

Ćwiczenie 3

Badanie oka. Pomiary fotometryczne. Badanie przetworników optoelektronicznych (szum, rozdzielczość) - różne natężenie oświetlenia. Porównanie wyników.

Część teoretyczna

Badanie narządu wzroku.

Ocena narządu wzroku.

Wzrok stanowi jeden z najważniejszych zmysłów człowieka. Jego prawidłowe funkcjonowanie zapewnia kontakt z otaczającym światem, wpływa na komfort życia codziennego (80% informacji z otaczającego nas świata człowiek odbiera za pomocą wzroku).

Do podstawowych badań oceniających stan narządu wzroku należą:

badanie ostrości wzroku,

badanie widzenia barwnego,

badanie położenia i ustawienia gałek ocznych.

Badanie ostrości wzroku polega na odczytywaniu różnej wielkości liter z określonej odległości. Do badania ostrości wzroku służą tablice Snellena do dali i do bliży.

Są one tak skonstruowane, że na białym matowym tle znajdują się czarne, matowe znaki (optotypy) — litery, cyfry, pierścienie, obrazki, które stopniowo zmniejszają się ku dołowi. Znaki te mają określoną grubość i oddzielone są jednakowej wielkości odstępami.

Odległość w m		Ostrość wzroku	
50	E	0,1	D-50 V-0,1
25	F H	0,2	D-25 V-0,2
16,5	E N T	0,3	D-16,6 V-0,4
12,5	T N H L	0,4	D-12,5 V-0,5
10	L E F N H	0,5	D-10,0 V-0,5
8,3	Z L P O H F	0,6	D-8,3 V-0,6
7,1	H L A E Z T P T	0,7	D-6,25 V-0,8
6,2	N Z E P L P F N	0,8	D-5,0 V-1,0
5,5	F P Z H T L E Z	0,9	
5,0	P N P Z H T L E Z	1,0	

Przy każdym szeregu znaków jednakowej wielkości zaznaczona jest odległość w metrach (D), z jakiej zdrowe oko powinno widzieć cały znak. Siłę ostrości wzroku osoby badanej wyraża się stosunkiem odległości, w jakiej badany znajduje się od tablicy (d), do odległości, z jakiej ten znak widzi zdrowe oko. Jeśli więc badany z odległości 5 m odczyta najniższy rząd oznaczony D-5, to ostrość jego wzroku wyniesie $5/5$ (pełna ostrość wzroku).

Prawidłową ostrość wzroku zapisuje się: ostrość wzroku oka prawego — visus oculi dextri (v.o.d.) = 1,0, ostrość wzroku oka lewego — visus oculi sinistri (v.o.s.) = 1,0.

Badanie ostrości wzroku dla dali

1. Pacjent staje lub siada przodem w odległości 5 m od tablicy Snellena.
2. Zakrywa oko nie badane uwypukloną dłonią.
3. Czyta kolejno litery z tablicy, zaczynając od góry, od największych znaków wskazywanych przez osobę badającą (w ten sposób zbadać każde oko osobno).
4. Osoba badająca zapisuje najmniejszy rząd, który badany odczytał prawidłowo. Wynik zapisuje w postaci ułamka dla każdego oka oddzielnie — w liczniku cyfry odległości, z której badany czytał, w mianowniku cyfrę oznaczającą, z jakiej odległości litery powinny być odczytane, np. $5/5$, $5/10$.

Badanie ostrości wzroku dla bliży

1. Pacjent siedzi, w odległości 30 cm od oczu trzyma tablicę Snellena do bliży.
2. Czyta każdym okiem osobno tekst z tablicy.
3. Zapis jak w przypadku dla dali.

Zasady

Umieszczenie tablic na dobrze oświetlonej ścianie na wysokości wzroku badanego. Zadbanie o właściwe ustawienie lub posadzenie pacjenta (przodem do tablicy w odległości 5m lub 30cm). Przeprowadzenie badania każdego oka osobno. Udzielenie pacjentowi wskazówek.; jak ma się zachować podczas badania.

Daltonizm

Daltonizm to wada wzroku, polegająca na nierozpoznawaniu koloru zielonego lub myleniu go z barwą czerwoną. Objawia się przede wszystkim brakiem rozróżniania koloru czerwonego, pomarańczowego, żółtego i zielonego. Daltonizm w większości przypadków jest chorobą dziedziczną. Częściej dotyczy mężczyzn niż kobiet.

Objawy i diagnoza.

Objawami daltonizmu są trudności w rozpoznawaniu kilku kolorów. Głównie chodzi o kolor zielony, żółty, pomarańczowy i czerwony. W przypadku złego „widzenia” tych kolorów możemy powiedzieć, że osoba ta cierpi na zaburzenia widzenia barw – czyli na daltonizm. Daltonizm nie polega na niewłaściwym rozróżnianiu wszystkich kolorów. Schorzenie to dotyczy (jak już zostało wspomniane) tylko widzenia barwy czerwonej i zielonej.



Daltonizm jest uwarunkowaną genetycznie wadą wrodzoną. Gen odpowiedzialny za wystąpienie daltonizmu zlokalizowany jest w chromosomie X. Prawdopodobieństwo wystąpienia daltonizmu wśród populacji ludzkiej, większe jest wśród osobników płci męskiej. Wynika to z faktu, iż mężczyźni w swoim kodzie genetycznym mają tylko jeden chromosom X. Kobiety natomiast, posiadają aż dwa chromosomy X. Daltonizm wrodzony dotyka około 8% populacji mężczyzn, w przypadku kobiet jest to tylko 0,5%. Daltonizm może być wynikiem przejścia choroby dróg wzrokowych lub siatkówki.

Aby potwierdzić daltonizm należy wykonać odpowiednie badania wzroku. Badania te wykonywane są z wykorzystaniem barwnych tablic pseudoizochromatycznych. W niektórych przypadkach potrzebne jest wykonanie dokładniejszych badań, badań z wykorzystaniem przyrządu zwanego „anomaloskopem”. Zadaniem osoby badanej jest porównywanie dwóch barw.

Elementy fotometrii

W ogólności pomiarem ilościowym fal elektromagnetycznych zajmuje się radiometria, natomiast fotometria jest działem dotyczącym pomiarów dla światła widzialnego.

Jedną z podstawowych jednostek układu SI jest kandela (cd). Jest to jednostka światłości źródła światła. Inaczej jest też nazywana natężeniem źródła światła.

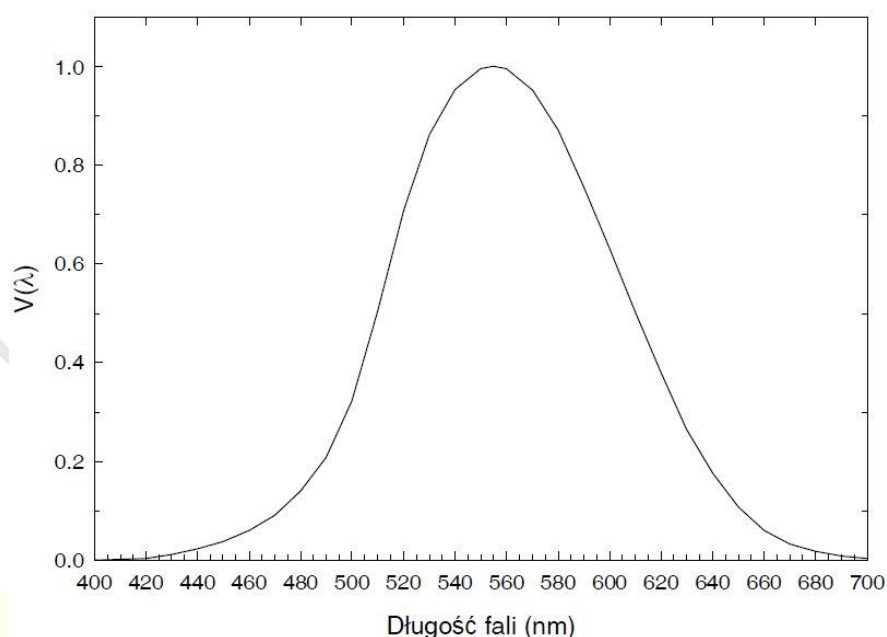
W oparciu w powyższą wielkość można zdefiniować strumień świetlny. Strumień świetlny, podawany w lumenach (lm), to moc promieniowania oceniana na podstawie wywoływanego przez nią wrażenia wzrokowego. W związku z tym musi być uwzględniona krzywa czułości ludzkiego oka.

Strumień świetlny o wartości 4π lumena odpowiada sytuacji, kiedy punktowe źródło światła o natężeniu 1 kandel promieniuje izotropowo we wszystkich kierunkach (kąt bryłowy 4π). Czyli w jednostkowy kąt bryłowy powyższe źródło światła wysyła 1 lumen. Warto pamiętać, że $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot 1 \text{ sr}$, gdzie sr oznacza steradian (miara kąta bryłowego - jest to kąt bryłowy o wierzchołku w środku kuli, wycinający z powierzchni tej kuli pole równe kwadratowi jej promienia).

Jak już wspomniano strumień świetlny powinien być zdefiniowany dla określonej długości fali. Pamiętamy, że oko ma czułość zależną od długości fali światła. Maksimum czułości ludzkiego oka dla widzenia dziennego (przy silnym oświetleniu – widzenie fotopowe) wypada dla długości fali $\lambda = 555 \text{ nm}$.

Tak więc można podać, że dla długości fali $\lambda = 555 \text{ nm}$, 1 lumen jest równoważny 0,00146 W. Lub inaczej. Źródło emitujące moc 1 W dla długości fali $\lambda = 555 \text{ nm}$ wysyła 680 lumenów. Dla innych długości fali światła należy uwzględnić współczynnik skuteczności świetlnej $V(\lambda)$. Należy zwrócić uwagę że maksimum krzywa (Rys. 10) osiąga dla fali $\lambda = 555 \text{ nm}$ i wtedy $V(555 \text{ nm}) = 1$.





Rys. 10.

Dla przykładu z wykresu można odczytać, że wartość $V(600\text{nm})=0,631$. Oznacza to, że czerwone ($\lambda=600\text{ nm}$), monochromatyczne źródło światła o mocy 1 W wysyła 429 lumenów.

Należy pamiętać, że ten sam strumień świetlny może być skierowany na większą lub mniejszą powierzchnię (np. wiązka światła może być skupiona na względnie małej powierzchni). W ten sposób na określonym obszarze uzyskujemy mniejsze lub większe natężenie oświetlenia. W układzie SI (jednostka pochodna układu SI) jednostką natężenia oświetlenia jest Luks (lx).

1 Luks (lx) określany jest jako natężenie oświetlenia wywołane przez równomiernie rozłożony strumień świetlny o wartości równej 1 lumen (lm) padający na powierzchnię 1m^2 , a więc: $1\text{ lx} = 1\text{ lm} / \text{m}^2$

W fotografii do pomiaru ekspozycji stosuje się światłomierze. W chwili obecnej są one wbudowane w aparaty fotograficzne jednak do zastosowań profesjonalnych stosuje się urządzenia oddzielne. Do pomiaru stosuje się czujniki selenowe, CdS lub krzemowe fotodiody, fotooporniki lub fototranzystory. Światłomierze potrafią zazwyczaj zmierzyć natężenie światła padającego lub odbitego. Światłomierze stosowane w fotografii dokonują pomiaru w wygodnych do naświetlań błon fotograficznych jednostkach EV zwanych Exposure Value. Skala EV jest skalą logarytmiczną o podstawie 2. Z powyższego wynika, że obiekt odbijający światło o natężeniu 1EV odbija dwa razy więcej światła od obiektu odbijającego światło o natężeniu 0EV. Zastosowanie skali logarytmicznej jest tu uzasadnione ze względu na rozpiętość spotykanych w przyrodzie natężeń oświetlenia (oświetlenie nocne światłem gwiazd 0,001 lx - bezpośrednie oświetlenie słoneczne 200 000 lx)

Głowica pomiarowa światłomierza ma określoną powierzchnię, z reguły 1-5 cm². Tak więc możliwe jest powiązanie wartości EV podawanym przez światłomierz z wartościami natężenia oświetlenia podanymi w lx (Tabela 1.).

EV	lx		EV	lx
- 1	1.25		9	1280
-0.5	1.75		9.5	1800
0	2.5		10	2600
0.5	3.5		10.5	3600
1	5		11	5120
1.5	7		11.5	7200
2	10		12	10240
2.5	14		12.5	14400
3	20		13	20480
3.5	28		13.5	28900
4	40		14	40960
4.5	56		14.5	57800
5	80		15	81900
5.5	112		15.5	116000
6	160		16	164000
6.5	225		16.5	232000
7	320		17	328000
7.5	450		17.5	464000
8	640		18	656000
8.5	900		18.5	-----

Tabela 1.

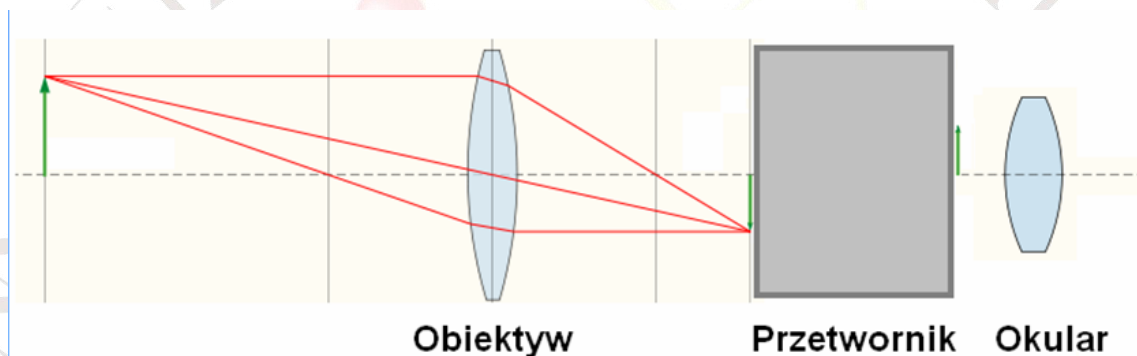
Przebieg ćwiczenia

Przebieg ćwiczenia:

1. Z wykorzystaniem barwnych tablic pseudoizochromatycznych przeprowadź badanie wzroku ukierunkowane na daltonizm.
2. Badanie ostrości wzroku dla dali za pomocą tablic Snellena.
3. Badanie ostrości wzroku dla bliży za pomocą tablic Snellena.
4. Zapoznanie się z miernikiem mocy świetlnej oraz ze światłomierzem fotograficznym



5. Pomiar mocy wiązki lasera oraz natężenia oświetlenia:
 - różnych niekoherentnych źródeł światła
 - w wiązce laserów o różnej mocy i różnych długościach emitowanej fali świetlnej
 - diody LED wraz z fitrami szarymi.
6. Badanie ostrości wzroku dla dali za pomocą tablic Snellena przy niskim poziomie natężenia oświetlenia. Użycie przetwornika optoelektronicznego.
7. Badanie ostrości wzroku dla blizy za pomocą tablic Snellena przy niskim poziomie natężenia oświetlenia. Użycie przetwornika optoelektronicznego.
8. Pomiar rozdzielczości przetwornika optoelektronicznego przy różnych poziomach natężenia oświetlenia (Rys. 11).



Rys. 11

Literatura i źródła internetowe

1. Valberg A., Light vision colour, John Wiley & Sons, 2005
2. Zajac M., Optyka okularowa, Wrocław, 2007
3. Tube performance that matters (version 3.0), Delft Electronic Products B.V., November 1999
4. Bruce Laprade, Ron Starcher, The 2 micron pore microchannel plate. Development of the world's fastest detector BURLE Electro-Optics, Inc., 2001 <http://www.burle.com>
5. <http://abczdroweoczy.pl/daltonizm>

Dodatek A

W ogólności pomiarem ilościowym fal elektromagnetycznych zajmuje się radiometria, natomiast fotometria jest działem dotyczącym pomiarów dla światła widzialnego. Promieniowanie elektromagnetyczne charakteryzują między innymi następujące wielkości fizyczne:

1) energia promieniowania (radiant energy) jest to energia przenoszona pod postacią fali elektromagnetycznej

$$Q \text{ [J]}$$

2) strumień promieniowania lub moc promieniowania (radiant flux) jest to energia promienista przenoszona w jednostce czasu

$$\Phi_e \equiv \frac{\partial Q}{\partial t} \text{ [W]}$$

3) emitancja promieniowania (radiant exitance), strumień emitowany z powierzchni

$$M_e \equiv \frac{\partial \Phi_e}{\partial A} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

4) irradiancja lub natężenie napromienienia lub oświetlenie (irradiance), strumień padający na powierzchnię

$$E_e \equiv \frac{\partial \Phi_e}{\partial A} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

5) natężenie promieniowania (radiant intensity)

$$I_e \equiv \frac{\partial \Phi_e}{\partial \Omega} \text{ [W/sr]}$$

6) luminancja energetyczna lub radiacja promieniowania (radiance)

$$L_e \equiv \frac{\partial^2 \Phi_e}{\partial \Omega \partial A \cos \theta} \text{ [W/(sr*m}^2\text{)]}$$

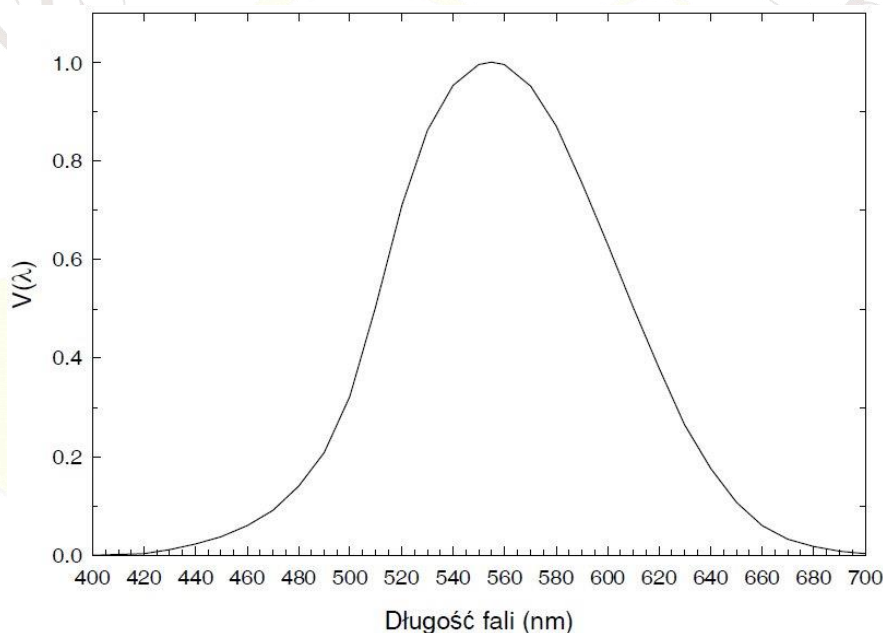
Ponieważ powyższe wielkości dotyczą całkowitego promieniowania, które może składać się z fal o różnej długości, wprowadzają się pojęcia spektralnej gęstości strumienia, emitancji, natężenia i luminancji, np. spektralna gęstość strumienia energii promieniowania

$$\Phi_e(\lambda) = \frac{d\Phi_e}{d\lambda} \text{ [W/nm]}$$

Powyższe wielkości jeśli są wykorzystywane dla fal elektromagnetycznych z zakresu światła widzialnego dotyczą fotometrii obiektywnej.

Jeśli zaś zostaną wzięte pod uwagę własności spektralne oka będziemy mieli do czynienia z fotometrią subiektywną.

Analogiczne wielkości fotometryczne do wielkości fotometrii obiektywnej można zdefiniować dla fotometrii subiektywnej jednak w tym przypadku należy wziąć pod uwagę tylko fale z zakresu światła widzialnego z ze standardową wagą $V(\lambda)$ zwaną Międzynarodową Krzywą Czułości Oka. Wyznaczono ją w oparciu o przeciętne oddziaływanie światła na oko w warunkach widzenia fotopowego (przy silnym oświetleniu) i przedstawia ją poniższy wykres:



Należy zwrócić uwagę że maksimum krzywa osiąga dla fali $\lambda=555\text{nm}$ i wtedy $V(555\text{nm})=1$.

Przechodząc od wielkości energetycznych do wielkości wizualnych musimy brać pod uwagę skuteczność (dzielność) świetlną promieniowania o danej długości fali. Skuteczność świetlna jest mierzona stosunkiem strumienia świetlnego promieniowania o danej długości fali, do strumienia energii tego promieniowania. Jest ona różna dla różnych długości fali światła, a jej przebieg w funkcji długości fali obrazuje właśnie międzynarodowa krzywa czułości oka

W ten sposób otrzymujemy: strumień świetlny (light flux) [mierzony w lumenach] jest to moc promieniowania o oceniana na podstawie wywołanego przez nią wrażenia wzrokowego w oku ludzkim.

$$\Phi(\lambda)d\lambda = 683\Phi_e(\lambda)V(\lambda)d\lambda [\text{lm}]$$

Lumen jest to strumień wysyłany w granicach jednostkowego kąta bryłowego przez źródło punktowe promieniujące izotropowo we wszystkich kierunkach z natężeniem jednej kandeli. Mówiąc inaczej, źródło punktowe promieniujące jednakowo we wszystkich kierunkach z natężeniem jednej kandeli wysyła strumień 4π lumenów.

Jeśli $\lambda = 555\text{nm}$

$1\text{ W} = 683\text{ lm}$

$1\text{ lm} \cong 0,00146\text{ W}$

3) emitancja (luminous excitance)

$$M = \frac{d\Phi}{dA}$$

4) natężenie oświetlenia [mierzone w luksach]

$$E = \frac{d\Phi}{dA} [\text{lx}]$$

5) światłość (luminous intensity) [mierzona w kandelach]

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} [\text{cd}]$$

6) luminancja (luminance or brightness) [mierzona w nitach]

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dA \cos \theta} [\text{nt}]$$

Wartość stałej 683[lm/W] wynika z nowej definicji kandeli w układzie jednostek SI:

Kandela jest to światłość, jaką ma w określonym kierunku źródło emitujące promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości 540 1014 Hz ($\lambda = 555\text{ nm}$ w próżni) i którego energetyczne natężenie promieniowania w tym kierunku wynosi 1/683 W/sr.



Dodatek B – parametry przetwornika PHOTONIS DEP XD-4

ŚWIADECTWO SPRAWDZENIA

Data wydania: 30 lipca 2010

Nr świadectwa: KLO 11/2010

Strona 1/1

WYNIKI SPRAWDZENIA WZMACNIACZA XX2040JW nr 5841612 firmy PHOTONIS

Parametr	Wymaganie	Wartości rzeczywiste
Czułość fotokatody dla 2850 K	$> 500 \mu\text{A/lm}$	$805 \mu\text{A/lm}^*$
Stosunek sygnał – szum (S/N)	> 18	$24,7^*$
Wzmocnienie dla $20 \mu\text{lx}$	$> 5000 \text{ cd/m}^2/\text{lx}$	$6810 \text{ cd/m}^2/\text{lx}^*$
Zdolność rozdzielcza	$> 55 \text{ lp/mm}$	72 lp/mm
MTF dla $2,5 \text{ lp/mm}$	$> 86 \%$	**
MTF dla 25 lp/mm	$> 25 \%$	**
Średnica czynna	$> 17,5 \text{ mm}$	Ok.
Odwroćcie obrazu	$(180 \pm 2)^\circ$	$179^\circ 55'$
Halo dla plamki $0,2 \text{ mm}$	$< 0,8 \text{ mm}$	**

* Wartości zmierzone przez producenta (firmę PHOTONIS)

** Parametry podane przez producenta w karcie katalogowej

