

Śląskie Środowiskowe Studium Doktoranckie

OŚWIETLENIE

Zagrożenia fizyczne środowiska

dr Adam Szade, GIG

tel. 259 21 47, e-mail: a.szade@gig.katowice.pl

Zagrożenia fizyczne środowiska

Najważniejsze zagadnienia przedmiotu wykładu

OŚWIETLENIE

- Istota światła, widmo świetlne, wrażliwość wzroku
- Fotometria wizualna – wielkości świetlne, ich określenia i jednostki
- Jaskrawość, olśnienie, jaskrawość sztucznych i naturalnych źródeł światła
- Oświetlenie stanowisk pracy
- Oświetlenie miejscowe na stanowiskach o różnym charakterze pracy wzrokowej
- Zjawisko olśnienia przykrego, ograniczanie i sprawdzanie
- Zdolność widzenia a oświetlenie
- Oświetlenie miejsc pracy z monitorami ekranowymi
- Sztuczne źródła światła – lampy, słowniczek
- Profilaktyka medyczna

Najważniejsze zagadnienia przedmiotu wykładu

PROMIENIOWANIE PODCZERWONE

- Charakterystyka promieniowania
- Oddziaływanie podczerwieni na organizm człowieka
- Źródła nielaserowego promieniowania podczerwonego
- Pomiar i ochrona przed promieniowaniem podczerwonym
*PN-EN-05687, Ochrona przed promieniowaniem optycznym.
Metody pomiaru promieniowania widzialnego i podczerwonego na stanowiskach pracy)*

PROMIENIOWANIE NADFIOLETOWE

- Charakterystyka promieniowania
- Oddziaływanie nadfioletu na człowieka
- Źródła nielaserowego promieniowania UV
- Pomiar i ochrona przed promieniowaniem UV

Najważniejsze zagadnienia przedmiotu wykładu

PROMIENIOWANIE LASEROWE. ZAGROŻENIA

- Definicje, istota promieniowania, źródła
- Zagrożenia powodowane przez promieniowanie laserowe
- Maksymalne dopuszczalne ekspozycje
- Podział laserów i urządzeń laserowych na klasy pod względem zagrożeń pochodzących od promieniowania laserowego
- Bezpieczeństwo pracy z laserami, urządzeniami laserowymi i światłowodowymi systemami telekomunikacyjnymi

OŚWIETLENIE

Wtedy Bóg rzekł:

„Niechaj się stanie światłość!” I stała się światłość. Bóg widząc, że światłość jest dobra, oddzielił ją od ciemności. /Rdz 1, 1-2, 4 /

Światło

Światło jest zjawiskiem naturalnym, istotnym w naszej codziennej egzystencji. Jakość i natężenie światła całkowicie wpływa na naszą świadomość wzrokową i rozpoznawanie otaczającego nas świata.

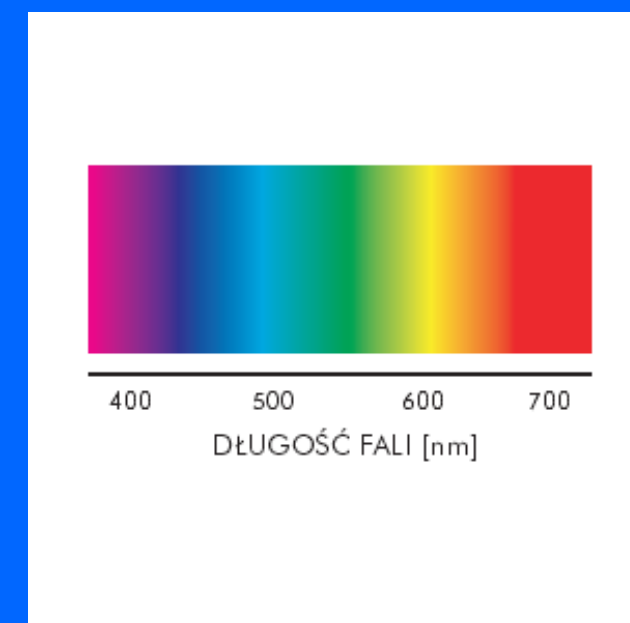
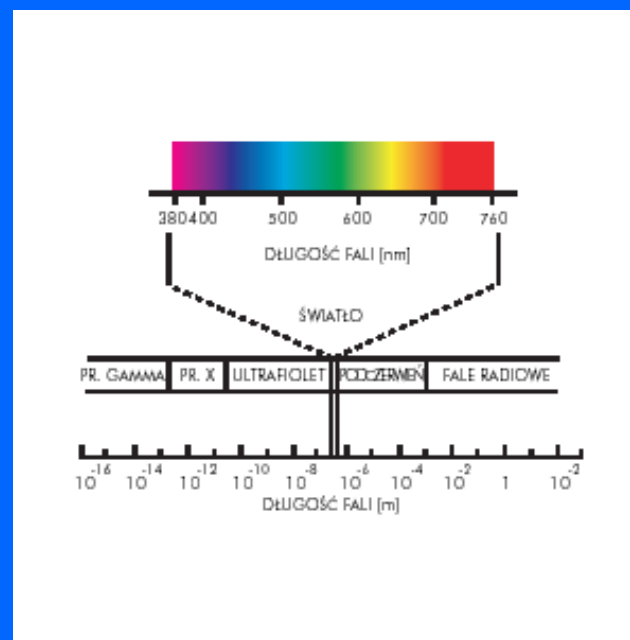
- Oświetlenie wpływa na samopoczucie i zdrowie.
- Niewłaściwe warunki oświetleniowe wywołują wiele niekorzystnych zmian i reakcji organizmu ludzkiego, m.in. zmęczenie oczu i zmęczenie nerwowe. Te z kolei wpływają na zmniejszenie np. wydajności i jakości pracy, zwiększenie ilości wypadków przy pracy, na drogach itp.

Spektrum promieniowania widzialnego

Promieniowanie elektromagnetyczne przyjmuje wiele form, a całe spektrum mierzone jest w długości fali elektromagnetycznej. Promienie radiowe posiadają długość fali mierzoną w kilometrach. Promienie gamma mają długość fali mniejszą niż rozmiar atomów.

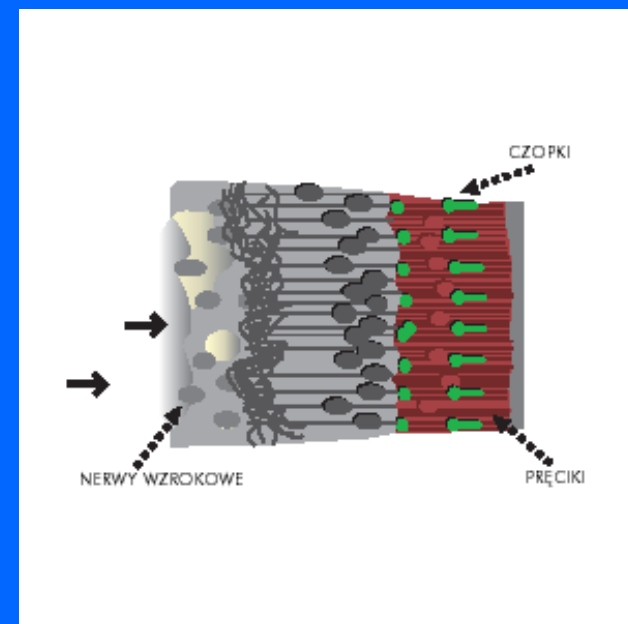
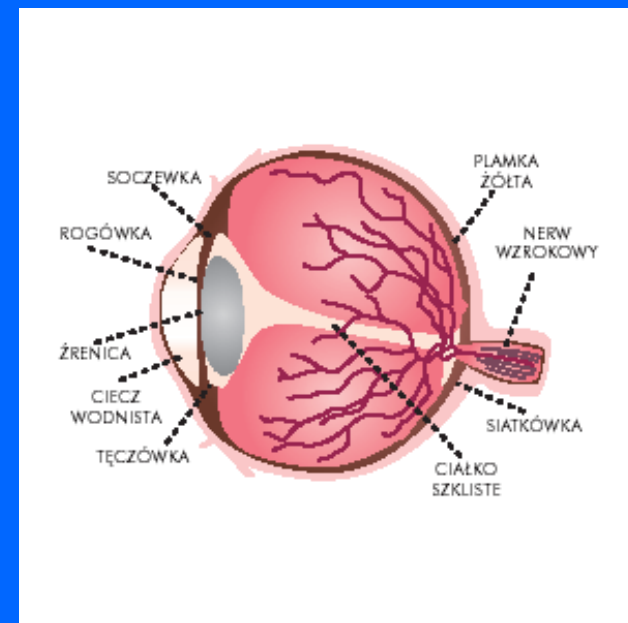
Promieniowanie widzialne - światło to bardzo wąski zakres całego promieniowania elektromagnetycznego wybranego z całego spektrum.

Zakres opisany światłem zawiera się w przedziale od 380-760 nm długości fali.



Oko ludzkie jest narządem czułym na światło, potrafiącym odróżnić kształty, kolory, jasność i odległość obserwowanych przedmiotów. Proces widzenia, wrażenia wzrokowe powstają w strukturze mózgowej na skutek prądów czynnościowych przesyłanych do mózgu a wywołanych strumieniem światła wpadającym do oka.

- Siatkówka posiada dwa typy receptorów - **pręciki i czopki**. Czopki posiadają zdolność do odróżniania różnych długości fal światła, co pozwala nam odróżniać kolory. Pręciki natomiast powodują widzenie bieli i czerni.
- Zdolność widzenia barwnego za pomocą czopków nazywamy widzeniem dziennym - **FOTOPOWYM**.
- Gdy ilość światła wpadająca do oka maleje czopki są wspomagane przez bardziej czułe pręciki. W sytuacji tej oko korzysta z obydwu receptorów. Ze względu na udział pręcików w procesie widzenia kolory są słabiej rozpoznawalne. Jest to tak zwane widzenie **MEZOPOWE**.
- W przypadku dopływu minimalnej ilości światła do oka pracę przejmują całkowicie pręciki, które pozwalają nam odróżnić tylko biel i czerń. Widzenie takie nazywamy nocnym - **SKOTOPOWYM**.



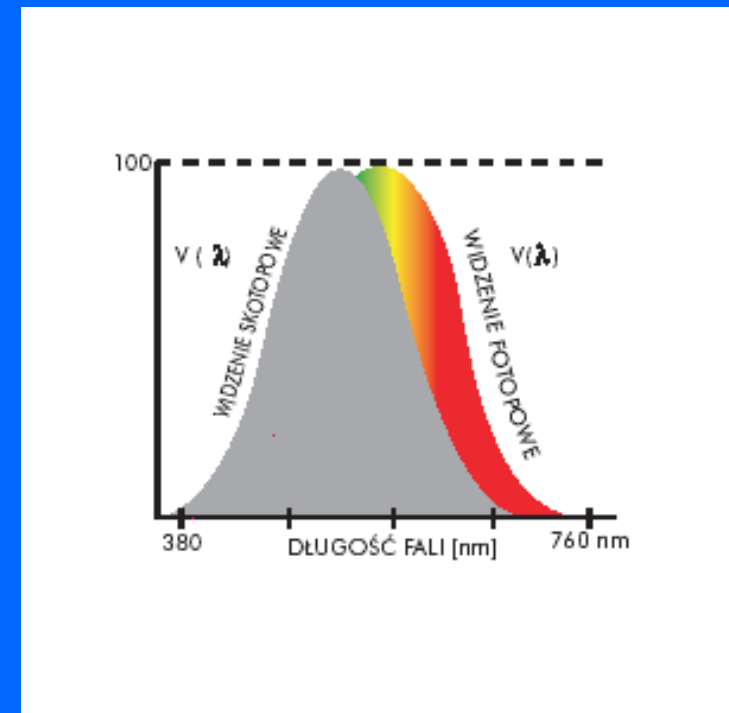
Wrażliwość wzroku na poszczególne barwy wyraża względna widzialność $V(\lambda)$ zawarta w granicach od 0 do 1 (0 – 100%). Rozróżnia się względną widzialność dla jasnej adaptacji oka (**adaptacja fotopowa** - dzień) od ciemnej adaptacji (**adaptacja skotopowa** – zmrok).

Adaptacja fotopowa pozwala nam na odróżnianie różnych długości fal światła z wrażeniem kolorów. W przypadku docierania do oka coraz mniejszej ilości światła zmienia się ona na skotopową. **Dla widzenia fotopowego maksimum czułości oka przypada na 555 nm - odpowiada to barwie żółto-zielonej.**

Dla adaptacji skotopowej czułość oka przypada na 505 nm - światło niebiesko-zielone, mimo że oko odbiera je w kategoriach czarno-białych.

1 wat promieniowania w części żółto-zielonej spektrum jest 1000 razy bardziej efektywny niż 1 wat promieniowania w części niebieskiej.

Największy kontrast kolorów daje barwa zielono-żółta w zestawieniu z fioletową lub czerwoną.



Jednostki energetyczne a jednostki światła

Z powodu dużej zmienności czułości oka względem długości fali niepraktycznym jest posługiwanie się jednostką energetyczną "wat" do mierzenia światła. W zamian używamy jednostki "lumen", która jest mierzona jako szybkość (*wielkość*) przepływu energii świetlnej, lub częściej nazywanej strumieniem świetlnym. Jeden lumen strumienia świetlnego o czułości (*długości fali*) 555 nm odpowiada energii promieniowania 1/680 wata, ale lumen strumienia świetlnego o długości fali 400 nm już 3,5 wata. Bezpośrednia relacja między "watem" i "lumenem" jest wykorzystywana podczas obliczania strumienia świetlnego i skuteczności świetlnej produkowanych źródeł światła.

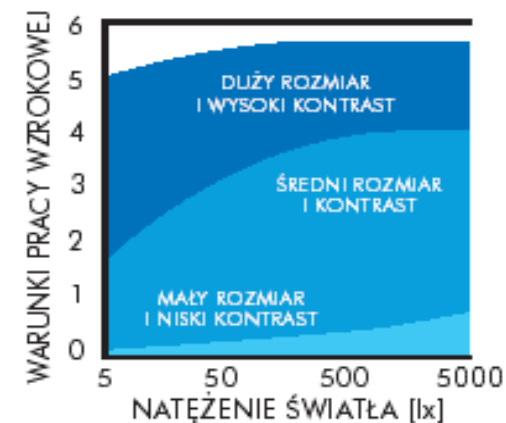
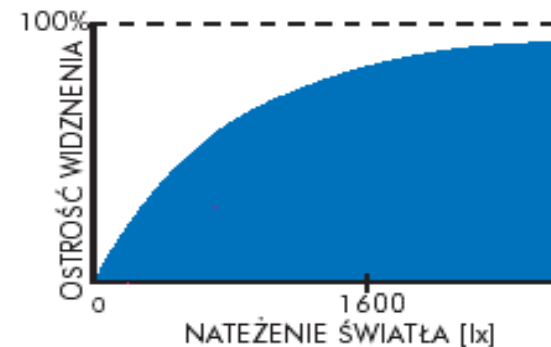


Ostrość widzenia

Oko jest zdolne do funkcjonowania w bardzo szerokim zakresie natężenia światła - od bardzo wysokiego 100000 lx (światło dzienne) do 0,2 lx (światło gwiazd). Jednak funkcjonowanie oka w każdym z tych przedziałów nie jest takie same. Natężenie światła ma bezpośredni związek z ostrością widzenia oka, a co za tym idzie zdolnością do widzenia detali. Generalnie im więcej światła tym lepsze widzenie. Jednakże wzrost natężenia światła powyżej pewnego punktu nie powoduje wzrostu ostrości widzenia.

Rozmiar i kontrast

Ostrość widzenia jest również uwarunkowana wielkością przedmiotu pracy wzrokowej oraz jego kontrastu z otoczeniem.



Fotometria wizualna – wielkości świetlne, ich określenia i jednostki

Światłość

Natężenie źródła światła w danym kierunku, czyli światłość jest wielkością mierzoną w kandelach [cd], a opisywaną jako ilość strumienia świetlnego emitowaną w kącie bryłowym.

Kandela jest podstawową jednostką układu SI i jest definiowana następująco:

Kandela jest światłością, którą ma w kierunku prostopadłym pole 1/ 600 000 części metra kwadratowego powierzchni ciała doskonale czarnego, promieniującego w temperaturze krzepnięcia platyny (2047 °K) pod ciśnieniem 101 325 niutonów na metr kwadratowy (1 atm).



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

$$cd = \frac{lm}{sr}$$

Φ - strumień świetlny

Ω - kąt bryłowy

Fotometria wizualna – wielkości świetlne, ich określenia i jednostki

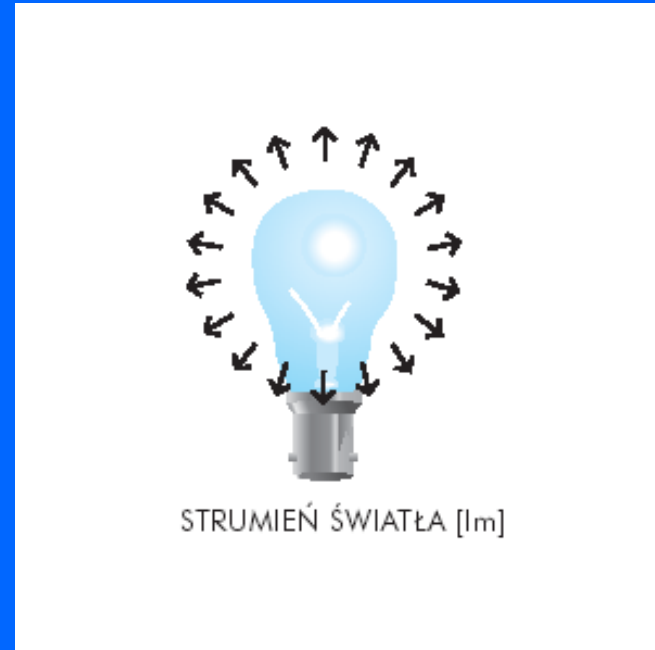
Strumień świetlny

Punktowe źródło światła o izotropowym natężeniu jednej kandeli wysyła w pełny kąt przestrzenny strumień światła 4π lumenów.

Lumen (lm) jest jednostką strumienia świetlnego

$$\Phi = \int I d\Omega$$

$$1\text{lm} = 1\text{cd} \cdot 1\text{sr}$$



Oświetlenie

Strumień świetlny równy 1 lm padając na powierzchnię 1 m² daje oświetlenie powierzchni 1 lx

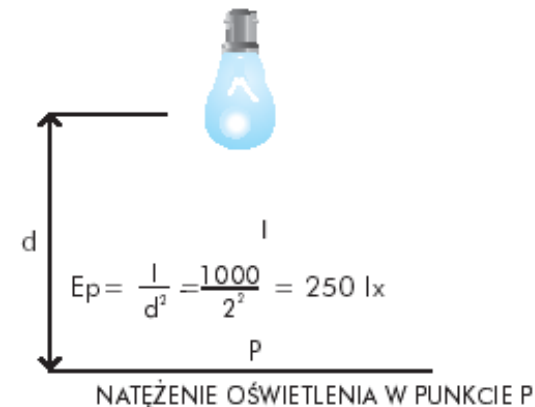
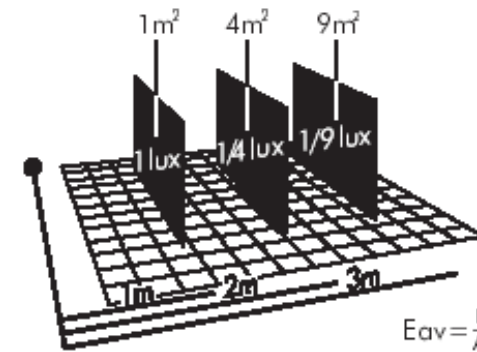
Luks (lx) jest jednostką natężenia oświetlenia (jasności), które oblicza się wg wzorów:

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

$$1\text{lx} = \frac{1\text{lm}}{1\text{m}^2}$$

Prawo odwrotności kwadratów

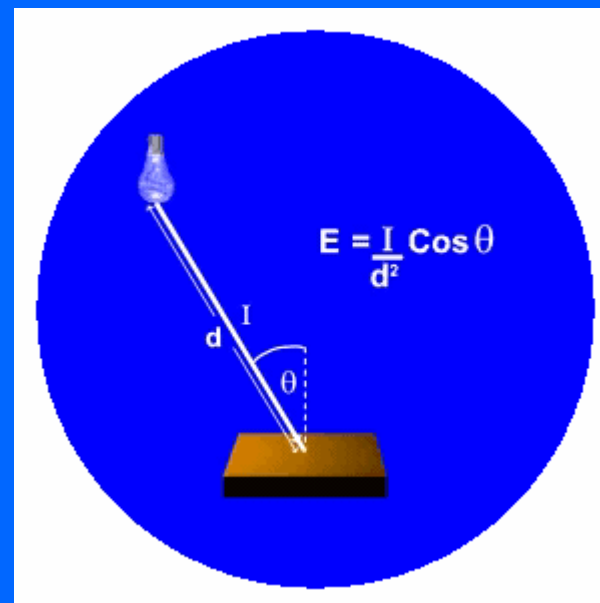
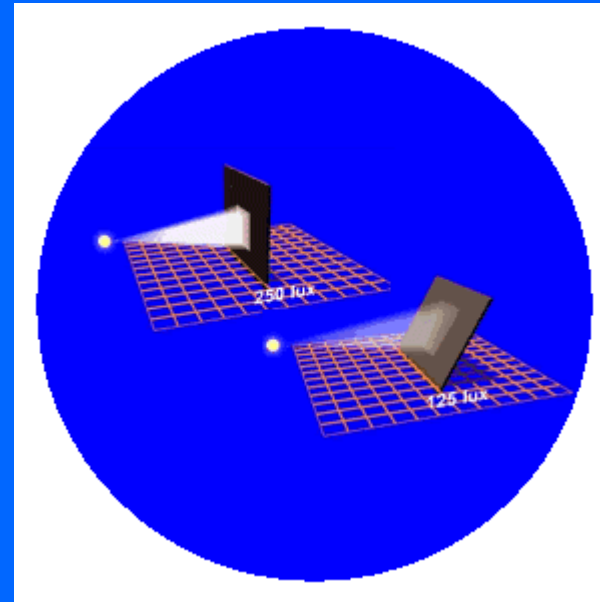
Jeżeli źródło światła ma światłość 1000 cd w kierunku płaszczyzny, na której dokonujemy jego pomiaru, a jego odległość od tej płaszczyzny wynosi 2 m to natężenie światła przedstawia wzór.



Z powyższego prawa wynika, że oświetlona powierzchnia zwiększa się z kwadratem odległości do źródła światła, a natężenie światła zależy odwrotnie proporcjonalnie od kwadratu odległości.

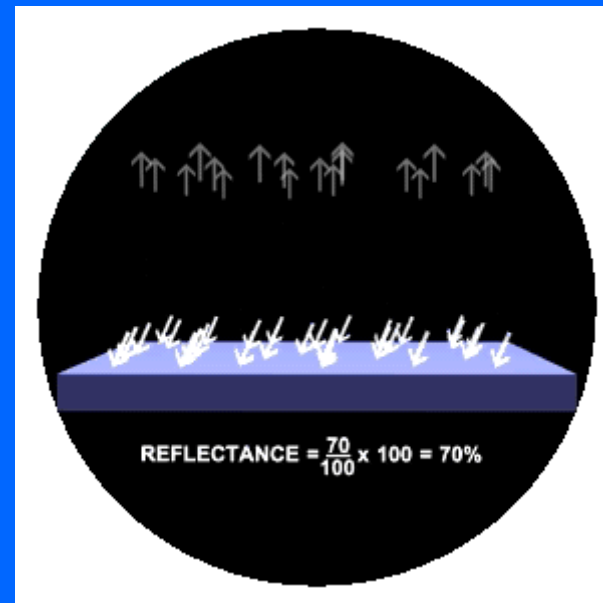
Prawo cosinusów

Jeżeli strumień światła pada pod pewnym kątem do płaszczyzny to jej oświetlona powierzchnia rośnie, a wartość natężenia światła odpowiednio maleje. Stosunek natężenia powierzchni oświetlonej prostopadle do powierzchni oświetlonej pod pewnym kątem jest równy cosinusowi tego kąta. Jeżeli na powierzchni prostopadłej otrzymamy natężenie światła 250 lx to na tej samej powierzchni obróconej o 60 stopni otrzymamy natężenie równe 125 lx ponieważ $\cos 60$ stopni równy jest $1/2$.



Jaskrawość, olśnienie, jaskrawość sztucznych i naturalnych źródeł światła

- **Jaskrawość** - właściwość wrażenia wzrokowego powodująca, że powierzchnia wydaje się wysyłać mniej lub więcej światła. Jaskrawość stanowi przybliżony odpowiednik psychosensoryczny wielkości fotometrycznej – luminancji.

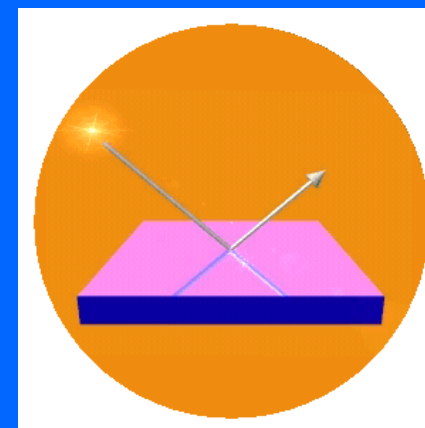


Odbicie światła

Jeżeli światło pada na nieprzezroczystą płaszczyznę to jego część jest pochłaniana, a część odbita. Stosunek strumienia odbitego do pochłoniętego nazywamy współczynnikiem odbicia. Jeżeli jakaś powierzchnia, na którą pada 100 lm światła odbija 70 lm to współczynnik odbicia wynosi 0,7 lub wyrażony w procentach 70 proc. Pozostałe 0,3 lub 30 proc. zostało pochłonięte.

- **Odbicie rozproszone**

Różne materiały odbijają światło w różny sposób. Materiały takie jak matowy papier, równomiernie pomalowana gładka powierzchnia, przedmioty matowe odbijają światło w sposób rozproszony we wszystkich kierunkach.



- **Odbicie kierunkowe**

Innym sposobem odbicia światła jest odbicie lustrzane lub nazywane inaczej kierunkowym. W powyższy sposób odbijają światło np. błyszczące metale takie jak: chrom, srebro lub czyste aluminium. Pomimo, że światło odbija się w dużym stopniu od materiałów błyszczących to może to być wrażenie złudne. Dla porównania - matowa biała powierzchnia ma współczynnik odbicia na poziomie od 85% do 90%, a błyszcząca stal odbijająca kierunkowo tylko 60%, polerowane aluminium natomiast około 85%.

- **Pomiar luminancji (jasności)**
Wielkość pomiaru światła odbitego od powierzchni zależy od jej struktury i kierunku patrzenia. Jaskrawość mierzona w candelach na jednostkę powierzchni nazywamy jej luminancją a miernik służący do jej pomiaru lumenomierzem.
- **Kandela na metr kwadratowy** - jednostka SI luminancji świetlnej; inna nazwa nit
- *Pole o powierzchni 1 m² świeci w kierunku prostopadłym światłością jednej kandel.*

$$nt = \frac{lm}{m^2 \cdot sr} = \frac{cd}{m^2}$$





Oświetlenie stanowisk pracy

Przy nieprawidłowym oświetleniu narząd wzroku szybciej ulega zmęczeniu, co pośrednio zwiększa ryzyko powstania wypadków i obniża wydajność pracy. Statystyki GUS wskazują, że niewłaściwe oświetlenie jest jedną z przyczyn występowania w przemyśle od 20% do 35% wypadków przy pracy. Badania prowadzone na stanowiskach pracy z niewłaściwym oświetleniem (niedoświetlenie, olśnienie, tętnienie światła) wykazały 20 - 35 procentowy spadek wydajności pracy.

W listopadzie 2004 r. Polski Komitet Normalizacyjny wydał w języku polskim normę PN-EN 12464-1:2004 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.

oświetlenie charakteryzowane jest przez takie parametry, jak:

poziom natężenia oświetlenia, rozkład luminancji, olśnienie, kontrast oraz tętnienie strumienia świetlnego, oddawanie barw i postrzeganie barwy, oświetlenie elektryczne uzupełniające światło dzienne

Oświetlenie na stanowiskach o różnym charakterze pracy wzrokowej

- Oświetlenie miejscowe (w polu zadania wzrokowego)- jest to dodatkowe oświetlenie niektórych części przestrzeni, np. stanowiska pracy (obszaru zadania wzrokowego), sterowane niezależnie od oświetlenia ogólnego. Celem tego oświetlenia jest uwidocznienie szczegółów zadania wzrokowego (wymiary przedmiotu jego luminancja, kontrast z tłem, czas trwania) przez zwiększenie natężenia oświetlenia i odpowiednie ukierunkowanie wiązki strumienia świetlnego w określony obszar.
- pole bezpośredniego otoczenia: pas o szerokości co najmniej 0,5 m, otaczający pole zadania, występujący w polu widzenia;
- eksploatacyjne natężenie oświetlenia (E_m): najniższa wartość średniego natężenia oświetlenia, zalecana do utrzymania na określonej powierzchni podczas użytkowania oświetlenia.

- Wymagane wartości natężenia oświetlenia w polu zadania wzrokowego:
20 lx (dostrzeżenie rysów ludzkiej twarzy) – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 –
300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 – 5000 lx

Krotność skali : 1,5 - najmniejsza różnica w subiektywnym poziomie natężenia oświetlenia

Np. montaż precyzyjny – 750 lx, mikromechanika – 1000 lx, sale posiedzeń, stanowisko z monitorem ekranowym – 500 lx,

- Natężenie w polu bezpośredniego otoczenia:

Obszar zadania	obszar bezpośredniego otoczenia
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 250	E obszaru zadania wzrokowego

- Eksploatacyjne natężenie oświetlenia (E_m): najniższa wartość średniego natężenia oświetlenia, zalecana do utrzymania w obszarach, w których bez przerwy wykonywane są zadania wzrokowe
- 200 lx

- Stosowanie odpowiednio dobranych opraw oświetlenia miejscowego, usytuowanych w pobliżu płaszczyzny roboczej zaleca się, gdy:
 - na niewielkich powierzchniach wymaga się wysokich wartości natężenia oświetlenia,
 - wymaga się określonego kierunku padania światła w celu uwidocznienia rys, kształtu, faktury lub prześwietlenia materiału,
 - w pomieszczeniu znajdują się pojedyncze stanowiska, na których wymagane są wyższe poziomy natężenia oświetlenia, niż zapewniony przez oświetlenie ogólne,
 - oświetlenie ogólne nie dociera do niektórych miejsc na skutek różnego rodzaju przeszkód w rozchodzeniu się światła (powstają cienie),
 - praca wykonywana jest przez osoby starsze lub z upośledzonym wzrokiem (np. zbyt niska ostrość wzroku, daltonizm itp.) w porównaniu do osób, dla których opracowano wymagania normy,
 - występuje wyraźnie zjawisko stroboskopowe dające złudzenie fałszywego ruchu lub pozornego bezruchu urządzeń produkcyjnych na skutek zasilania lamp wyładowczych prądem przemiennym,
 - wskazane jest wytworzenie w pomieszczeniu, przeznaczonym do wypoczynku, zamierzonego nastroju przez grę światłocieni.

Równomierność

W porównaniu do normy PN-84/E-02033 omawiana norma wprowadza istotne zmiany co do parametru równomierności oświetlenia. W obszarze samego zadania wzrokowego równomierność powinna być jak najlepsza, ale nie mniejsza niż 0,7. Natomiast równomierność natężenia oświetlenia w polu bezpośredniego otoczenia nie może być niższa od 0,5.

Rozkład luminacji

Luminancje wszystkich powierzchni można określić przy pomocy współczynnika odbicia i natężenia oświetlenia na tej powierzchni. Podane zakresy współczynników odbicia praktycznie pokrywają się z podanymi wcześniej w normie PN-84/E-02 033: - sufit: 0,6 - 0,9, - ściany: 0,3 - 0,8, - podłoga: 0,1 - 0,5. Istotnym uzupełnieniem jest podanie współczynnika odbicia dla płaszczyzny pracy i jego wartość zawiera się w granicach 0,2 - 0,6.

Barwa postrzegana – ciepła < 3300 K, - pośrednia 3300 do 5300 K, - chłodna > 5 300 K

Oddawanie barw – maksymalny wskaźnik $R_a = 100$, $R_a \geq 80$ praca, przebywanie przez dłuższy czas

■ Olśnienie

Przy pewnych niekorzystnych poziomach luminancji oko może adoptować się do otoczenia z poczuciem niewygody, czy bólu. Może to doprowadzić do utraty rozróżniania szczegółów. Stan pracy oka, w którym obserwator doznaje zmęczenia lub źle wykonuje pracę wzrokową nazywamy zjawiskiem olśnienia.

Olśnienie przeszkadzające - takie, które zmniejsza zdolność widzenia ale nie wywołuje poczucia przykrości.

Olśnienie przykre - wywołuje poczucie przykrości ale nie zmniejsza zdolności widzenia – w normie określone wskaźnikiem UGR

Olśnienie oślepiające - tak silne, że przez pewien czas obserwowany przedmiot nie zostaje zauważony.

Olśnienie dekontrastujące i odbiciowe

- Olśnienie przykre mogą ograniczać:
 - obniżenie luminancji źródeł światła (okien, opraw oświetleniowych),
 - zmniejszenie powierzchni świecącej źródeł światła,
 - preferowanie matowych powierzchni
 - zwiększenie luminancji tła, na którym znajduje się źródło światła.

- Oświetlenieienne:

- PN-EN 12 665:2003 „Światło i oświetlenie. Podstawowe terminy oraz kryteria określania wymagań dotyczących oświetlenia.
- PN-71/B-02380 „Oświetlenie wewnątrz światłem dziennym. Warunki ogólne.
- Oceniane jest za pomocą współczynnika oświetlenia dziennego e [%] oraz równomierności oświetlenia R .
- Dopuszcza się oświetlenie pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi wyłącznie światłem sztucznym, jeżeli:
- *Oświetlenie światłem dziennym nie jest konieczne lub nie jest wskazane ze względów technologicznych*
- *Jest uzasadnione celowością funkcjonalną zlokalizowania tego pomieszczenia w obiekcie podziemnym lub w części budynku pozbawionej oświetlenia naturalnego*
- *Pracodawca uzyskał zgodę właściwego inspektora sanitarnego wydaną w porozumieniu z okręgowym inspektoratem pracy*

- Norma Europejska EN 12464-1 zatwierdzona przez Europejski Komitet Normalizacji (CEN) w listopadzie 2002 r., określa wymagania indywidualne dla każdego typu miejsca pracy. Zasadą jest dostosowanie oświetlenia do lokalnych potrzeb oświetleniowych.

Norma ta określa minimalne wymagania oświetleniowe:

- użyteczne (przez cały okres „życia” systemu) średnie natężenie oświetlenia i jego równomierność – współczynnik utrzymania
- Ujednolicony wskaźnik olśnienia – w szczególności czy zastosowane oprawy źródeł światła nie wprowadzają olśnienia przykrego
- Stosowną do rodzaju pracy dopuszczalną wartość wskaźnika oddawania barw użytkowych źródeł światła.
- Migotanie i efekty stroboskopowe
- Względy energetyczne – optymalizacja wyboru systemu, sprzętu, sterowania przy wykorzystaniu w pełni światła dziennego

Nowe pojęcia i kryteria oceny zagrożenia nielaserowym promieniowaniem optycznym

- Rozporządzenie ministra pracy i polityki społecznej z dn. 29.11.2002 (Dz.U. z dn. 18.12.2002) w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Od d. 19.06.2003 obowiązują nowe kryteria oceny zagrożenia, jakie dla pracujących stanowi nielaserowe promieniowanie optyczne, obejmujące: promieniowanie nadfioletowe (UV), widzialne (VIS), podczerwone (IR).
- Skutki narażenia na promieniowanie zależą od:
 - Parametrów fizycznych promieniowania
 - Właściwości optycznych i biologicznych narażonych tkanek
 - Wielkości pochłoniętej dawki
- Nowe grupy pojęć stosowane przy ocenie zagrożenia człowieka promieniowaniem optycznym:
 - Skuteczne natężenie napromienienia
 - Całkowite natężenia napromienienia
 - Całkowite napromienienie
 - Skuteczne napromienienie
 - Skuteczna luminancja energetyczna
 - Skuteczna luminancja energetyczna zintegrowana
 - Całkowity czas narażenia na promieniowanie

Skuteczne natężenie napromienienia (E_s) – jest to natężenie napromienienia promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 , ważone według określonego rozkładu widmowej skuteczności biologicznej promieniowania, określone wzorem:

$$E_s = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_\lambda \cdot X_\lambda \Delta\lambda$$

[Wm⁻²]

gdzie:

E_λ - natężenie napromienienia promieniowania o długości fali λ

X_λ - względna skuteczność widmowa promieniowania

$\Delta\lambda$ - przedział długości fal promieniowania, dla którego przyjmujemy daną wartość E_λ (przy pomiarze spektrometrycznym odpowiadający częstotliwości próbkowania, np. pomiar E_λ wykonywany co 5, 10 czy 50nm).

- **Całkowite natężenie napromienienia (Ec)** – lub inaczej natężenie napromienienia nieselektywne jest to natężenie napromienienia promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 określone wzorem:

$$E_c = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_\lambda \cdot \Delta\lambda$$

[Wm⁻²]

- **Całkowite napromienienie (Nc)** lub inaczej – napromienienie nieselektywne (wyrażane w Jm⁻²) jest to napromienienie promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 równe iloczynowi całkowitego natężenia napromienienia promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 (Ec) oraz całkowitego czasu ekspozycji na promieniowanie (t).
- **Skuteczne napromienienie (Ns)** (wyrażane w Jm⁻²) jest to napromienienie promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 ważone według określonego rozkładu widmowej skuteczności biologicznej promieniowania, równe iloczynowi skutecznego natężenia napromienienia promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 (Es) oraz całkowitego czasu ekspozycji na promieniowanie (t).

- **Skuteczna luminacja energetyczna źródła (L_s)** – jest luminacja energetyczna źródła emitującego promieniowanie w zakresie długości fal od λ_1 do λ_2 ważona według określonego rozkładu widmowego skuteczności biologicznej promieniowania, określona wzorem [5]:

- [$Wm^{-2}sr^{-1}$]

$$L_s = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda \cdot X_\lambda \cdot \Delta\lambda$$

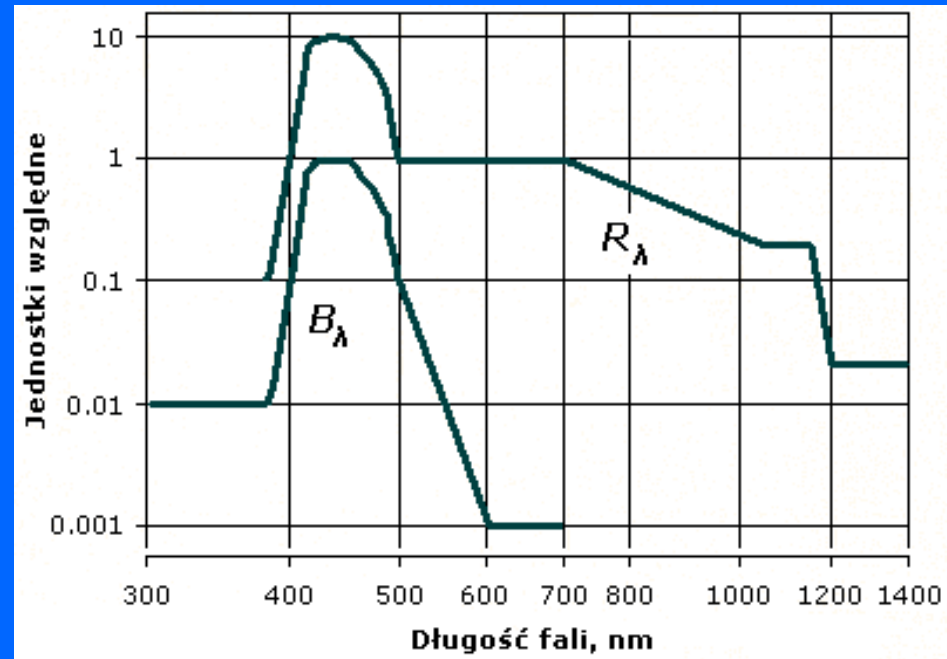
- gdzie:
 L_λ - luminacja energetyczna promieniowania o długości fali λ .

Skuteczna luminacja energetyczna zintegrowana (L_{zint}) (wyrażana w $Jm^{-2}sr^{-1}$) jest to iloczyn skutecznej luminacji energetycznej i całkowitego czasu ekspozycji na promieniowanie optyczne.

- **Całkowity czas ekspozycji na promieniowanie (t)** (wyrażany w s) – łączny czas narażenia oka lub skóry na promieniowanie optyczne podczas wykonywania określonych czynności, w ciągu całej zmiany roboczej.

Nowe kryteria oceny zagrożenia pracowników promieniowaniem optycznym

- **Promieniowanie widzialne**
- Promieniowanie widzialne ocenia się wyłącznie z punktu widzenia jego szkodliwości dla oczu. Intensywne promieniowanie widzialne (zwłaszcza światło niebieskie z zakresu 425÷455nm) może powodować termiczne lub fotochemiczne uszkodzenia i schorzenia siatkówki oka. **Przyjmuje się, że w wyniku ekspozycji krótszej od 10s powstają głównie uszkodzenia termiczne, natomiast czas dłuższy powoduje uszkodzenia fotochemiczne.**



Względna skuteczność widmowa zagrożenia termicznego (R_λ) i fotochemicznego (B_λ) siatkówki (wg ICNIRP i nowych NDN)

Ocenę zagrożenia termicznego siatkówki dokonuje się w odniesieniu do źródeł o luminacji świetlnej większej niż 10000cd/m² oraz w odniesieniu do czasów jednorazowej ekspozycji poniżej 10s. Kryterium oceny zagrożenia stanowi wówczas skuteczna luminacja energetyczna źródła (L_s) w zakresie 380÷1400nm (czyli jest to ocena zagrożenia promieniowaniem widzialnym oraz bliską podczerwienią łącznie).

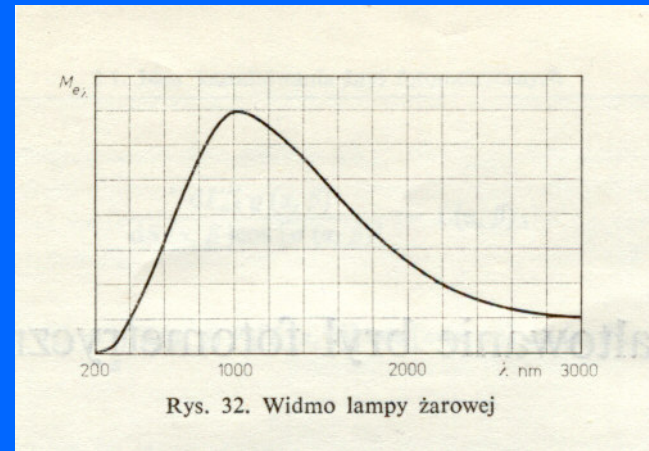
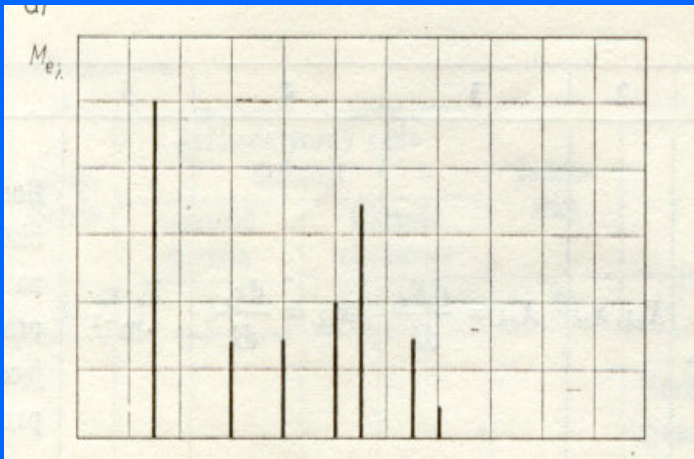
Przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki stosuje się widmową skuteczność uszkodzenia termicznego siatkówki – krzywa R_λ na rys.

- Wartości stanowiące kryterium oceny zagrożenia fotochemicznego siatkówki określa widmowa skuteczność uszkodzenia fotochemicznego siatkówki – krzywa B_λ na rys.2. Wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń ocenianych wielkości, w zależności od wymienionych przypadków, przedstawia tabela.

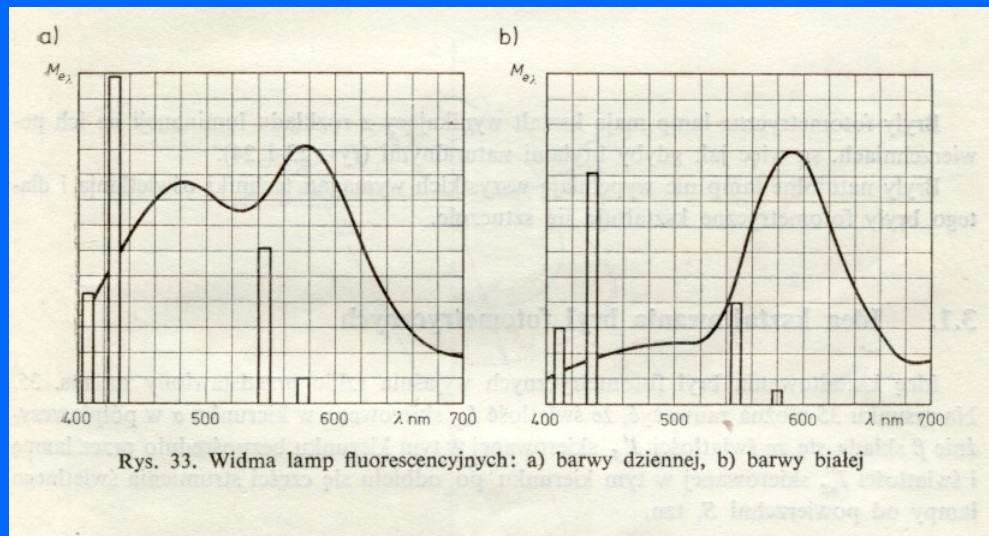
Rodzaj zagrożenia siatkówki	Czas ekspozycji	Wymiar katowy źródła α [mrad]	Oceniana wielkość	Najwyższe dopuszczalne natężenie ocenianej wielkości
Fotochemiczne	$t \leq 10\,000$ s	$\alpha \geq 11$	$L_{zint} = \sum_{i=1}^n \sum_{300}^{700} L_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda \cdot t_i$	$100 \text{ J cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	$t > 10\,000$ s		$L_s = \sum_{300}^{700} L_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda$	$0,01 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	$t \leq 10\,000$ s	$\alpha < 11$	$N_s = \sum_{i=1}^n \sum_{300}^{700} E_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda \cdot t_i$	$0,01 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
	$t > 10\,000$ s		$E_s = \sum_{300}^{700} E_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda$	$1 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$
Termiczne	$10 \mu\text{s} \leq t_i \leq 10$ s	$1,7 \div 100^*$	$L_s = \sum_{380}^{1400} L_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \Delta\lambda$	$\frac{5}{\alpha \cdot t_i^{1/4}} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

* W przypadku, gdy wymiar katowy źródła przekracza 100 mrad, należy przyjąć taką wartość, jak dla kąta 100 mrad

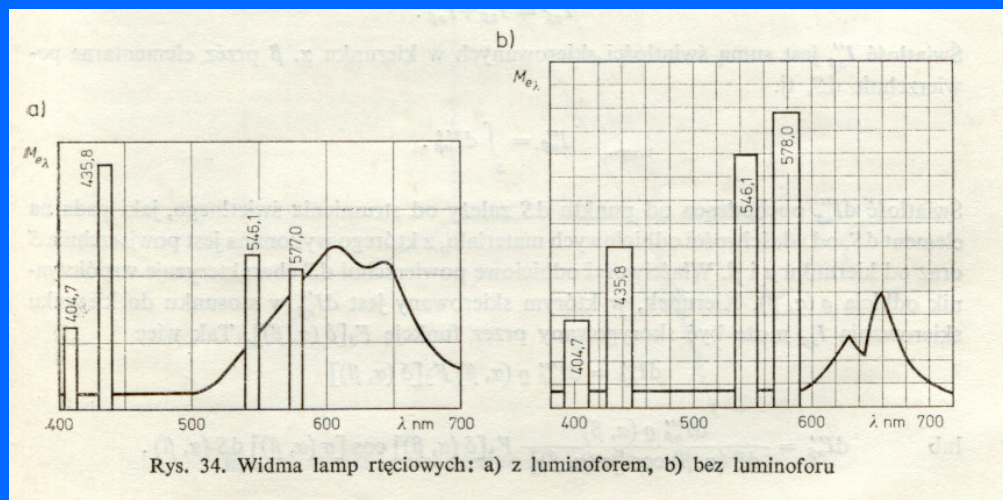
Sztuczne źródła światła – rodzaje widm promieniowania, lampy



Liniowe i ciągłe widmo promieniowania



Przykład widma lamp fluorescencyjnych – widmo złożone pasmowe i ciągłe



Przykład widma lamp rtęciowych – widmo złożone pasmowe i ciągłe

LITERATURA:

- Rączkowski B., *BHP w praktyce, poradnik*, Wyd. Ośrodka Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 2000
- *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy, wartości dopuszczalne*, Wyd. CIOP, Warszawa 2001
- Banach M., *Podstawy techniki oświetlenia*, PWN 1982
- Pawlak A., Zaremba K. *Oświetlenie miejscowe na stanowiskach o różnym charakterze pracy wzrokowej* „BEZPIECZEŃSTWO PRACY nauka i praktyka” 7-8/2000, str. 25-29
- Zakład Techniki Bezpieczeństwa Centralnego Instytutu Ochrony Pracy, *Oświetlenie stanowisk pracy*, „BEZPIECZEŃSTWO PRACY nauka i praktyka” 6/1999, str. 31
- Wolska A., *Zdolność widzenia a oświetlenie*, „BEZPIECZEŃSTWO PRACY nauka i praktyka” 1/1999, str. 11-14
- Zakład Techniki Bezpieczeństwa Centralnego Instytutu Ochrony Pracy, *Oświetlenie miejsc pracy z monitorami ekranowymi*, „BEZPIECZEŃSTWO PRACY nauka i praktyka” 5/1999, str. 30
- PN-E-01005: 1990 *Technika świetlna. Terminologia*
- PN-80/Z-08052 *Ochrona pracy. Niebezpieczne i szkodliwe czynniki występujące w procesie pracy. Klasyfikacja*
- PN-84/E-02033 *„Oświetlenie wewnątrz światłem elektrycznym”*
- PN-71/B-02380 *„Oświetlenie wewnątrz światłem dziennym. Warunki ogólne*
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dn. 17.06.1998 w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. nr 79, poz.513, zał.nr2, pkt D.

- PrPN-T-06589 *Ochrona przed promieniowaniem optycznym – Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowisku pracy*
- PrPN-T-05687, *Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania widzialnego i podczerwonego na stanowiskach pracy*, Polski Komitet Normalizacyjny
- PN-EN 6085-1:2000 *Bezpieczeństwo urządzeń laserowych – Klasyfikacja sprzętu. Wymagania i przewodnik użytkownika.*
- PN-EN 6085-2:2001 *Bezpieczeństwo urządzeń laserowych – Bezpieczeństwo światłowodowych systemów telekomunikacyjnych*
- PN-EN 6085-4:2001 *Bezpieczeństwo urządzeń laserowych – Osłony laserowe*
- PN-EN 60601-2-22:2001 *Medyczne urządzenia elektryczne. Szczegółowe wymagania bezpieczeństwa urządzeń laserowych diagnostycznych i terapeutycznych.*
- PN-EN- 207:2001 *Ochrona indywidualna oczu – Ochrony oczu i filtry chroniące oczy przed promieniowaniem laserowym.*
- IEC 60825-3:1995 *Safety of laser products – Guidance for laser displays and show.*
- EN 60825-1 *Amendment 2:2001 Safety of laser products – Equipment classification, requirements and users guide.*

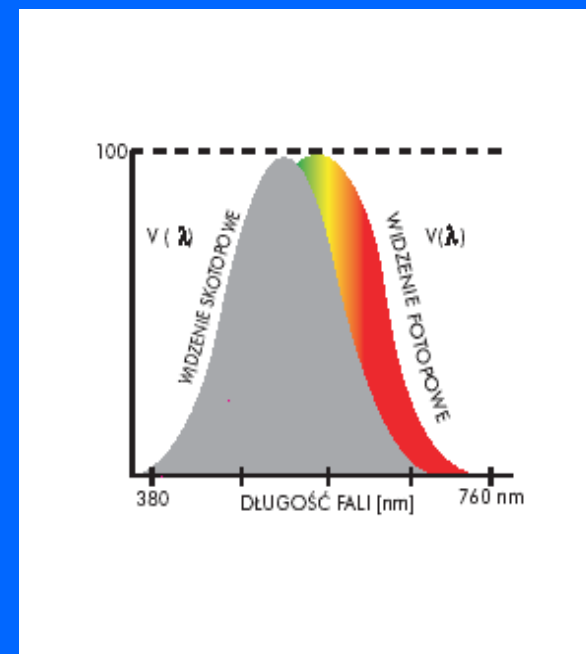
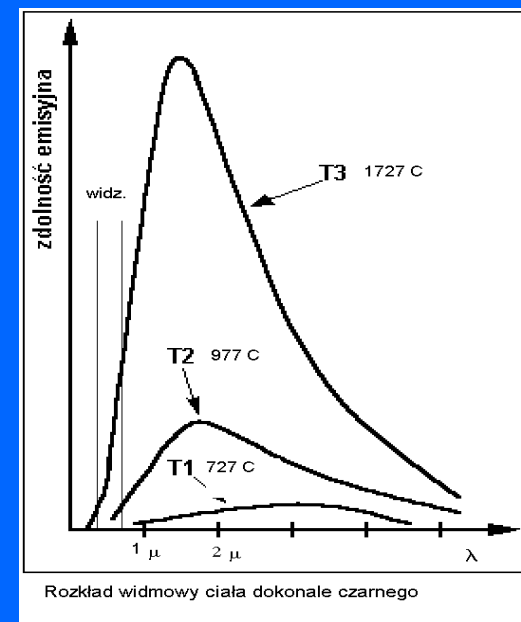
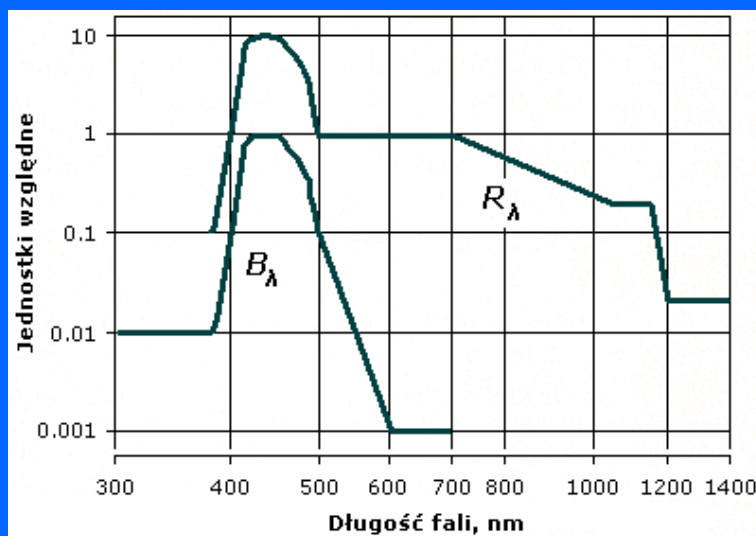
Adresy internetowe:

- <http://www.thornlight.pl>
- <http://www.elgo.com.pl/polish/projekto/sloownik>
- <http://www.lighting.pl/normy>
- <http://www.ciop.pl>

PROFILAKTYKA MEDYCZNA

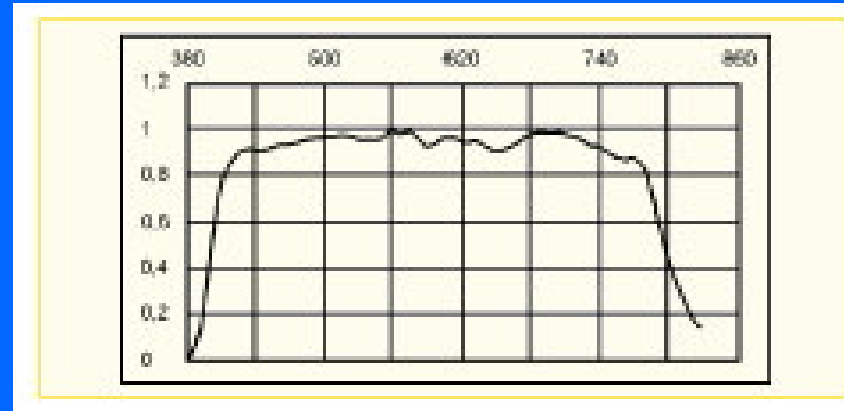
- Oświetlenie wpływa na samopoczucie i zdrowie.
- Niewłaściwe warunki oświetleniowe wywołują wiele niekorzystnych zmian i reakcji organizmu ludzkiego, m.in. zmęczenie oczu (ból głowy, łzawienie i zaczerwienienie powiek i spojówek, zmniejszenie akomodacji, ostrości widzenia, wrażliwości na kontrasty i szybkości spostrzegania) i zmęczenie nerwowe (zniechęcenie, ból głowy, nudności, bezsenność).
- Obydwa rodzaje zmęczenia sumują się podczas prac wzrokowych wpływając na: zmniejszenie wydajności i jakości pracy, zwiększenie ilości wypadków przy pracy, na drogach itp.
- Powyższe objawy powoduje przede wszystkim niewystarczające oświetlenie i wady wzroku.
- Profilaktyka: badania wstępne i okresowe, lekarskie ogólne i okulistyczne – minimum co 3 lata

- Rozkład widmowy względnej widzialności wzrokowej $V(\lambda)$ różni się w sposób istotny od rozkładu energii w widmie ciała doskonale czarnego, różni się również od widmowego rozkładu skuteczności biologicznej promieniowania widzialnego dla efektu uszkodzenia siatkówki oka ludzkiego na drodze fotochemicznej $B(\lambda)$ [$V(\lambda) = 1$ dla 550 nm, $B(\lambda) = 1$ dla 440 nm - wg PrPN-T-05687, *Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania widzialnego i podczerwonego na stanowiskach pracy, Polski Komitet Normalizacyjny]***



Przyrządy pomiarowe - przykłady

FOTOMETRIA ENERGETYCZNA



Przetwornik Radiometryczny FLA603RW4 wysokiej klasy przetwornik do precyzyjnych pomiarów w paśmie 400 do 800 nm wyposażony w 3 kanały pomiarowe o różnych czułościach.

Zakres pomiarowy: 0,00004 do 10 mW/cm²

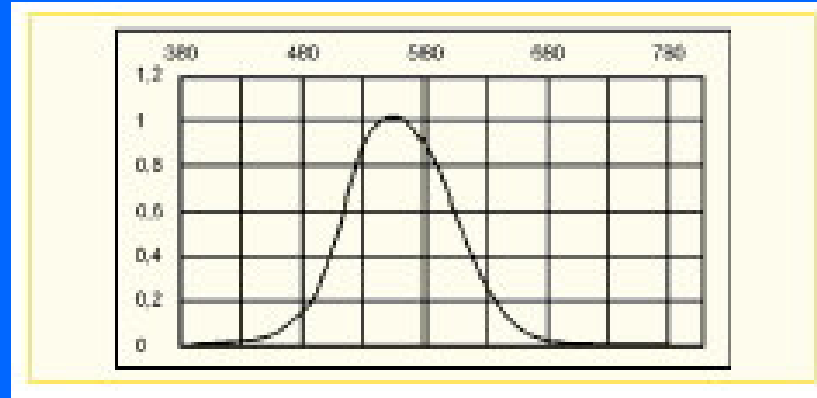
Rozdzielczość: 10 nW/cm²

Czułość: ok. 500 nA/(mW/cm²)

Pasmo spektralne: 400 do 800 nm

Przyrządy pomiarowe - przykłady

FOTOMETRIA WIZUALNA



Przetwornik oświetlenia (lukso mierz) FLAS603VLx

Wysokiej jakości lukso mierz przeznaczony do pomiarów w inżynierii oświetlenia. Klasa B DIN .

Zakresy pomiarowe:

FLA603VL2: 0,05 lux do 12500 lux

FLA603VL4: 1 lux do 250000 lux

Najmniejsza rozdzielczość: FLA603VL2-0,01lux; FLA603VL4-1 lux

Czułość: ok. 20 pA/lux

Dopasowanie spektralne: przybliżona funkcja fotometryczna $V(\lambda)$ dla widzenia dziennego, lepiej niż 6%

Przyrządy pomiarowe - przykłady

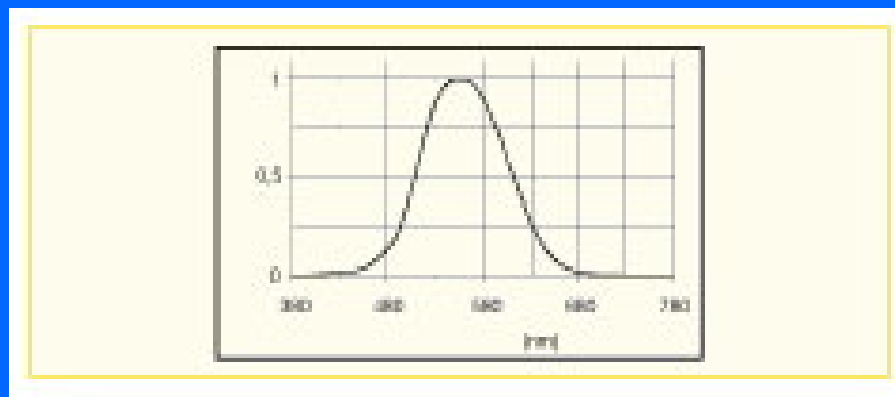
FOTOMETRIA WIZUALNA



Sonda Luminancji FLA603LDM2 przetwornik luminancji z kątem widzenia 1sr i zewnętrznym celownikiem przystosowanym do pracy z odległości 1 m; trzy kanały pomiarowe o różnej czułości; klasa B DIN
Zakres pomiarowy: 0,04 cd/m² do 8333 cd/m²
Najmniejsza rozdzielczość: 10 mcd/m
Kat (pole) widzenia: 1sr
Czułość: ok. 30 pA/(cd/m²)
Dopasowanie spektralne: przybliżona funkcja fotometryczna $V(\lambda)$ dla widzenia dziennego, lepiej niż 6%
Odległość pomiarowa: 1 m

Przyrządy pomiarowe - przykłady

FOTOMETRIA WIZUALNA



Przetwornik Strumienia Światła FLA603LSM4 wysokiej klasy przetwornik strumienia światła typu fotometr Ulbrichta.

Zakres pomiarowy: 0,001 do 250 lm

Najmniejsza rozdzielczość: 0,001 lm

Czułość: 20nA/lm

Akceptowany kąt: do 90sr

Dokładność: klasa B DIN

Temperatura normalna: 24°C 2K

Temperatura pracy: 0 do 60°C; wilgotność 10 do 90% bez kond.

Temperatura pracy: max 100°C wewnątrz kuli

Wewnętrzna średnica: 50 mm

Otwór pomiarowy: 12,7 mm



Nielaserowe promieniowanie optyczne

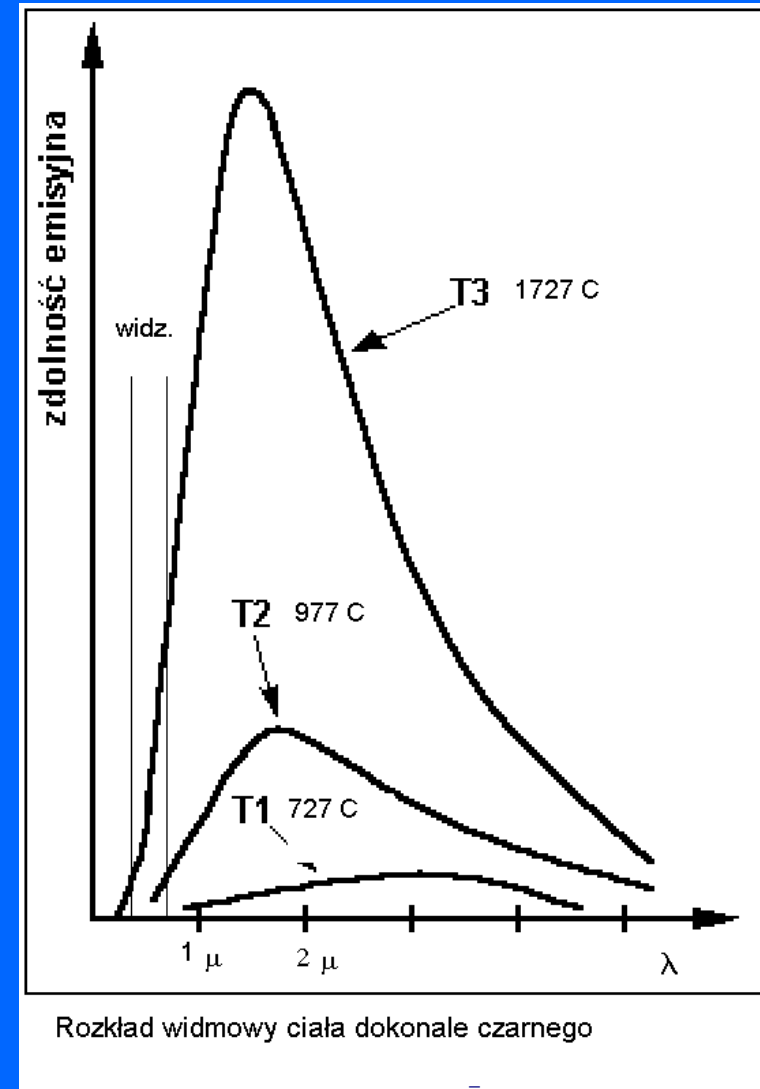
- Promieniowanie optyczne obejmuje: nadfiolet, światło i podczerwień.
- Źródłami nielaserowego promieniowania optycznego są najczęściej rozgrzane piece i materiały obrabiane na gorąco, sztuczne źródła światła - lampy żarowe i wyładowcze, łuki elektryczne, a także słońce.
- Zagrożenie promieniowaniem optycznym opisuje się wielkością natężenia napromienienia, napromienieniem lub luminancją energetyczną.
- Promieniowanie optyczne działa fotochemicznie lub termicznie na oko i skórę, powodując stany zapalne rogówki i spojówki, zmętnienie soczewki, uszkodzenie siatkówki, rumień skóry oraz oparzenia skóry, przyspieszające jej starzenie się i prowadzące do zmian nowotworowych. Najbardziej aktywne biologicznie jest promieniowanie nadfioletowe, które działa silnie fotochemicznie. Promieniowanie widzialne może działać fotochemicznie lub termicznie, natomiast podczerwień działa termicznie.

PODCZERWIENIE

- W 1800 roku fizyk William Herschel umieścił rtęciowy termometr w widmie optycznym uzyskanym z pryzmatu. Eksperyment ten pozwolił mu zmierzyć ilość energii cieplnej przenoszonej przez poszczególne kolory światła. Ku jego zaskoczeniu okazało się, że termometr najbardziej rozgrzewa się, gdy znajdzie się pod czerwonym paskiem. Doszedł do wniosku, iż istnieje niewidzialne dla oka promieniowanie "podczerwone", które transmituje ciepło w postaci niewidocznej fali świetlnej.

PODCZERWIEŃ

- Podczerwień (IR) to promieniowanie elektromagnetyczne mieszczące się w zakresie długości fal pomiędzy światłem widzialnym i mikrofalami. Oznacza to zakres od 700 nm do 1 mm.
- Podczerwień często dzieli się na:
 - bliską (IR-A, 0,7-1,4 μ m),
 - średnią (IR-B, 1,4 - 3 μ m)
 - oraz daleką (IR-C, 3 - 1000 μ m)



PODCZERWIENIE

ŹRÓDŁA NIELASEROWEGO

PROMIENIOWANIA PODCZERWONEGO

Najczęściej spotykane sztuczne źródła promieniowania podczerwonego:

- źródła elektryczne:

- specjalne żarówki, promienniki kwarcowe, lampy ksenonowe, halogenowe i inne;

- źródła (procesy) technologiczne:

- piece hutnicze, paleniska, piece hartownicze, ceramiczne, szklarskie, laboratoryjne (roztopione lub rozgrzane materiały, przedmioty, elementy), procesy zgrzewania, cięcia tlenowego, spawania gazowego i inne.

Działanie podczerwieni na organizm człowieka

Reakcje skóry:

- - rumień ciepły, oparzenie skóry

Reakcje oczu:

- - katarakta
- - oparzenie siatkówki
- - przymglenie rogówki
- - oparzenie rogówki (IR-C)

- bezpośrednio zagrożenie zdrowia i życia: udar cieplny, zapaść serca z powodu stresu cieplnego, oparzenie termiczne skóry
- schorzenia w wyniku długotrwałego narażenia: zaćma hutnicza, chroniczne i ostre zapalenie spojówek, pigmentacja skóry – po wielu latach owrzodzenia, a nawet rak skóry,
- występowanie uciążliwych warunków pracy w wyniku zmęczenia.

Oczy - zagrożenia:

- Całe pasmo podczerwieni może powodować poparzenia i uszkodzenia rogówki i wysuszenie spojówek
- Intensywne promieniowanie z zakresu bliskiej podczerwieni (IR-A) może powodować termiczne uszkodzenia i schorzenia siatkówki; pozostałe zakresy promieniowania podczerwonego IR-B i IR-C są pochłaniane przez rogówkę i soczewkę i nie docierają do siatkówki
- IR-A i IR-B przyczynia się do najpoważniejszej choroby związanej z narażeniem oka na promieniowanie podczerwone jaką jest zaćma podczerwieni (tzw. zaćma hutnicza), czyli zmętnienie soczewki. Zaćma ta rozwija się wolno, zwykle kilkanaście a nawet kilkadziesiąt lat i odnotowuje się ją w zakładach , w których dochodzi do częstego narażenia pracowników na intensywne promieniowanie podczerwone, zwłaszcza u hutników.

WARTOŚCI NAJWYŻSZEGO DOPUSZCZALNEGO NATĘŻENIA NAPROMIENIENIA

$$E_{\text{śr}} = \frac{N}{t}$$

Narażenie pracowników na promieniowanie podczerwone od 1998 roku charakteryzowane było przez:

- - średnie natężenie napromienienia
- - najwyższe chwilowe natężenie napromienienia – występujące podczas ekspozycji trwającej nie dłużej niż 60 s.
- Przyjmowało się, że skuteczność biologiczna podczerwieni jest w całym zakresie jednakowa (niezależna od długości fali) $S(\lambda) = 1$.

N- napromienienie, w J/m²
t – czas ekspozycji, w s.

NDN dla średniego natężenia napromienienia:

- dla oka: 150 W/m²
- dla skóry: 700 W/m²

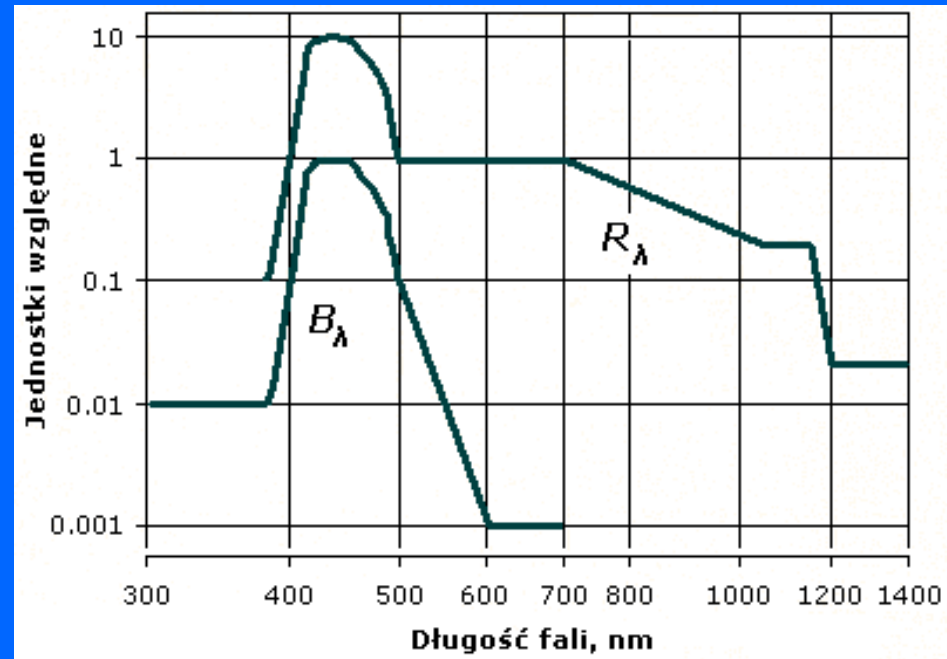
$$E = a \cdot t^{-1/2}$$

- Najwyższe dopuszczalne chwilowe natężenie napromienienia E [W/m²] wyznacza się ze wzoru:
- gdzie:
- t – czas ekspozycji, przy czym $t \leq 60$ s
- a – stała:
- dla oka: $a = 1200 \text{ W} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{m}^{-2}$
- dla skóry: $a = 5600 \text{ W} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{m}^{-2}$

PN-EN-05687:2002 *Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania widzialnego i podczerwonego na stanowiskach pracy*, Polski Komitet Normalizacyjny

Wprowadza, że pomiary promieniowania widzialnego lub podczerwonego podlegają następujące parametry fizyczne:

- całkowite natężenie napromienienia oczu pracownika w zakresie fal dłuższych od 780 nm
- skuteczna luminancja energetyczna źródła oraz skuteczne natężenie napromienienia oczu pracownika w zakresie fal 300 nm do 700nm, ważone wg krzywej względnej skuteczności widmowej wywoływania uszkodzeń fotochemicznych B_{λ} [$B=1$ dla 440 nm]
- skuteczna luminancja energetyczna źródła oraz skuteczne natężenie napromienienia oczu pracownika w zakresie fal 380 nm do 1400 nm, ważone wg krzywej względnej skuteczności widmowej wywoływania uszkodzeń termicznych R_{λ} [$R=10$ dla 440 nm]
- całkowite napromienienie lub natężenie napromienienia skóry pracownika w zakresie fal dłuższych od 380 nm
- czas ekspozycji na promieniowanie.



Względna skuteczność widmowa zagrożenia termicznego (R_{λ}) i fotochemicznego (B_{λ}) siatkówki (wg ICNIRP i nowych NDN)

Ocenę zagrożenia termicznego siatkówki dokonuje się w odniesieniu do źródeł o luminacji świetlnej większej niż 10000cd/m² oraz w odniesieniu do czasów jednorazowej ekspozycji poniżej 10s. Kryterium oceny zagrożenia stanowi wówczas skuteczna luminacja energetyczna źródła (L_s) w zakresie 380÷1400nm (czyli jest to ocena zagrożenia promieniowaniem widzialnym oraz bliską podczerwienią łącznie).

Przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki stosuje się widmową skuteczność uszkodzenia termicznego siatkówki – krzywa R_{λ} na rys.

- Wartości stanowiące kryterium oceny zagrożenia fotochemicznego siatkówki określa widmowa skuteczność uszkodzenia fotochemicznego siatkówki – krzywa B_λ na rys.2. Wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń ocenianych wielkości, w zależności od wymienionych przypadków, przedstawia tabela.

Rodzaj zagrożenia siatkówki	Czas ekspozycji	Wymiar katowy źródła α [mrad]	Oceniana wielkość	Najwyższe dopuszczalne natężenie ocenianej wielkości
Fotochemiczne	$t \leq 10\,000$ s	$\alpha \geq 11$	$L_{zint} = \sum_{i=1}^n \sum_{300}^{700} L_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda \cdot t_i$	$100 \text{ J cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	$t > 10\,000$ s		$L_s = \sum_{300}^{700} L_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda$	$0,01 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	$t \leq 10\,000$ s	$\alpha < 11$	$N_s = \sum_{i=1}^n \sum_{300}^{700} E_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda \cdot t_i$	$0,01 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
	$t > 10\,000$ s		$E_s = \sum_{300}^{700} E_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda$	$1 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$
Termiczne	$10 \mu\text{s} \leq t_i \leq 10$ s	$1,7 \div 100^*$	$L_s = \sum_{380}^{1400} L_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \Delta\lambda$	$\frac{5}{\alpha \cdot t_i^{1/4}} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

* W przypadku, gdy wymiar katowy źródła przekracza 100 mrad, należy przyjąć taką wartość, jak dla kąta 100 mrad

Pomiary można wykonywać przy pomocy mierników szerokopasmowych lub spektrometrów do pomiaru optycznego. {mikrobolometry, detektory na bazie InSb, InGaAs, AlGaAs, HgCdTe}

Mierniki całkowitego natężenia napromienienia oczu powinny posiadać nieselektywną charakterystykę w zakresie długości fal powyżej 780 nm, natomiast dla skóry powyżej 380 nm.

Mierniki wielkości skutecznych powinny posiadać względny rozkład widmowy detekcji odpowiadający krzywym widmowej skuteczności wywoływania uszkodzeń fotochemicznych oraz termicznych.

Średnica wejściowa apertury wejściowe powinna zawierać się w przedziale 7 mm – 25 mm.

Ograniczenie narażenia na promieniowanie podczerwone

- Przy jednorazowym narażeniu siatkówki przez czas $t > 10$ s ograniczyć skuteczną luminancję energetyczną źródła do wielkości L (W/cm^2sr) $\leq 0,6/\alpha$, α [11 – 100 mrad]
- Maksymalne bezwzględne natężenia napromienienia oczu E promieniowaniem IR dla jednorazowego czasu narażenia $t \geq 1000$ s $E \leq 100$ [W/m^2]
- Dla czasów jednorazowego narażenia $t < 1000$ s $E \leq 18\,000 / t^{3/4}$

Pomiar obejmuje cały zakres widmowy podczerwieni

$$t = 60 \text{ s NDN } 155 \text{ W/m}^2 \quad t = 1 \text{ s NDN} = 1\,200 \text{ W/m}^2$$

- Maksymalne jednorazowe napromienienie skóry N nie może przekraczać wartości:

$$N = 20\,000 t^{1/4} [\text{J/m}^2] \text{ dla } t \leq 10 \text{ s}$$

Dla $t > 10$ s należy stosować wskaźniki obciążenia termicznego

$$t = 60 \text{ s NDN } 723 \text{ W/m}^2 \quad t = 1 \text{ s NDN } 5\,600 \text{ W/m}^2$$

18000; 20000 - stała „a”

$$W \cdot s^{3/4} \cdot m^{-2}$$

Sposoby ochrony przed promieniowaniem IR

- Okulary i gogle ochronne
- Osłony twarzy
- Kaptury wyposażone w wizjery
- Ochrony odbijające
- Nawiewy powietrza
- Urządzenia klimatyzacyjne i wentylacyjne
- Przerwy w pracy
- Rotacja pracowników

Pozytywne aspekty stosowania podczerwieni

- Promieniowanie podczerwone jest mniej rozpraszane przez kurz i mgłę (fotografowanie, namierzanie dalekich przedmiotów podczas złej widoczności)
- Fala nośna w telefonii podczerwonej
- Automatyczne dozorowanie pomieszczeń itp.
- Przyrządy pomiarowe: alkometry, metanomierze, spektrofotometria w podczerwieni
 - Medycyna: napromieniowanie tkanek podczerwienią powoduje miejscową poprawę ukrwienia i pobudzenie przez to procesów metabolicznych - leczenie przewlekłych procesów zapalnych tkanek miękkich kończyn, stawów oraz niektórych części głowy, jak zatoki przynosowe, jama nosowa, ucho zewnętrzne, itp.