszane z zastosowaniem opraw typu dark-light, mildes light (tzw. miękkie światło), opraw oświetlenia ogólnego pośredniego bądź bezpośredniego przy stanowisku pracy lub odpowiednich opraw oświetlenia miejscowego.

Wybór jednego z wymienionych sposobów oświetlenia stanowisk z komputerami powinien opierać się na następujących przesłankach:

- a) wynikających z rodzaju pracy wykonywanej przy komputerze,
- b) preferencji użytkowników (z każdym ze sposobów oświetlenia wiąże się wykreowanie innego otoczenia świetlnego w pomieszczeniu),
- c) możliwości ekonomicznych (energooszczędności, koszt nowego systemu oświetlenia).



Podstawowe parametry źródeł światła

Wyróżnia się następujące wielkości charakteryzujące elektryczne źródło światła:

- a) napięcie zasilające U , w V,
- b) moc P , w W,
- c) strumień świetlny Φ , w lm, – określa całkowitą moc wypromieniowaną przez źródło światła w zakresie widzialnym,
- d) natężenie oświetlenia E , w lx ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$) – stosunek strumienia świetlnego padającego na jakąś powierzchnię do pola tej powierzchni,
- e) skuteczność świetlna η , w lm/W – charakteryzuje efektywność, czyli ilość światła wytwarzaną z jednego wata mocy,
- f) trwałość T , w godzinach (h) – suma godzin świecenia, w czasie którego źródło spełnia normy,
- g) luminancja L , w cd/m^2 – światłość w danym kierunku przypadająca na jednostkę pozornej powierzchni źródła światła,
- h) barwa światła, określa się za pomocą temperatury barwowej T_c (temperatura barwowa najbliższa T_{cn}), w K,
- i) ogólny wskaźnik oddawania barw R_a .

Skuteczność świetlna źródeł światła

Skuteczność świetlna źródła światła (η) jest miarą efektywności przemiany energii elektrycznej w energię świetlną, określaną stosunkiem wysyłanego przez źródło światła strumienia świetlnego Φ (lm) do mocy elektrycznej P (W) pobieranej przez źródło. Jednostką skuteczności świetlnej jest lumen [lm/W], który określa sprawność wytwarzania światła, podawaną dla źródeł światła jako ich skuteczność świetlna.

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

Trwałość użyteczna

Trwałość użyteczna jest określana najczęściej czasem świecenia źródła światła do chwili, kiedy wartość jego strumienia świetlnego zmniejszy się o 20 – 30% w stosunku do wartości początkowej. Trwałość T jest określana zwykle w godzinach (h).

Barwa światła i oddawanie barw

Jakość barwy światła zbliżonego do białego emitowanego przez lampę lub transmitowanego światła dziennego jest charakteryzowana przez dwie cechy:

- a) wygląd barwy światła,
- b) jego zdolność do oddawania barw, która wpływa na barwny wygląd obiektów i osób.

Barwę światła określa się za pomocą tzw. temperatury barwowej (T_c) i podaje w kelwinach K. Wygląd barwy np. lampy odnosi się do wyglądu barwy (chromatyczności) światła emitowanego. Jest on przedstawiany przez jej temperaturę barwową najbliższą (T_{cP}).

Źródła, które emitują białą barwę światła, dzieli się, w zależności od ich temperatury barwowej, na trzy grupy:

ciepła (poniżej 3000 K),

pośrednia (od 3 300 do 5 300 K)

zimna (powyżej 5 300 K do 6500 K).

Wskaźnik oddawania barw

Właściwości oddawania barw przez źródła światła charakteryzuje się tzw. ogólnym wskaźnikiem oddawania barw (R_a), który jest miarą stopnia zgodności wrażenia barwy przedmiotu oświetlonego danym źródłem światła z wrażeniem barwy tego samego przedmiotu oświetlonego odniesieniowym źródłem światła w określonych warunkach.

Oddawanie barw to inaczej zdolność oddawania właściwych barw oświetlonego przedmiotu, dzięki istnieniu całego spektrum fal w strumieniu światła padającego na ten przedmiot. Wskaźnik oddawania barw (R_a) określa stopień zgodności barwy faktycznej z jej obrazem widzianym przy danym oświetleniu. Im niższa jest wartość R_a , tym gorzej oddawane są barwy oświetlanych przedmiotów.

Ustalona maksymalna możliwa wartość tego wskaźnika wynosi 100. Przyjmuje się ją dla światła dziennego i większości źródeł żarowych.

Zgodnie z PN-EN 12464-1:2004 we wnętrzach, gdzie ludzie pracują lub przebywają przez dłuższy czas zaleca się stosowania źródeł światła o wskaźniku oddawania barw co najmniej 80. Ponadto norma ta podaje minimalne wartości wskaźnika oddawania barw dla różnych rodzajów wnętrz, zadań i czynności.

W zależności od wykonywanych czynności zaleca się stosowanie źródeł światła o wskaźniku oddawania barw (R_a):

- 1) **Bardzo dużym** – $R_a \geq 90$, dla stanowisk pracy, na których rozróżnianie barw ma zasadnicze znaczenie, jak np. kontrola barwy, przemysł tekstylny i poligraficzny, sklepy;
- 2) **Dużym** – $90 > R_a \geq 80$, biura, przemysł tekstylny, precyzyjny, w salach szkolnych i wykładowych;
- 3) **Średnim oraz ewentualnie małym** – $80 > R_a \geq 40$, inne prace, jak np. walcownie, kuźnie, magazyny, kotłownie, odlewnie, młyny oraz wszędzie tam, gdzie rozróżnianie barw nie ma zasadniczego lub istotnego znaczenia.

Wymaga się, aby we wnętrzach gdzie ludzie pracują lub przebywają przez dłuższy czas stosowane były źródła światła o wskaźniku oddawania barw co najmniej 80. Wraz ze zwiększaniem wartości średniej wymaganego natężenia oświetlenia wzrasta temperatura barwowa stosowanego źródła światła.

Dla poziomów natężenia oświetlenia:

poniżej 300 lx – temperatura barwowa powinna być niższa od 3300 K, co odpowiada ciepłobiałej barwie światła,

od 300 do 750 lx – temperatura barwowa powinna zawierać się w przedziale $3300 \div 5300$ K, co odpowiada neutralnej barwie światła,

powyżej 750 lx – temperatura barwowa powinna być wyższa od 5300 K, co odpowiada zimnej barwie światła.

Podział elektrycznych źródeł światła

W zależności od zasady działania elektryczne źródła światła dzieli się na trzy kategorie:

inkandescencyjne (temperaturowe), w których wykorzystano zjawisko świecenia ciał stałych, podgrzanych prądem elektrycznym do odpowiednio wysokiej temperatury. Do tej grupy źródeł światła zalicza się między innymi żarówki i lampy łukowe, luminescencyjne;

elektroluminescencyjne, w których wykorzystano zjawiska świetlne towarzyszące przepływowi prądu elektrycznego w gazach. Do tej grupy źródeł światła należy zaliczyć lampy wyładowcze np. rtęciowe i sodowe;

fotoluminescencyjne, w których wykorzystuje się przetwarzanie promieniowania w luminoforach, są to np. świetlówki.

Mianem luminescencji określa się zjawisko fizyczne, które polega na emisji promieniowania elektromagnetycznego o większym natężeniu niż promieniowanie cieplne w danej temperaturze. Jest to więc promieniowanie wywołane przyczynami innymi niż jedynie sam wzrost temperatury emitującego źródła. W zależności od sposobu wzbudzania takiego promieniowania, można wyróżnić wiele rodzajów luminescencji, np.: fotoluminescencję, chemiluminescencję, bioluminescencję, termoluminescencję, radioluminescencję itp.

Zjawisko luminescencji polega na tym, że atomy ośrodka zostają wzbudzone (na przykład za pomocą innego promieniowania, prądu elektrycznego) do stanów o energii wyższej niż energia stanu podstawowego. Następnie atomy takie powracają, na drodze emisji promieniowania elektromagnetycznego, do stanów podstawowych lub niżej położonych stanów wzbudzonych.

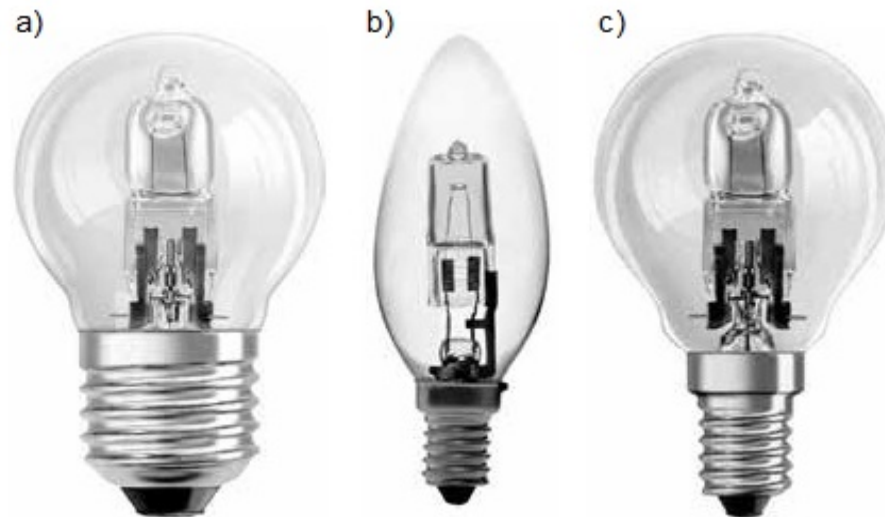
Data	Minimalne wymagania	Wycofane z produkcji I obrotu rynkowego
1.09.2009	Żarówki przeźroczyste: - klasa energetyczna C - dla źródeł światła ≥ 950 lm; - klasa energetyczna E - dla pozostałych źródeł światła	Żarówki przeźroczyste o mocy ≥ 75 W
	Nieprzeźroczyste źródła światła (żarówki matowe i świetlówki kompaktowe); - klasa energetyczna A - dla wszystkich źródeł światła	
	Wymagania dotyczące nowych informacji o produkcie znajdujących się na opakowaniu. Każda technologia wymaga przygotowania nowych specyfikacji technicznych	Wszystkie żarówki matowe i świetlówki kompaktowe (oprócz tych z klasą energetyczną A)
1.09.2010	Żarówki przeźroczyste: - klasa energetyczna C - dla źródeł światła ≥ 725 lm	Żarówki przeźroczyste o mocy powyżej 65 W
	Świetlówki halofosforanowe Świetlówki liniowe	Liniowe T8, U-kształtne Kolisty T9 T4
1.09.2011	Żarówki przeźroczyste: - klasa energetyczna C - dla źródeł światła ≥ 450 lm	Żarówki przeźroczyste o mocy powyżej 45 W
1.09.2012	Żarówki przeźroczyste: - klasa energetyczna C - dla źródeł światła ≥ 60 lm	Żarówki przeźroczyste o mocy powyżej 7 W
	Świetlówki halofosforanowe; Wysokoprężne lampy sodowe HPS/; lampy metalohalogenkowe.	T10, T12, E27/E40/PGZ12
	Ustalone kryteria funkcjonalne dla lamp MH Standardowe HPS.	E27/E40/PGZ12 E27/E40/PGZ1

1.09.2013	Zaostrzenie wymagań dotyczących specyfikacji technicznych zdefiniowanych w 2009 r.	Źródła światła z trzonkiem S 14, S 15 lub S 19
1.09.2014	Analiza przepisów Komisji Europejskiej	
1.09.2015	Wysokoprężne lampy rtęciowe; Wysokoprężne lampy sodowe wtykowe / zmodernizowane retrofit (wymiana HPM).	Nie będą wprowadzane na rynek EU27
1.09.2016	Żarówki przezroczyste: - klasa energetyczna B dla wszystkich źródeł światła oprócz źródeł światła z trzonkami G9 i R7s	Żarówki z klasą energetyczną C
		Źródła światła o trzonkach E14, E27, B22d, B15d, I napięciu ? 60 V
1.09.2017	Niskowydajne lampy MH E27/E40/PGZ12, Świetlówki kompaktowe o trzonkach dwukołkowych i zintegrowanym zapłonniku. (lampy te będą wycofywane w etapie 3, ponieważ w praktyce nie pracują ze statecznikami klasy A2).	Nie będą wprowadzane na rynek EU27
1.09.2018	Klasyczne żarówki halogenowe typu GU10 emitujące równomierne światło, umieszczone w bańkach szklanych, wyposażone w trzonki E14 lub E27 oraz niektóre bezkierunkowe lampy halogenowe z trzonkami G4 i G6.35.	Wycofane ze sprzedaży po wyczerpaniu zapasów magazynowych

Żarówki halogenowe wykonywane są przede wszystkim na niskie napięcie (12V, 24 V), aby przy małych wymiarach bańki istniała możliwość inicjowania regeneracyjnego cyklu halogenowego.

Do źródeł światła dopuszczonych do stosowania, które są zamiennikami klasycznych żarówek, można zaliczyć: żarówki halogenowe:

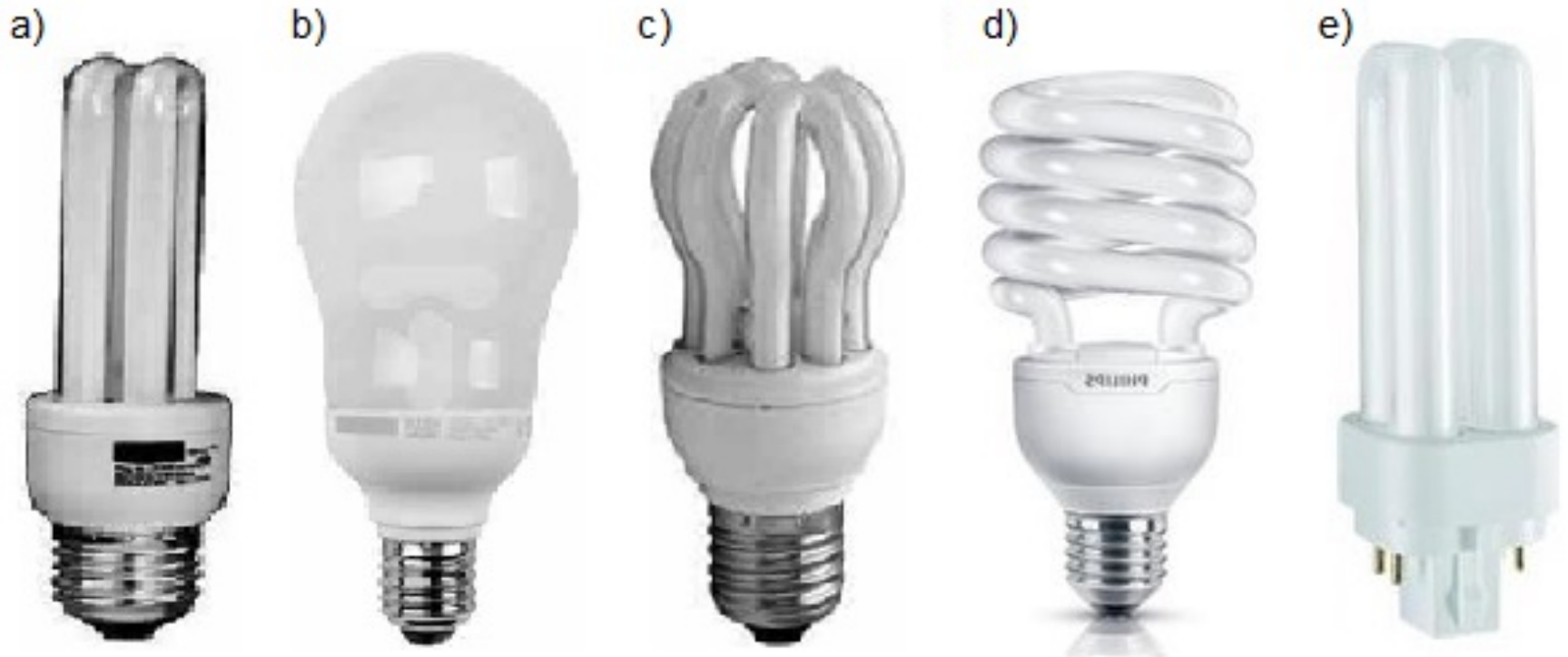
- a) na napięcie sieciowe 230 V (Rys. 3),
- b) z kapsułką niskonapięciową 6 – 12 V



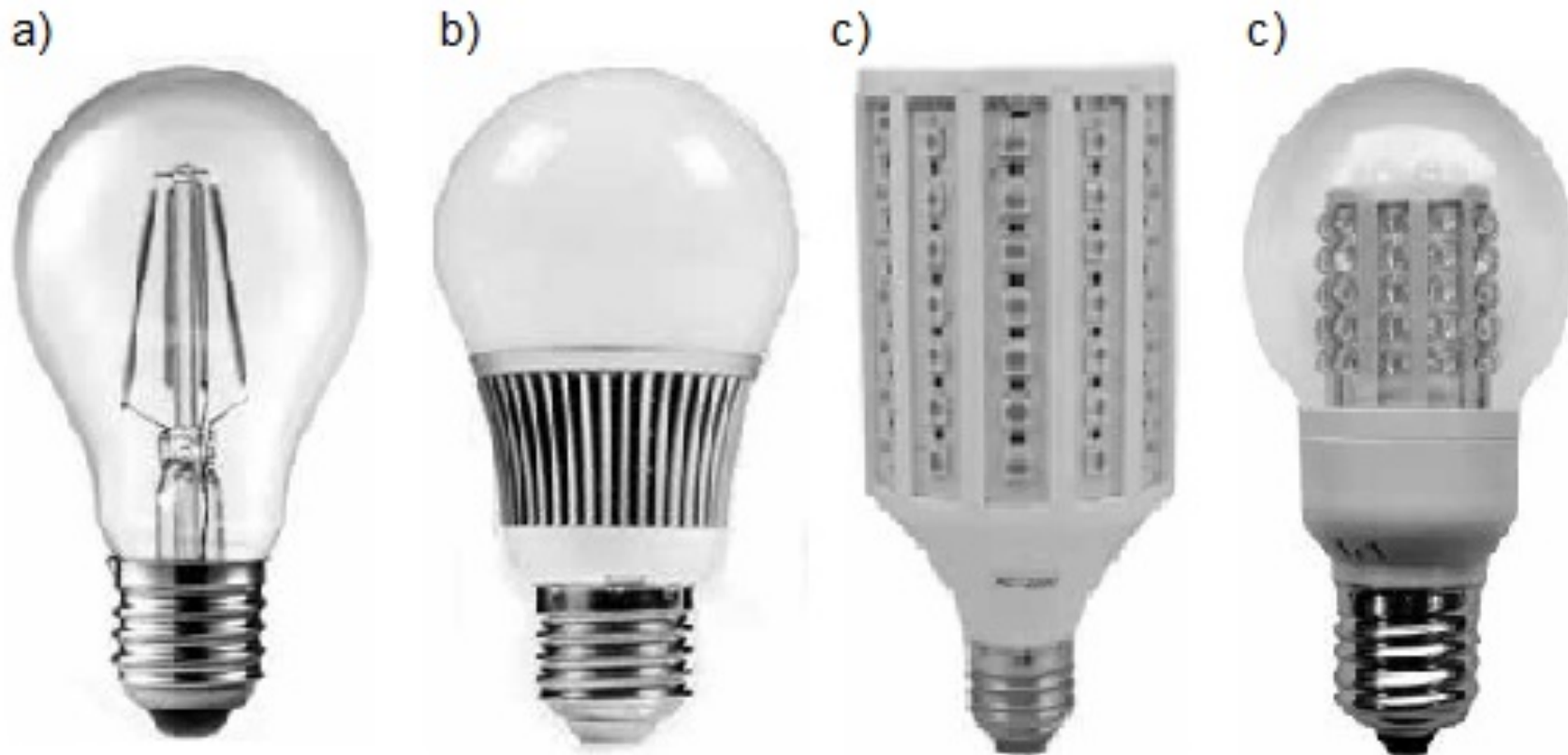
Żarówki halogenowe z kapsułką na napięcie sieciowe wyposażone w: a) trzonek E 27, b i c) trzonek E 14.



**Żarówka halogenowa
z kapsułą niskonapięciową**



Świetlówki kompaktowe o różnych kształtach
a, b, c, d) zintegrowane, e) niezintegrowane



Źródła światła LED o różnych kształtach



1 W, 12 V



1 W, 12 V



1,5 W, 230 V

Diody LED – zamienniki żarówek halogenowych



Diody świecące LED – energooszczędne źródła światła



Przykładowe diody LED – dużej mocy (1-5 W)







E14



E27



GU10



AR111



MR16



MR11



G4



G9

**H1**

H1 12V 55W P14,5s

**H7**

H7 12V 55W PX26d

**P21W**

12V 21W Ba15s

**P21W**

12V 21W Ba15s

**P21/5W**

12V 21/5W BaY15d

**PY21W**12V 21W BaU15s
ORANGE**R5W**

12V 5W Ba15s

**R10W**

12V 10W Ba15s

**C5W**

12V 5W SV8,5-36

**C10W**

12V 10W SV8,5-41

**T4W**

12V 4W Ba9s

**T5**

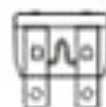
12V 1.2W W2x4,6d

**W3W**


12V 3W W2,1x9,5d


**W5W**

12V 5W W2,1x9,5d


**WY5W**12V 5W W2,1x9,5d
ORANGE**10A****15A****20A****30A**

I II


 W skład oprawy wchodzi wbudowane lampy LED.





Nie można wymieniać lamp w oprawie.


874/2012 

I II

 Oprawa jest przystosowana do żarówek o klasach energetycznych:



Oprawę sprzedaje się z żarówką o klasie energetycznej 

874/2012 

<i>Strumień światła</i>	<i>Moc w W</i>		
	<i>Tradycyjna żarówka</i>	<i>Świetlówka kompaktowa</i>	<i>Żarówka LED</i>
90	15		1
220	25	6	3
420	40	8	5
710	60	13	7
940	75	16	9
1360	100	21	12
2160	150	32	18

<i>Znamionowy strumień świetlny lampy</i>			<i>Deklarowana moc równoważnej żarówki</i>
Φ [lm]			[W]
<i>Kompaktowa lampa fluorescencyjna</i>	<i>Żarówka halogenowa</i>	<i>LED i inne lampy</i>	
125	119	136	15
229	217	249	25
432	410	470	40
741	702	806	60
970	920	1 055	75
1 398	1 326	1 521	100
2 253	2 137	2 452	150
3 172	3 009	3 452	200

PRZYKŁADOWE PYTANIA EGZAMINU PISEMNEGO DO TEMATU

Na którym rysunku przedstawiono źródło światła z trzonkiem typu B?



A.



B.



C.



D.

Który typ źródła światła przedstawiono na rysunku?

- A. Diodowe.
- B. Rtęciowe.
- C. Halogenowe.
- D. Wolframowe.



Który rodzaj źródła światła przedstawiono na rysunku?

- A. Lampę sodową.
- B. Lampę diodową.
- C. Lampę halogenową.
- D. Lampę fluorescencyjną.



Na którym rysunku przedstawiono trzonek GU-10?



A.



B.



C.



D.

Na którym rysunku przedstawiono oprawę oświetleniową rastrową?



A.



B.



C.



D.

Na którym rysunku przedstawiono świetlówkę kompaktową?



A.



B.

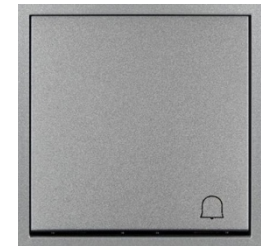
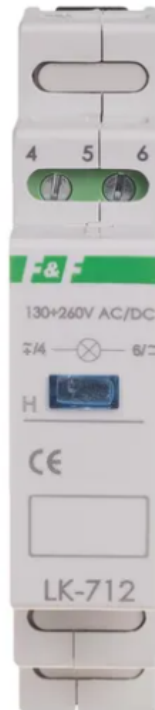
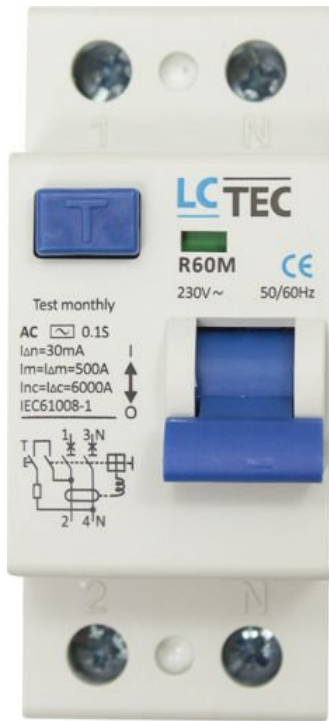


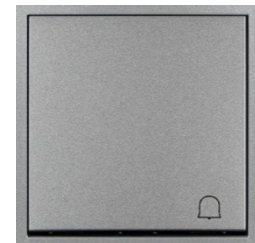
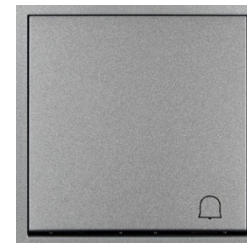
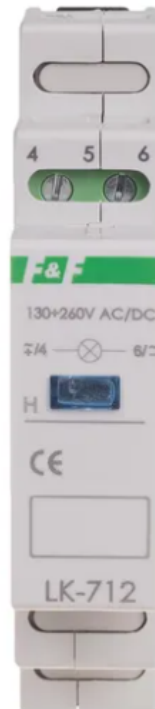
C.



D.

ĆWICZENIA PRAKTYCZNE MONTAŻU UKŁADÓW





Dziękuję za uwagę



mgr inż. Robert Czak
tel: 0048 603687444
mail: robert.czak@op.pl