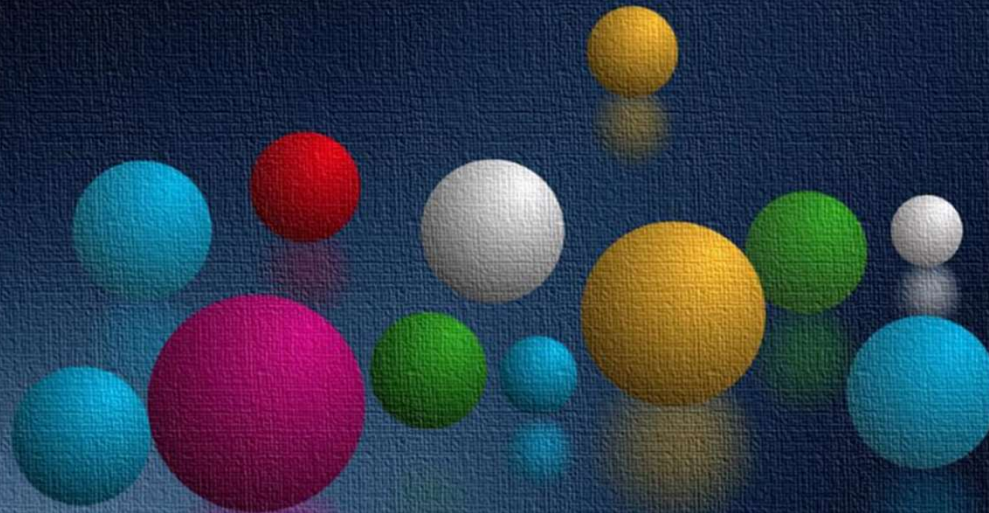


JAKOŚĆ ŚWIATŁA

Piotr Szymczyk

Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej, AGH



Kraków, 2017

fppt.com

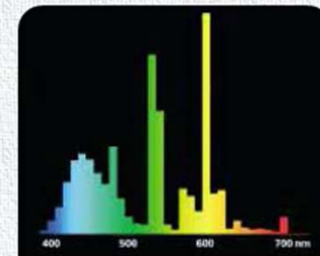
Źródła światła - podział

- Źarowe źródła światła
 - Żarówki tradycyjne
 - Żarówki halogenowe
- Wyładowcze źródła światła
 - Świetlówki
 - Lampy rtęciowe
 - Lampy sodowe
- Diody elektroluminescencyjne (LED)
 - w 1993 roku Japończyk Shuji Nakamura wymyślił niebieski LED, w 2014 roku otrzymał wspólnie z Isamu Akasakim i Hiroshi Amano Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki



Kryteria oceny źródeł światła

- Oświetleniowe
 - Strumień świetlny
 - Skuteczność świetlna
 - Wskaźnik oddawania barw
 - Temperatura barwowa
 - Luminancja źródła
- Elektryczne i eksploatacyjne
 - Moc
 - Trwałość
 - Spadek strumienia świetlnego
- Ekonomiczne



Spectral power distribution: Light colour 880°
Spectral power distribution: Light colour 880°

Strumień świetlny

- Określa ilość wytwarzanego światła (energii świetlnej) przez źródło światła.
- Oznaczany jest literą F , jednostką jest lumen [lm]



Skuteczność świetlna

- Określa jaki strumień świetlny wytwarza źródło z 1W mocy.
- Oznaczana jest literą η , jednostką skuteczności świetlnej jest [lm/W]
- **Im skuteczność źródeł światła jest wyższa tym zastosowane rozwiązanie oświetleniowe jest bardziej energooszczędne!!!**

Źródło światła	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Skuteczność świetlna [lm/W]
Tradycyjna żarówka	100	1380	13,8
Halogen	50	1250	25
Światłówka liniowa	18	1350	75
Żarówka LED	12 (2)	1200	100 (600)

Wskaźnik oddawania barw

- Określa zdolność do wiernego oddawania kolorów oświetlanych przedmiotów
- Ra=0 (brak własności oddawania barw)
- **Ra=100 (pełne oddawanie barw)**
- W lepszym świetle wszystko wygląda naturalnie, zdrowo i apetycznie, mniej męczy się wzrok



Ra 50-79

Ra 80-89

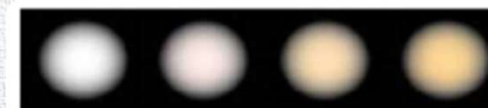


Temperatura barwowa

- Barwę światła określa się podając jej temperaturę barwową, oznacza się ją symbolem T_c , jej jednostką jest Kelwin [K].
- Im temperatura barwowa jest wyższa tym „bielsze” jest światło.

Wygląd barwy (1)	Temperatura barwowa
Ciepły	Poniżej 3300K
Pośredni	3300 - 5300K
Zimny	Powyżej 5300K

(1) Według normy PN-EN 12464



Temperatura barwowa	Temperatura barwowa	Temperatura barwowa	Temperatura barwowa
6500K	4500K	3200K	2800K
6200K	4200K	3000K	2600K
5900K	3900K	2800K	2400K

Temperatura barwowa

- Barwa światła naturalnego w ciągu dnia:
 - rano w letni dzień $T_c=3000$ [K]
 - w południe w letni dzień $T_c= 4000 - 5000$ [K]
 - w zimowy pochmurny dzień w południe $T_c=6500$ [K]
- Temperatury barwowe źródeł światła:
 - Żarówki tradycyjne $T_c=2700$ [K]
 - Żarówki halogenowe $T_c= 2900 - 3100$ [K]
 - Świetlówki $T_c= 2700 - 8000$ [K]
 - Żarówka LED $T_c= 2700 - 6500$ [K]

Temperatura barwowa

- Barwy światła ciepłe $T_c = 2500 - 2700 \text{ K}$
 - **Tworzy relaksujący nastrój**: sypialnia, miejsca odpoczynku
 - Żarówki i świetlówki o barwie oznaczonej 825 i 827
- Barwy światła ciepło-białe $T_c = 3000 - 3500 \text{ [K]}$
 - **„Złoty środek” - białe, ale przytulne**: kuchnia, łazienka
 - Żarówki halogenowe, świetlówki o barwie oznaczonej 830
- Barwy światła chłodno-białe $T_c = 4000 - 5000 \text{ [K]}$
 - **Zwiększa aktywność**: miejsca pracy i nauki, pokój zabaw
 - Świetlówki kompaktowe i liniowe o barwie oznaczonej 840 i 850
- Barwa światła zbliżona do światła dziennego $T_c \geq 6500 \text{ [K]}$
 - **Zastępuje światło dzienne**: miejsca pracy, w których brak lub jest ograniczony dostęp światła dziennego
 - Świetlówki o barwie oznaczonej 865 lub wyższej

Jakość światła określa się zazwyczaj za pomocą

- Natężenia Oświetlenia [lm]
- Skuteczności Świetlnej [lm/W]
- Temperatury Barwowej T_c [K]
- Wskaźnika oddawania barw R_a [-]

Etykiety - interpretacja

LED STAR CLASSIC A 40
Daylight
7 W · 15000 h*
470 lm

OSRAM

LED STAR CLASSIC A 40	
W	7 W
lm	470 lm
T _{kelvin}	6500 K = daylight
R _a	80
τ _{90%}	15000 h = 15 years* (= 2.7 h/day)
τ _{50%}	100000
Hg	0.0 mg
V - Hz	220-240 V · 50/60 Hz
Base	E27

3 Year OSRAM Guarantee™
www.osram.com/guarantee

15 x Standard = 1 x 15000 h = 15 years* (= 2.7 h/day)

ENERGY LABEL
енергия · ενεργεια

A ⁺⁺
A ⁺
A
B
C
D
E

7 kWh/1000h

LED STAR
© Vyrobace © Vyrobača Made in China
OSRAM GmbH * (EC) 1194/2012
Steinera Furt 62
85167 Augsburg, Germany
www.osram.com 010470848

CE, RoHS, REACH, Energy Star, etc.

4 008321 980717

OSRAM

OSRAM DULUXSTAR® CLASSIC A	
W	11 W
lm	550 lm
T _{kelvin}	2700 K = warm white
R _a	≥ 80
τ _{90%}	< 100 s = 60% light
τ _{50%}	6000 h = 6 years* (= 2.7 h/day)
τ _{total}	30000
Hg	1.7 mg
V - Hz	220-240 V · 50/60 Hz
Base	E27

www.osram.com/energysavers

www.osram.com/brokenlamp

61 mm
122 mm

Made in China * IEC 60969

© Vyrobace © Vyrobača
OSRAM GmbH
Steinera Furt 62
85167 Augsburg, Germany
www.osram.com

11 kWh/1000h

4 008321 942593

1 rok = 24 godz. x 365 dni = 8760 godzin

Oznaczenie barwy światła i wskaźnika oddawania barw

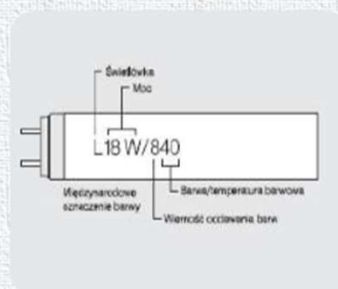
Przykład: L 18W/840

Tc=4000K

Ra>80

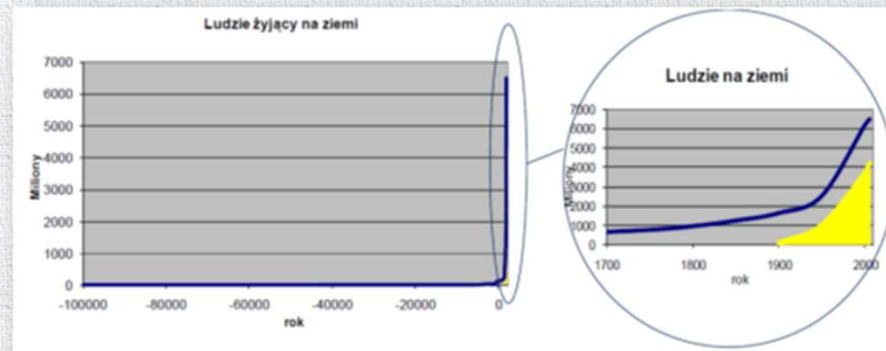
Moc 18W

Światłówka

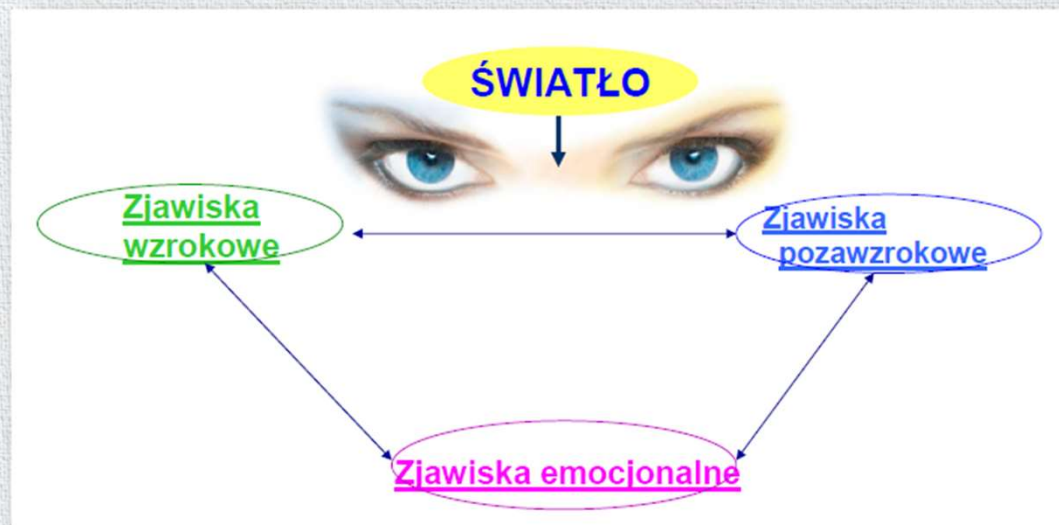


Światło w ewolucji ludzkości

- Ludzie są na ziemi od 200 000 lat...
- ...przez 99,9995 % tego czasu światło było wytwarzane tylko przez słońce i ogień.
- Zaledwie od 100 lat znamy światło elektryczne

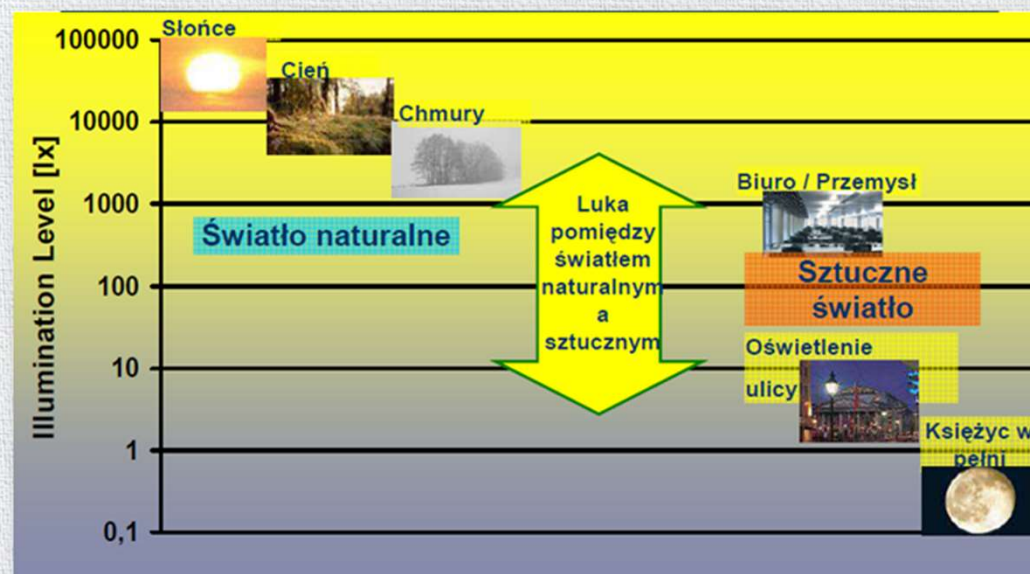


Zjawiska wzrokowe i pozawzrokowe wywołane przez światło

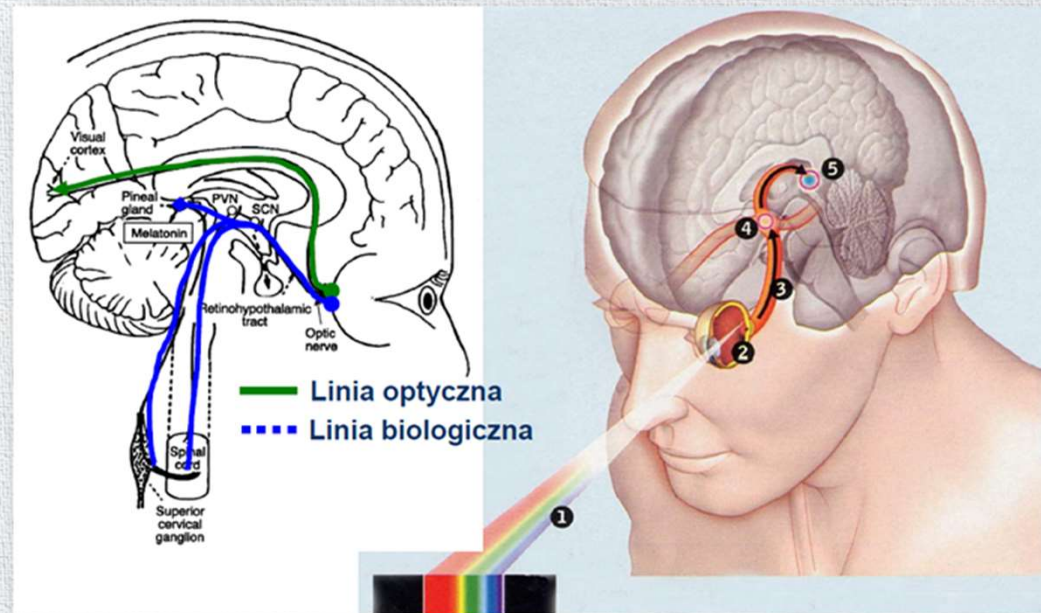


Dobre oświetlenie wymaga właściwej równowagi
tych trzech zjawisk

Typowe poziomy natężenia oświetlenia



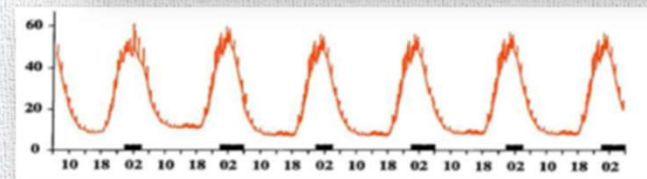
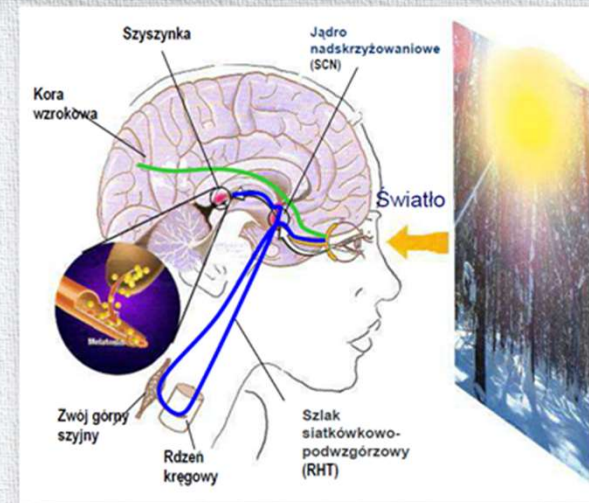
Linia optyczna i biologiczna



Melatonina

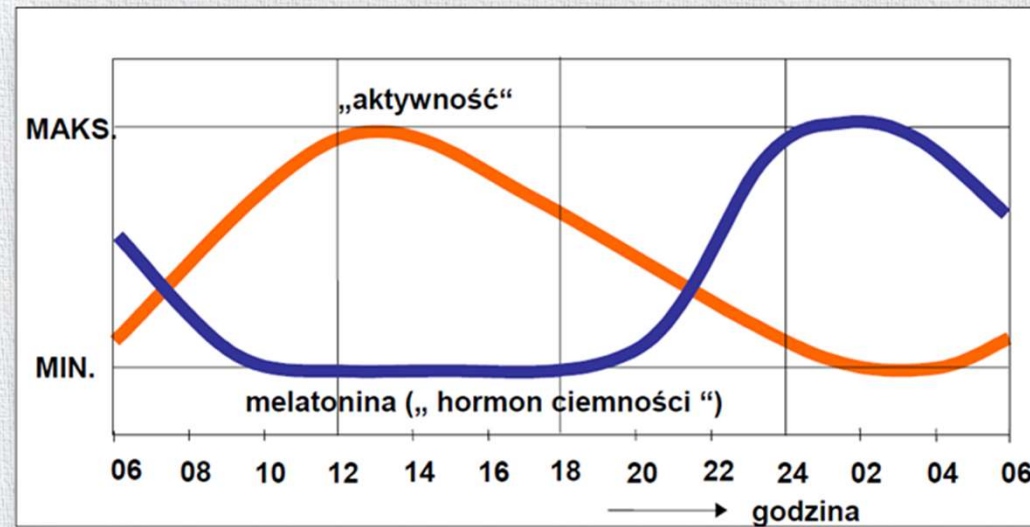
Sygnal ciemności

- Gdy jest ciemno szyszynka wydziela melatoninę
- W nocy światło zatrzymuje wydzielanie melatoniny
- Światło steruje rytmem okołodobowym
- W ciągu dnia światło stabilizuje rytm okołodobowy



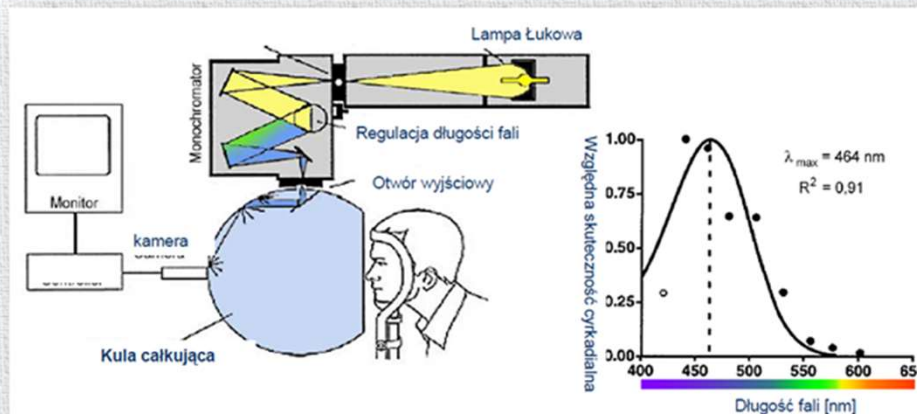
Poziom melatoniny przez 6 dni

Rytm okołodobowy



Czułość widmowa dla melatoniny

- 72 ludzi zostało poddanych działaniu monochromatycznego światła przez 1,5 godziny
- Stężenie melatoniny we krwi zmierzono przed i po działaniu tego światła.
- Zmianę stężenia melatoniny obliczono w stosunku do stężenia bez działania światła.
- Znaleziono nowy typ fotoreceptora



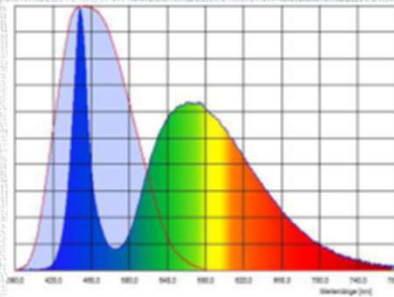
Brainard i inni / The Journal of Neuroscience, 2001

fppt.com

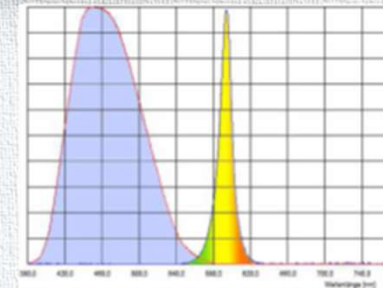
Cykl okołodobowy

Cykl okołodobowy nazywany cyklem cyrkadialnym (od łacińskiego circa – około, dies – dzień) jest najstarszym z rytmów wrodzonych i wytworzył wiele stałych mechanizmów fizjologicznych (np. senność ogarniająca nas wieczorem). Na rytm okołodobowy wpływa przede wszystkim światło, które pełni rolę synchronizatora cyklu dzień-noc i faz aktywności i spoczynku (czuwanie-sen). Pobudzenie receptorów **ipRGCs** wpływa na tłumienie wytwarzania melatoniny. Poziom hormonu melatoniny zmienia się w ciągu dnia i zmiany te są powiązane z cyklem okołodobowym. Przy mniejszej ilości światła, z jaką mamy do czynienia np. w okresie zimowym, może nastąpić zaburzenie cyklu okołodobowego (wzrost poziomu melatoniny), jak również może wystąpić stan obniżenia nastroju nazywany depresją sezonową.

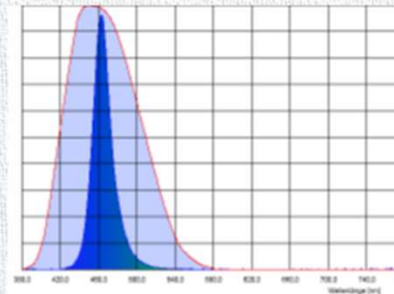
Cyrkadialna ocena LED



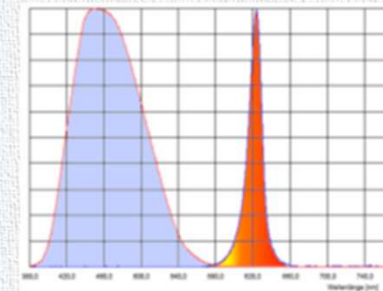
LED biały ($a_{cv}=0,56$, $T_C=4500K$)
Wpływ biologiczny jak dla świetlówki



LED żółty ($a_{cv}=0,05$, $T_C=3100K$)
Bardzo słaby wpływ biologiczny

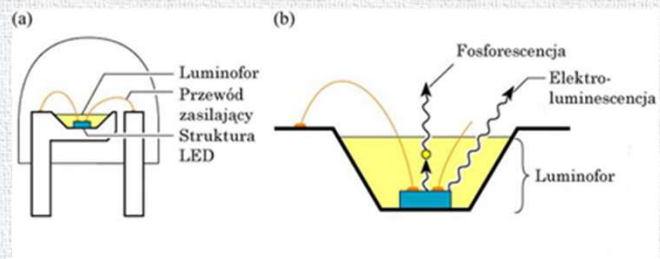
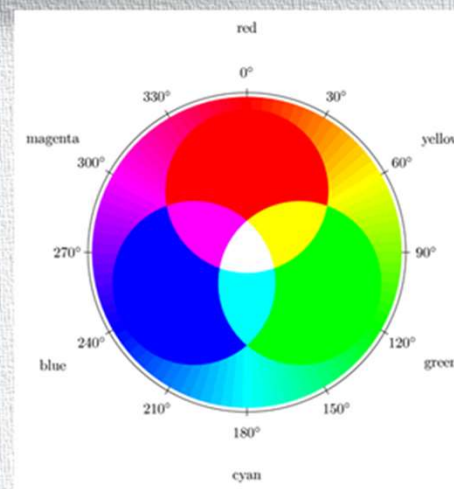


LED niebieski ($a_{cv}=9,8$, $T_C=19000K$)
Silny wpływ biologiczny



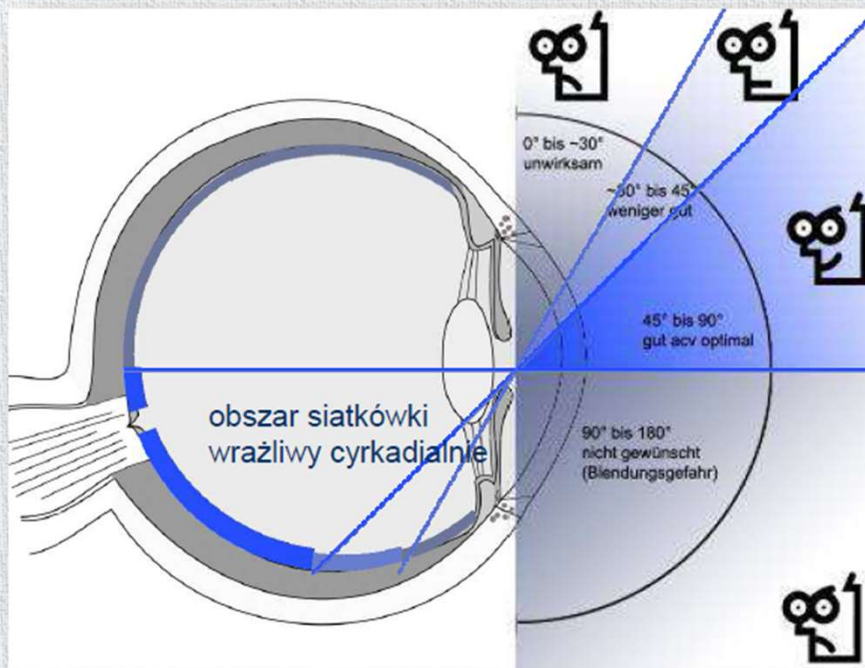
LED czerwony ($a_{cv}=0,001$, $T_C=2500K$)
Brak wpływu biologicznego

RGB / YB

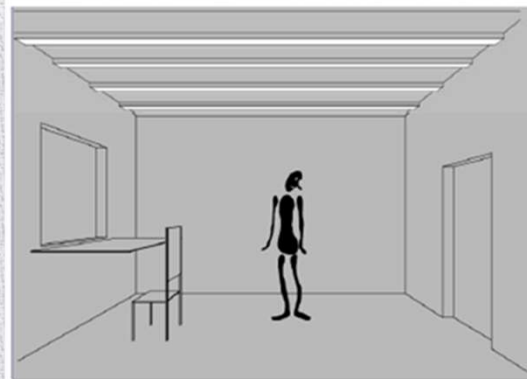


Biała dioda LED

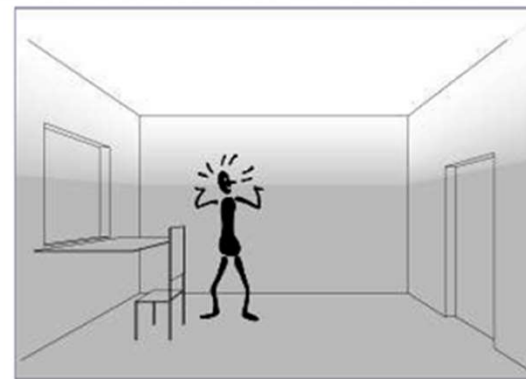
Skuteczne oświetlenie dla okołodobowych fotoreceptorów



Czynniki decydujące o biologicznie skutecznej luminacji w pomieszczeniu

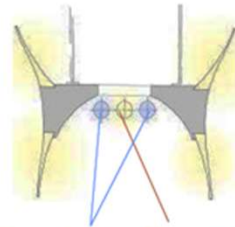


Rozkład luminacji w pomieszczeniu nieodpowiedni dla biologicznej wydajności



Rozkład luminacji w pomieszczeniu odpowiedni dla biologicznej wydajności

Symulacja światła dziennego za pomocą dwóch barw światła

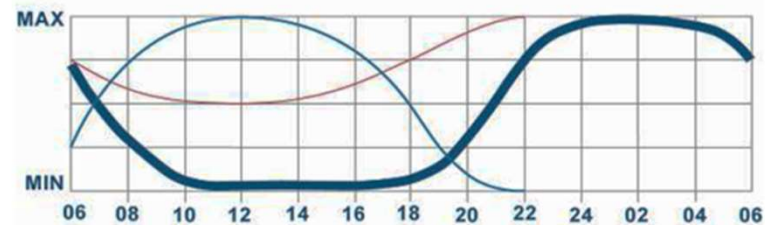


Barwa światła 880 Barwa światła 830

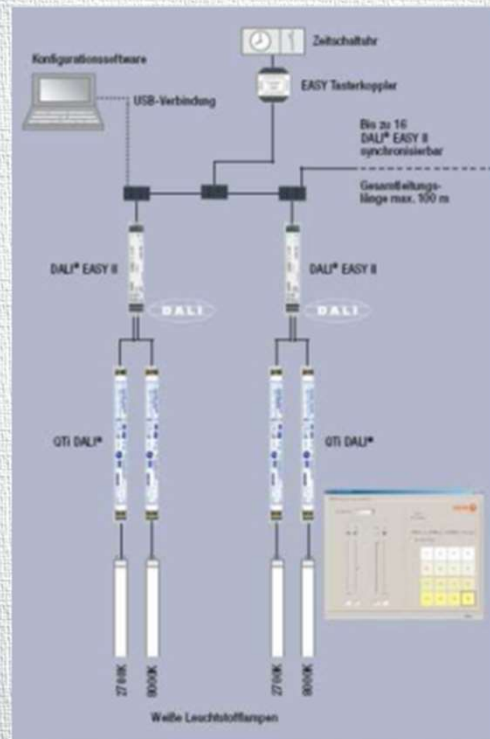
— Barwa światła 880
— Barwa światła 830
— Melatonina

Duża zawartość światła o barwie niebieskiej podtrzymuje aktywność w ciągu dnia.

Obniżona zawartość światła barwy niebieskiej w porze wieczornej zapobiega zakłóceniom rytmu biologicznego



Dynamiczna symulacja światła dziennego



Android 7.0 – filtr światła niebieskiego



Pytania i dyskusja



Piotr.Szymczyk@agh.edu.pl

<http://home.agh.edu.pl/piotrs>