

Jednostkami luminancji są: *nit* (nt) = $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ i *stilb* (sb) = $\text{cd} \cdot \text{cm}^{-2}$. Stąd $1 \text{ sb} = 10^4 \text{ nt}$.

Natężeniem oświetlenia E elementu powierzchni naświetlonej nazywany jest stosunek strumienia świetlnego padającego na ten element do jego powierzchni

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (2.136)$$

Jednostką natężenia jest *luks* ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} \cdot 1 \text{ m}^{-2}$).

W tabl. 2.4 zestawiono odpowiadające sobie radiometryczne i fotometryczne pojęcia, przy czym pominięto ich gęstości monochromatyczne będące pochodnymi omawianych wielkości.

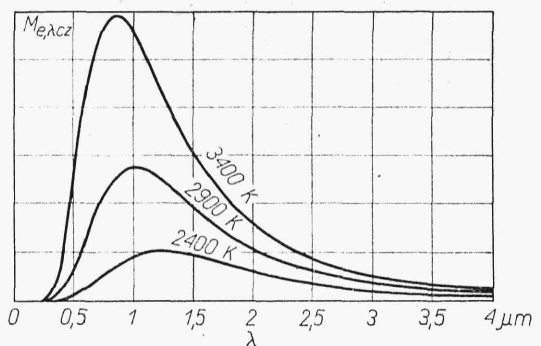
2.7.2. Źródła światła

Najbardziej powszechnym czynnym źródłem światła jest termicznie wzbudzone ciało stałe, na przykład żarówka elektryczna dla którego rozkład spektralny jest ciągły i zbliżony kształtem do promieniowania *ciała czarnego*. Przez ciało czarne rozumie się ciało całkowicie pochłaniające padającą nań energię, niezależnie od długości fali i kierunku padania. Jego gęstość monochromatyczna emitancji energetycznej jest funkcją temperatury danego ciała $T(\text{K})$ oraz długości fali λ i ujęta jest prawem *Plancka*

$$M_{e,\lambda cz} = \frac{c_1}{\lambda^5} \left[\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]^{-1} \quad (2.137)$$

gdzie stałe $c_1 = 3,7350 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^4$; $c_2 = 14\,380 \mu\text{m} \cdot \text{K}$.

Na rys. 2.96 zilustrowano zależność (2.137) dla trzech różnych temperatur. Im temperatura ciała jest wyższa, tym wyższa jest moc wypromienio-



Rys. 2.96

wywana przez ciało czarne ($M_{ecz} = \int_0^{\infty} M_{e,\lambda cz} d\lambda = \sigma T^4$ — prawo Stefana-Boltzmana) i tym obszar maksymalnej gęstości monochromatycznej emitancji przesuwają się w stronę fal krótszych (prawo przesunięcia Wiena, wynikające z równania $\frac{\partial M_{e,\lambda cz}}{\partial \lambda} = 0$, skąd $T\lambda_{max} = 2896 \mu\text{m} \cdot \text{K}$).

Wszystkie ciała spotykane w przyrodzie nie pochłaniają całkowicie padającej nań energii, nie są więc ciałami czarnymi i emitancję takich ciał można wyrazić za pomocą emitancji ciała czarnego przez

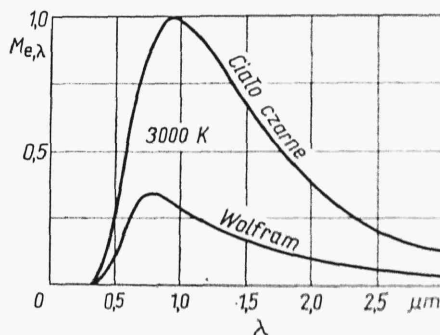
$$M_{e,\lambda} = \varepsilon_{\lambda,T} M_{e,\lambda cz} \quad (2.138)$$

gdzie $\varepsilon_{\lambda,T}$ — współczynnik emisyjności, będący ogólnie funkcją temperatury i długości fali.

Tablica 2.5. Wartości współczynników emisyjności niektórych ciał

Materiał	$T^{\circ}\text{K}$	ε_T
Wolfram	2000	0,26
	3500	0,35
Aluminium (lustrzane)	300	0,03
Sadza		0,95

Jeżeli $\varepsilon_{\lambda,T}$ nie zależy od długości fali, mówi się wtedy o *ciele szarym*. Współczynnik ten jest zawsze mniejszy od jedności, co oznacza, że emitancja dowolnego ciała jest mniejsza od emitancji ciała czarnego. W tabl. 2.5 przytoczono kilka wartości średnich współczynników emisyjności różnych ciał. Na rys. 2.97 podano wykres umożliwiający porównanie gęstości



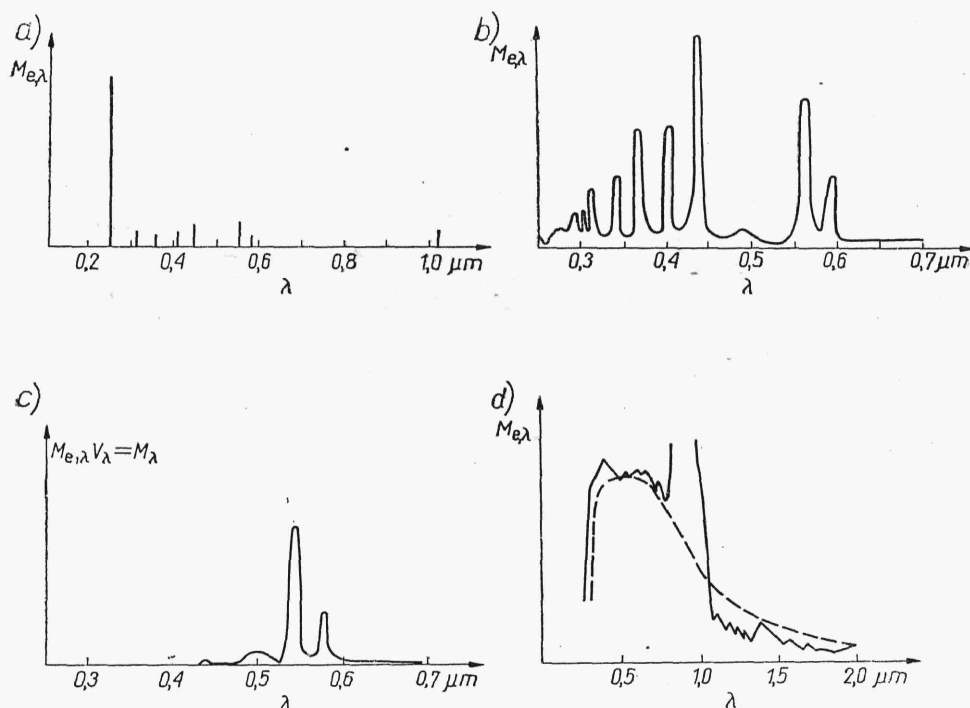
Rys. 2.97

monochromatycznych emitancji ciała czarnego i wolframu w temperaturze 3000 K. Współczynnik emisyjności wolframu wynoszący dla $\lambda = 1 \mu\text{m}$ $\varepsilon_{\lambda,T} = 0,33$, w części widzialnej dochodzi do 0,43, co jest zjawiskiem korzystnym z punktu widzenia wydajności promieniowania układów oświetleniowych.

Maksimum czułości oka przypada dla $\lambda = 0,555 \mu\text{m}$ i z prawa przesunięcia wynika, że najodpowiedniejszą temperaturą ciała czarnego dającą maksimum energii dla tej długości fali jest około 5200 K. Promieniowanie takiego ciała przyjęto umownie nazywać *światłem białym*. Temperatura włókna żarówki wykonanego z wolframu z uwagi na jego termiczną wytrzymałość jest rzędu 3000 K i dlatego maksimum wydajności promieniowania dla żarówek przypada na bliską podczerwień. Przy ustaleniu spektralnego rozkładu promieniowania żarówki należy brać również pod uwagę pochłanianie przez bańkę najczęściej szklaną, która absorbuje niemal cał-

kowicie promieniowanie nadfioletowe ($\lambda < 0,35 \mu\text{m}$) i daleką podczerwień (powyżej $4 \mu\text{m}$).

Do źródeł światła o temperaturowym wytwarzaniu promieniowania zaliczane są *lampy łukowe z elektrodami węglowymi*. Osiągane *temperatury barwowe* (jest to temperatura, przy której ciało czarne będzie miało ten sam względny rozkład spektralny co dane ciało) krateru łuku są rzędu 6000 K. Luminancja energetyczna lamp łukowych jest 10 razy wyższa niż luminancja żarówek. Mimo tak dogodnych parametrów promieniowania, zwłaszcza w obszarze widzialnym, znajdują one coraz mniejsze zastosowanie z uwagi na kłopotliwą obsługę (konieczność dosuwania parujących elektrod, wydzielany w czasie pracy gaz, mała stabilność parametrów) i są wypierane przez *łukowe lampy wyładowcze*, w których łuk powstaje w obszarze zamkniętym bańką szklaną lub kwarcową wypełnioną parami metali lub gazami. Typowym przykładem pierwszej grupy są *lampy rtęciowe* używane także do oświetlenia, natomiast drugiej lampy ksenonowe. W lampach rtęciowych średnio i niskoprężnych (ciśnienie par rtęci nie przekracza 1 at) widmo jest liniowe pochodzenia atomowego. Wykres względnej gęstości monochromatycznej emitancji promienistej dla $p = 10^{-5}$ at pokazano na rys. 2.98a. Przy wyższych ciśnieniach na skutek



Rys. 2.98

oddziaływania międzyatomowego linie widmowe stają się rozmyte i pojawia się widmo ciągłe, którego intensywność rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia w lampie. Na rys. 2.98b podano gęstość monochromatyczną emitancji promienistej dla $p = 20$ at, a na rys. 2.98c jako przykład — gęstość

monochromatyczna emitancji świetlnej tej samej lampy, którą otrzymuje się przez przemnożenie wartości z wykresu 2.98b przez względną skuteczność świetlną promieniowania monochromatycznego V_λ oka.

Coraz powszechniejsze zastosowanie, zwłaszcza w projekcji kinowej, uzyskują *lampy ksenonowe*. Są to lampy wysokoprężne (ciśnienie ksenonu w czasie pracy dochodzi do kilkudziesięciu atmosfer), w związku z czym widmo jest ciągle (rys. 2.98d — linie ciągła), dobrze aproksymujące w obszarze widzialnym promieniowanie dla ciała czarnego o temperaturze 5200 K (rys. 2.98d — linia przerywana). Rozkład widma jest praktycznie niezależny od zmiany parametrów prądowo-napięciowych. Wysoka luminancja, białe światło i niezmiennosc charakterystyki widmowej mają szczególne znaczenie przy projekcji filmów barwnych.

Tablica 2.6. Wartości luminancji niektórych źródeł światła

Rodzaj źródła światła	Luminancja w Mnt
Zarówka projekcyjna	15
Zarówka jodowo-kwarcowa	30
Lampa rtęciowa wysokociśnieniowa	100–850
Lampa ksenonowa	90–700
Łuk wysokointensywny	150–950

W tabl. 2.6 przytoczone są dla porównania średnie wartości luminancji różnych źródeł światła. Szczegóły o źródłach światła można znaleźć w [7] i [8].

2.7.3. Odbiorniki promieniowania

Promieniowanie padające na powierzchnię odbiornika zostaje częściowo lub całkowicie przez niego pochłonięte i zamienione na inną postać energii (np. ciepłą, elektryczną lub chemiczną), którą w dogodny sposób można mierzyć. W zależności od rodzaju powstającej energii odbiorniki można podzielić na *chemiczne* (emulsja fotograficzna), *elektryczne* (odbiornik fotoelektryczny), *cieplne* (bolometr) itp.

Odbiornikiem jest również oko, a dokładniej siatkówka oka. Sygnał powstały w procesie chemiczno-elektrycznym pod wpływem pochłanianej przez siatkówkę energii elektromagnetycznej jest przesyłany do mózgu tworząc w ten sposób informację. Z uwagi na szczególne znaczenie oka w odbiorze promieniowania elektromagnetycznego, jego własnościom został poświęcony rozdział 4.

W każdym z odbiorników może występować wielokrotna przemiana energii. Na przykład w bolometrze wykorzystana jest zmiana oporności elektrycznej ciała w funkcji temperatury powodująca zaburzenia równowagi obwodu elektrycznego i pozwalająca mierzyć pochłanianą energię za pomocą elektrycznego miernika wychyłowego. Poza tym w odbiorniku może występować jednocześnie kilka postaci energii (np. emulsja fotograficzna nagrzewa się pod wpływem promieniowania), co najczęściej komplikuje pomiar podstawowej wielkości, ponieważ uboczną postacią energii może wpływać na parametry zamiany energii promieniowania na postać energii mierzonej.