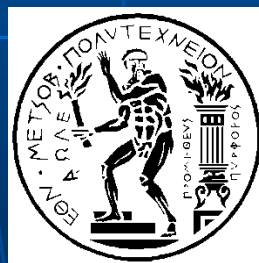


Ημερίδα
2015: Έτος φωτός. Οι ακτινοφυσικοί “παίζουν”
σε όλο το φάσμα
Σάββατο 6 Ιουνίου 2015, Αμφιθέατρο Αρεταίειου Νοσοκομείου

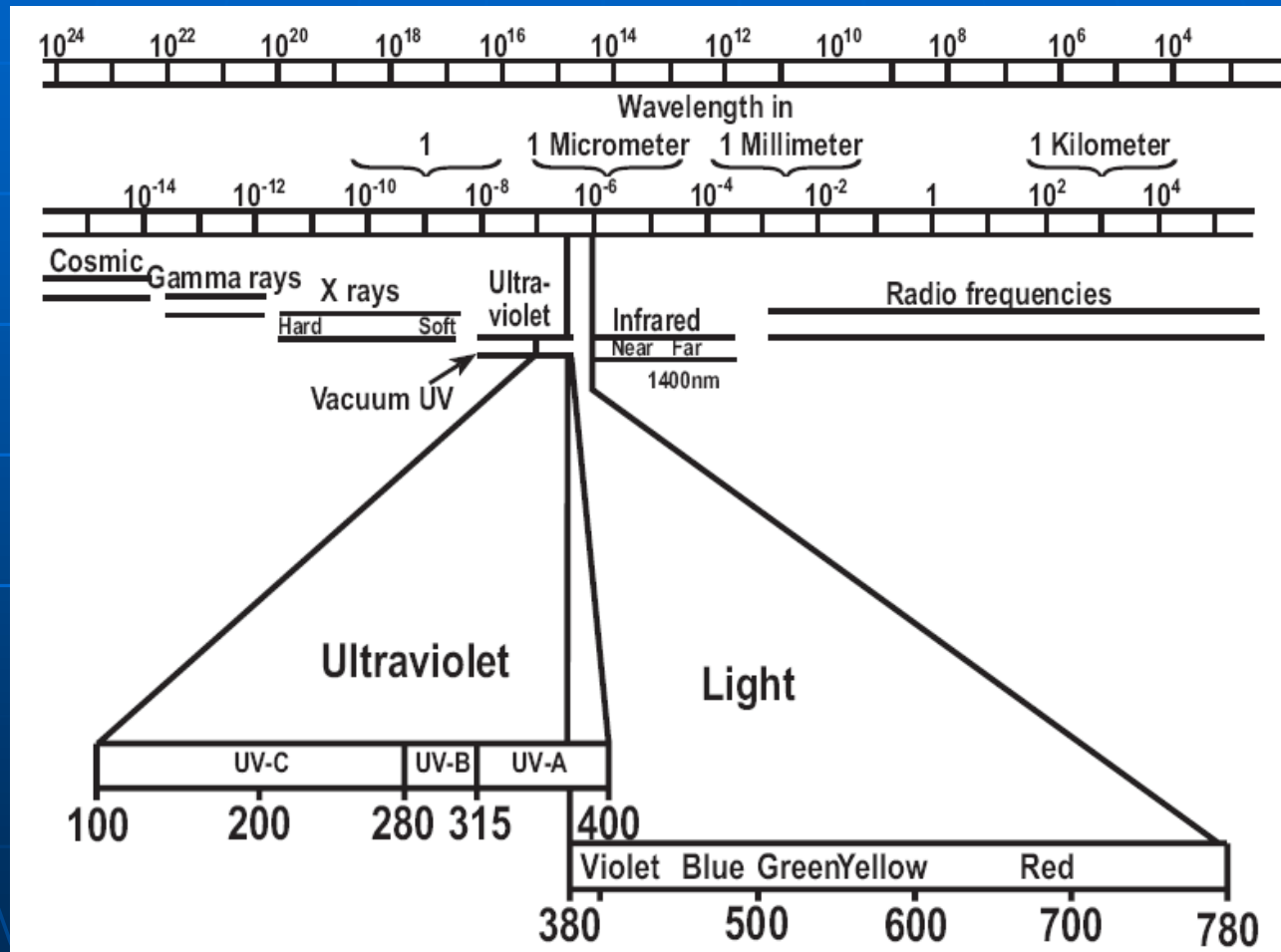
***Το φως στην ασφάλεια, υγιεινή και στην
ποιότητα των συνθηκών εργασίας***

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

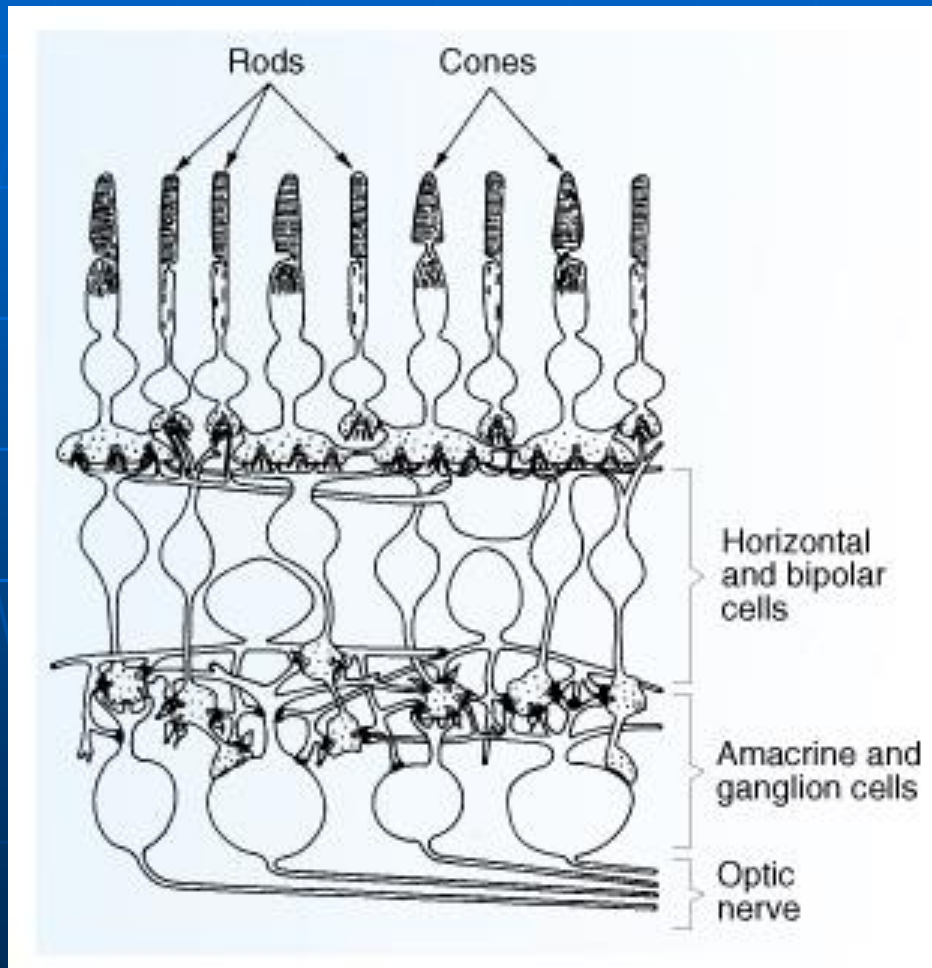


Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχ. & Μηχ. Υπολογιστών
Εργαστήριο Φωτοτεχνίας

Το φως σαν μια ακτινοβολία

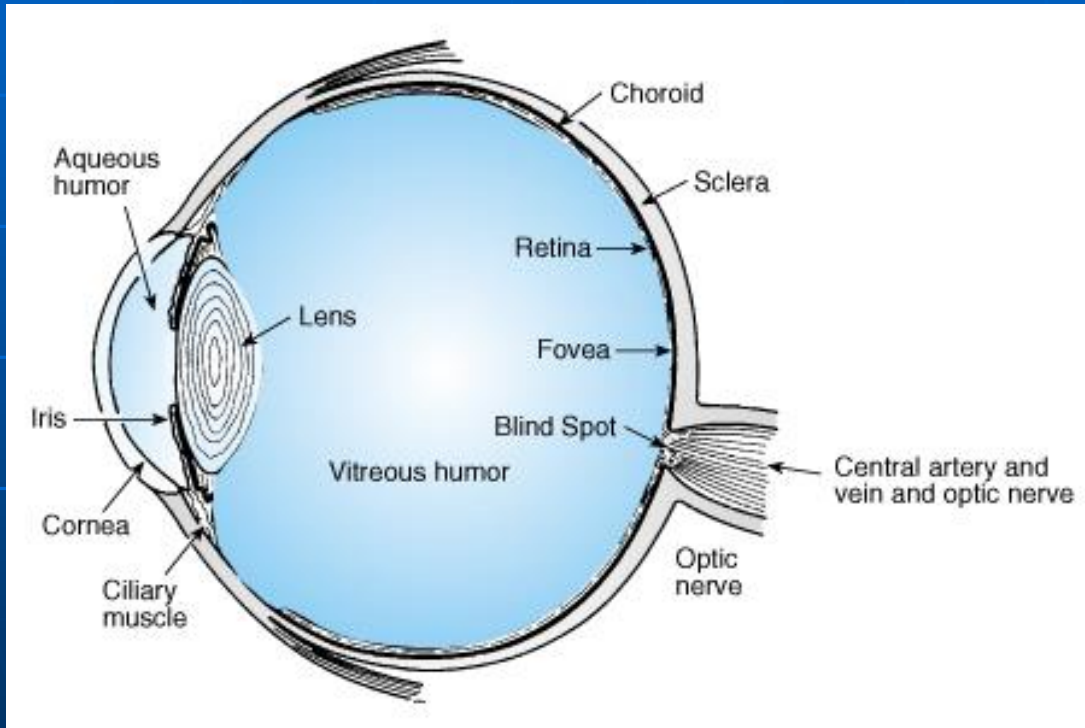


Ας ξεκινήσουμε από τα βασικά: Τα αισθητήρια της όρασής μας



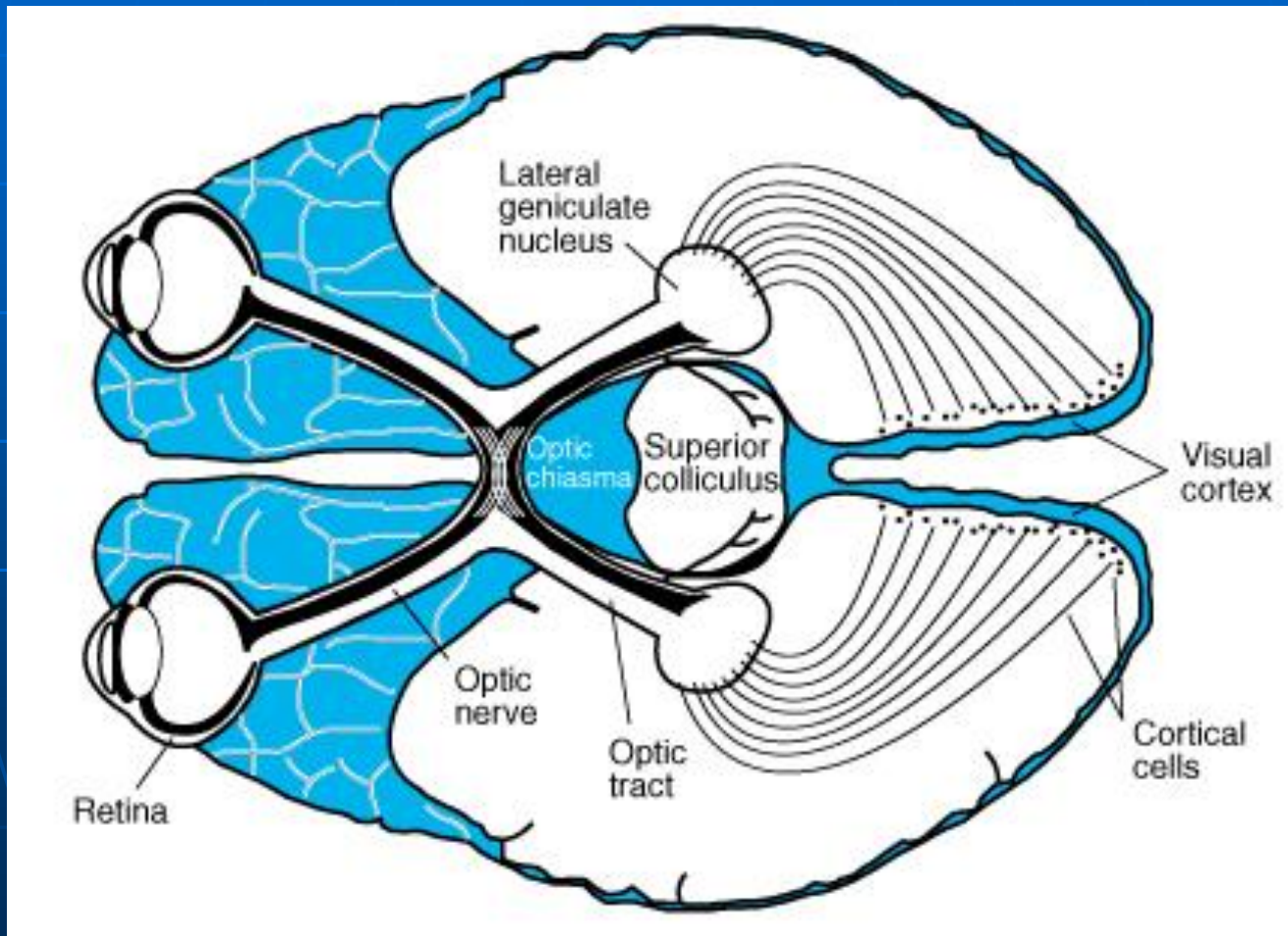
- **Κώνοι: 6-7**
εκατομμύρια σε κάθε
μάτι
Όραση στο φως
(φωτοπική)
- **Ράβδοι: 120**
εκατομμύρια σε κάθε
μάτι
Όραση στο σκοτάδι
(σκοτοπική)

Θέση των κώνων και ράβδων

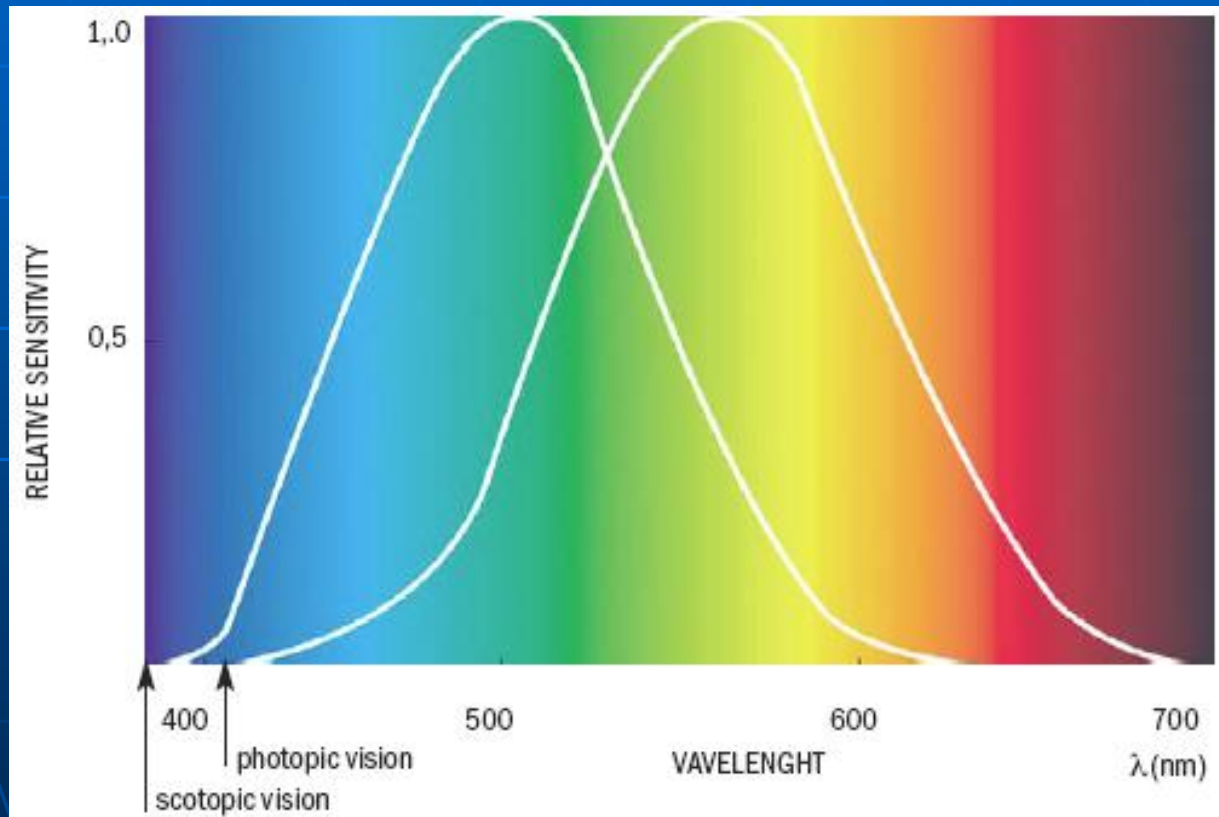


- Κώνοι: Κυρίως στην κεντρική περιοχή του αμφιβληστροειδούς (ωχρά κηλίδα)
- Ράβδοι: Προς την περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς

Το κέντρο της όρασης στον εγκέφαλο

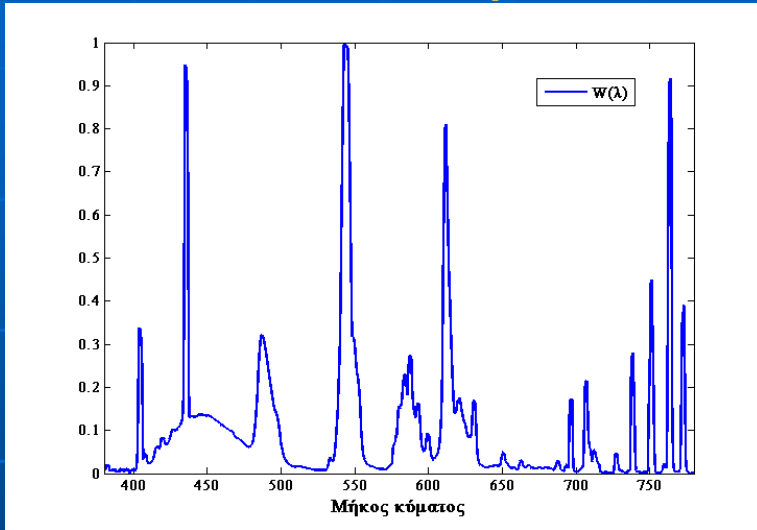


Φωτοπική όραση (κώννοι) και σκοτοπική όραση (ράβδοι)

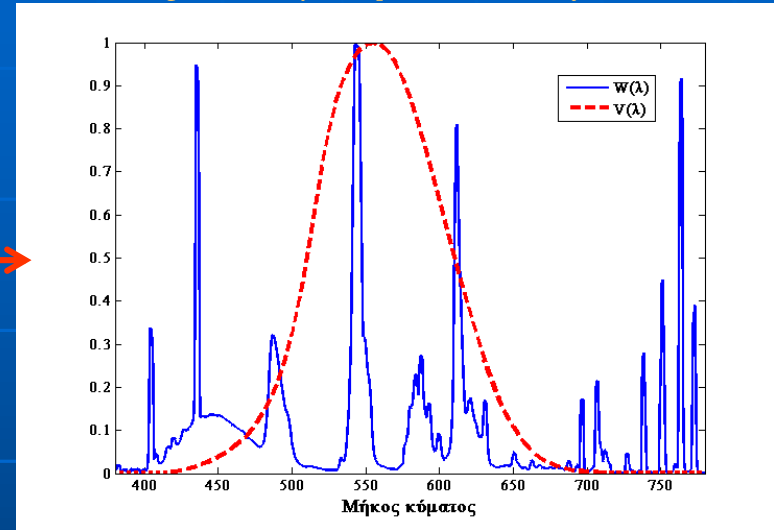


Πως γίνεται αντιληπτή μια ακτινοβολία σαν φως

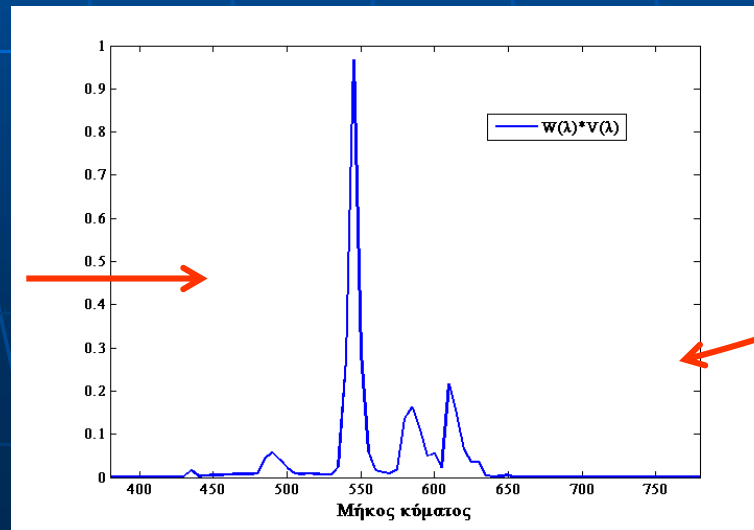
Μια ακτινοβολία



Πως διεγείρει το μάτι



Αυτό είναι το
φως της
ακτινοβολίας



Από αυτό το φως έχουμε απαιτήσεις για τους χώρους εργασίας

- Η στάθμη του φωτισμού (σε lux)
- Η ομοιομορφία του φωτισμού
- Η θάμβωση από τα φωτιστικά (UGR)
- Η απόδοση των χρωμάτων (CRI ή Ra)

Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN12464-1

ΕΛΟΤ EN 12464.01

Φως και φωτισμός - Φωτισμός χώρων εργασίας - Μέρος 1: Εσωτερικοί χώροι εργασίας

Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places

Μια σελίδα από τις απαιτήσεις του προτύπου

Table 5.37 — Health care premises – Rooms for general use

Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Specific requirements
						Too high luminances in the patients' visual field shall be prevented.
5.37.1	Waiting rooms	200	22	0,40	80	
5.37.2	Corridors: during the day	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.3	Corridors: cleaning	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.4	Corridors: during the night	50	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.5	Corridors with multi-purpose use	200	22	0,80	80	Illuminance at task/activity level.
5.37.6	Day rooms	200	22	0,80	80	
5.37.7	Elevators, lifts for persons and visitors	100	22	0,80	80	Illuminance at floor level.
5.37.8	Service lifts	200	22	0,80	80	Illuminance at floor level.

Table 5.38 — Health care premises – Staff rooms

Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Specific requirements
5.38.1	Staff office	500	19	0,80	80	
5.38.2	Staff rooms	300	19	0,80	80	

- E_m : Μέση στάθμη φωτισμού (lux)
- UGR: Δείκτης συνδυασμένης θάμβωσης
- U_o : Ομοιομορφία φωτισμού
- R_a : Δείκτης χρωματικής απόδοσης

Η πρώτη απαίτηση: Μέση ένταση φωτισμού

Table 5.37 — Health care premises – Rooms for general use









Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR_L –	U_0 –	R_a –	Specific requirements
						Too high luminances in the patients' visual field shall be prevented.
5.37.1	Waiting rooms	200	22	0,40	80	
5.37.2	Corridors: during the day	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.3	Corridors: cleaning	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.4	Corridors: during the night	50	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.5	Corridors with multi-purpose use	200	22	0,60	80	Illuminance at task/activity level.
5.37.6	Day rooms	200	22	0,60	80	
5.37.7	Elevators, lifts for persons and visitors	100	22	0,60	80	Illuminance at floor level.
5.37.8	Service lifts	200	22	0,60	80	Illuminance at floor level.

Table 5.38 — Health care premises – Staff rooms

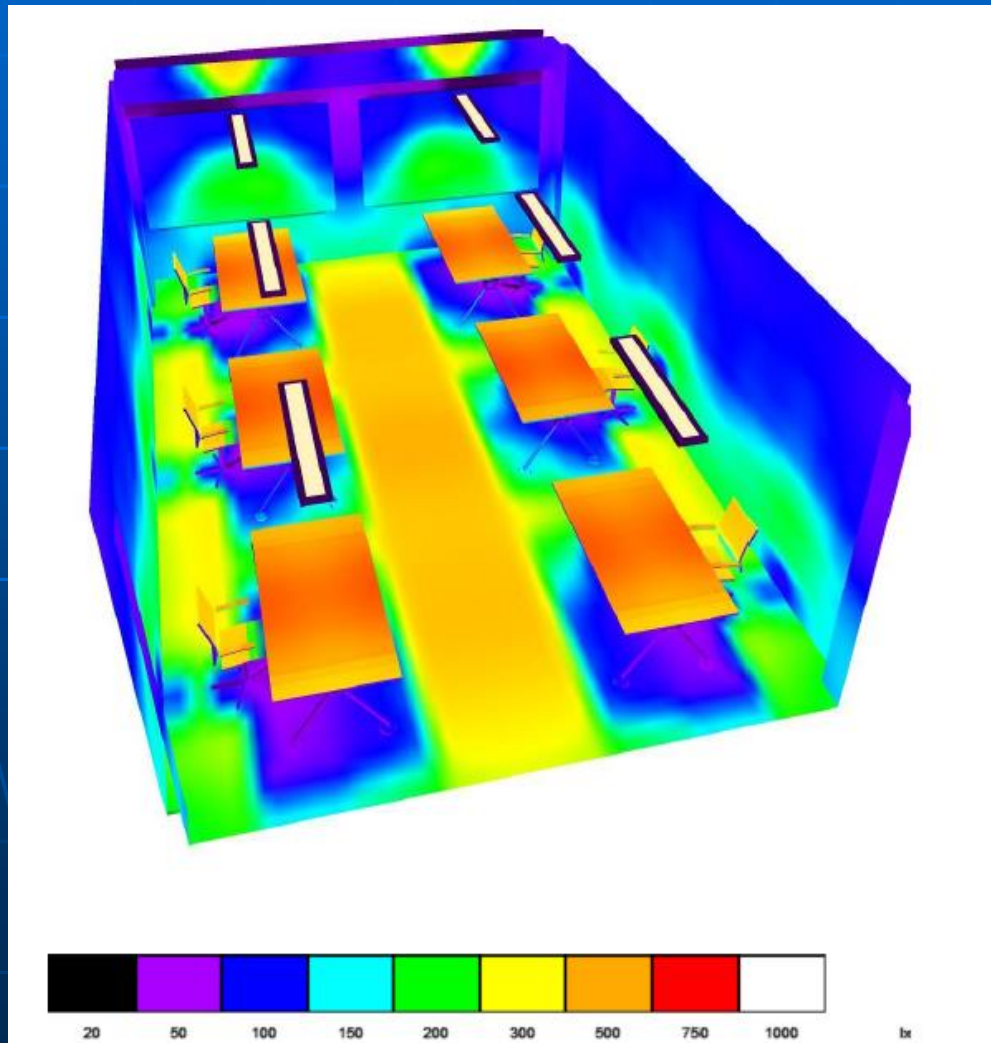
Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR_L –	U_0 –	R_a –	Specific requirements
5.38.1	Staff office	500	19	0,60	80	
5.38.2	Staff rooms	300	19	0,60	80	

Ένα
παράδειγμα
απαιτήσεων
για
νοσοκομείο

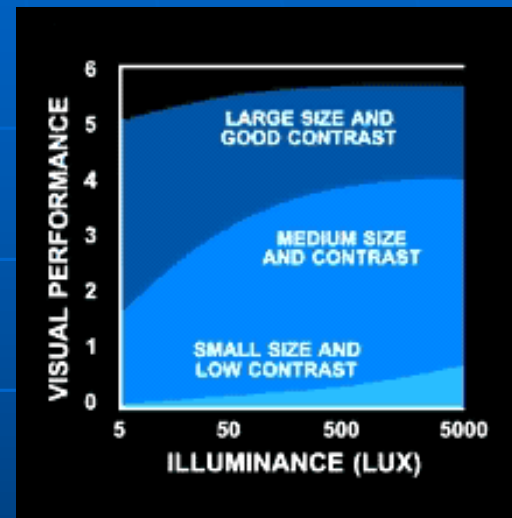
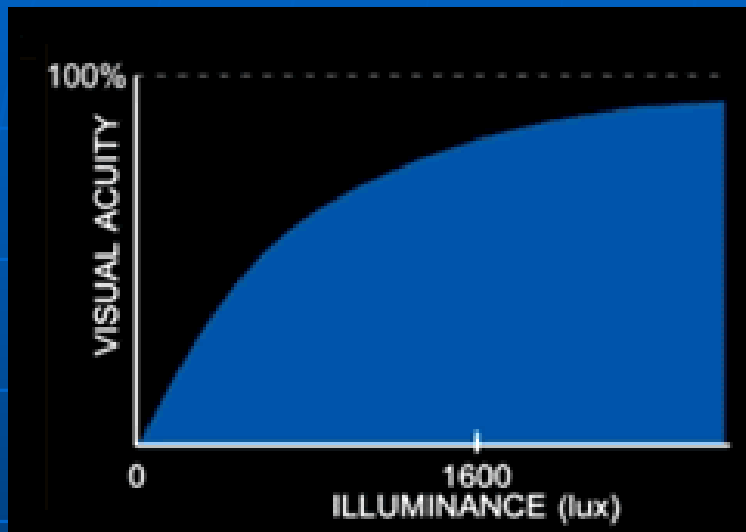
Για να πάρουμε μια ιδέα για την ένταση φωτισμού

Sunlight	Overcast	Office	Corridor	Dusk	Street	Moon	Stars
							
100,000 lx	10,000 lx	500 lx	100 lx	50 lx	10 lx	0.5 lx	0.2 lx

Η στάθμη φωτισμού εποπτικά



Περισσότερος φωτισμός δεν είναι πάντα καλύτερος



Μετά τα 3000 lux
δεν βελτιώνεται πρακτικά η όρασή μας

Η απαίτηση για ομοιομορφία στην κατανομή του φωτισμού

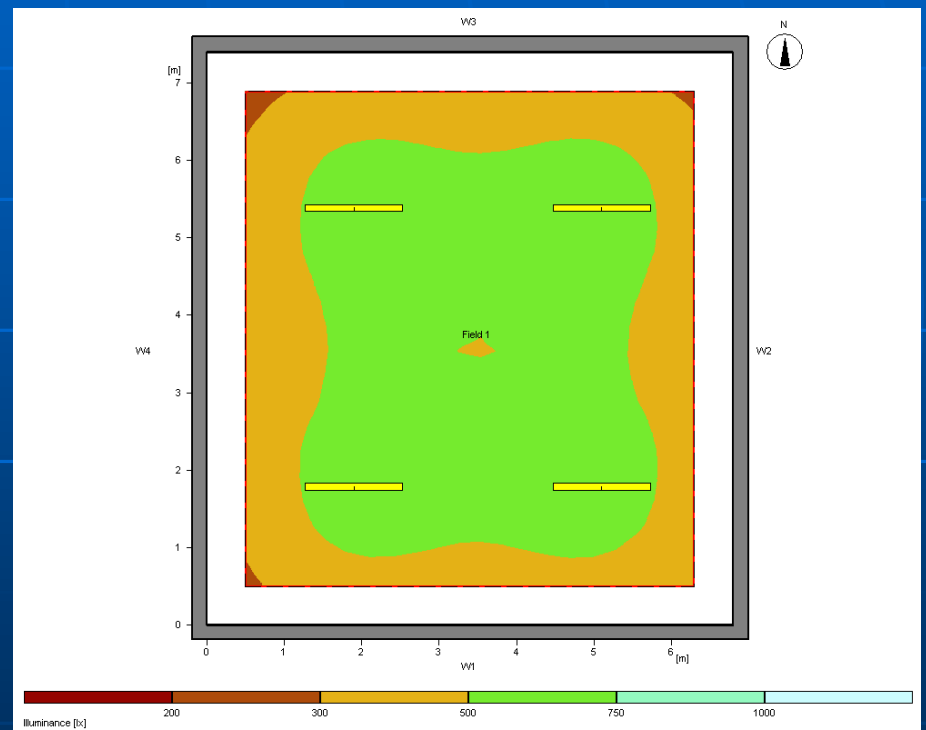
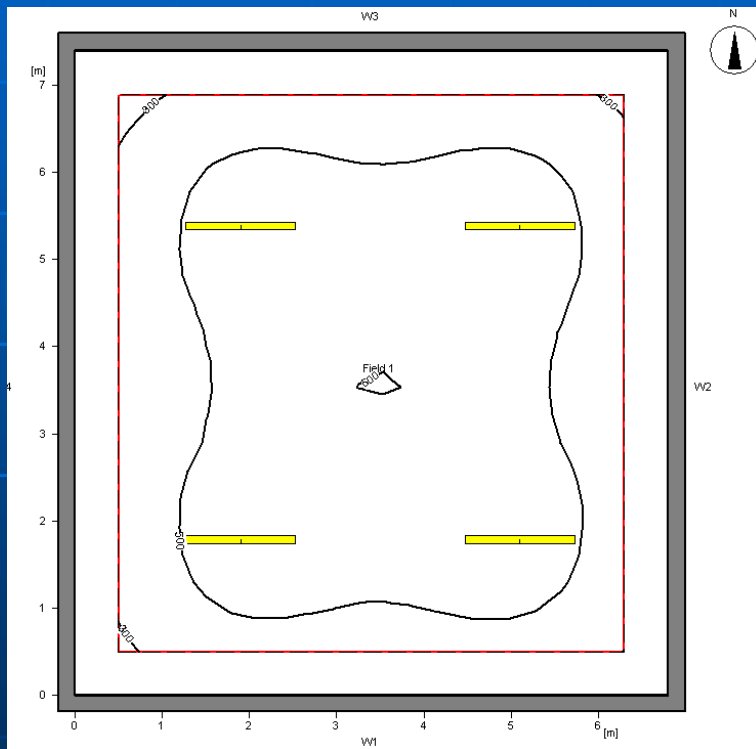
Table 5.37 — Health care premises – Rooms for general use

Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Specific requirements
						Too high luminances in the patients' visual field shall be prevented.
5.37.1	Waiting rooms	200	22	0,40	80	
5.37.2	Corridors: during the day	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.3	Corridors: cleaning	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.4	Corridors: during the night	50	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.5	Corridors with multi-purpose use	200	22	0,60	80	Illuminance at task/activity level.
5.37.6	Day rooms	200	22	0,60	80	
5.37.7	Elevators, lifts for persons and visitors	100	22	0,60	80	Illuminance at floor level.
5.37.8	Service lifts	200	22	0,60	80	Illuminance at floor level.

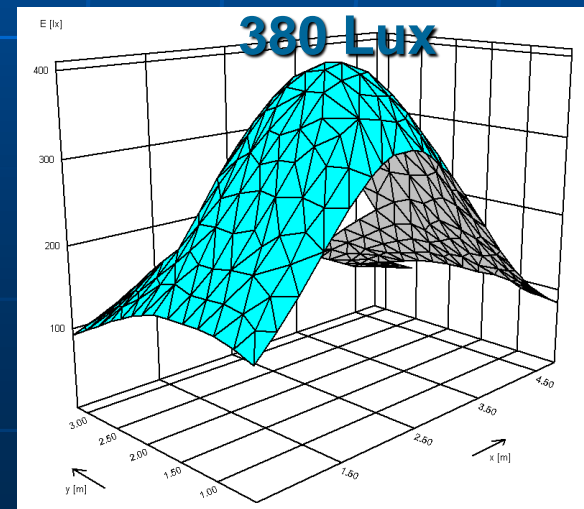
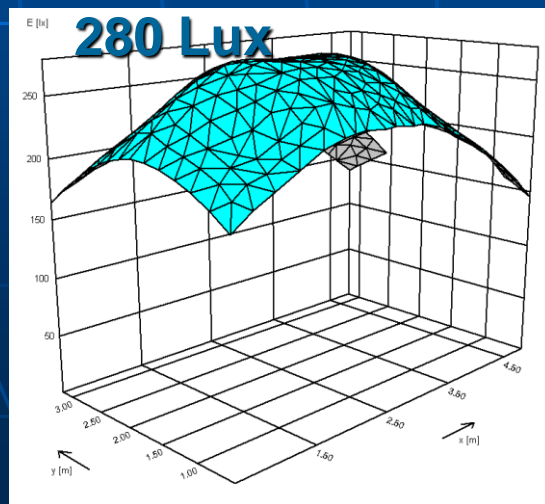
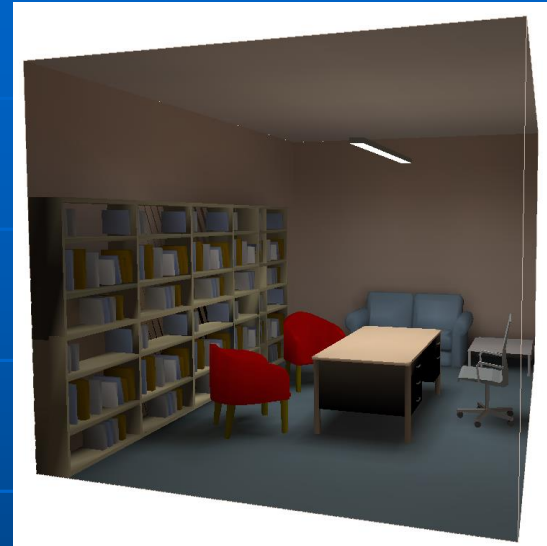
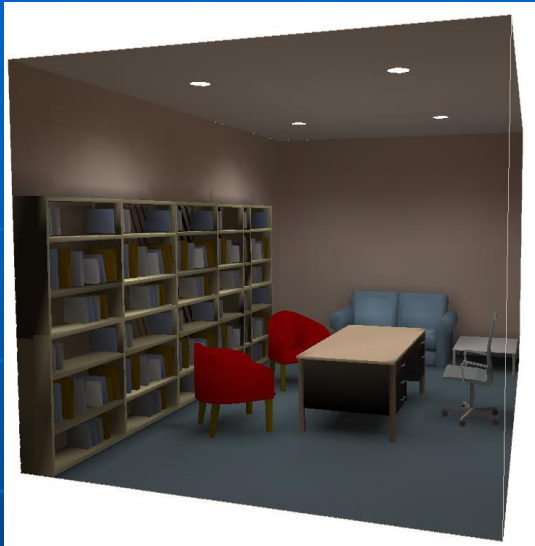
Table 5.38 — Health care premises – Staff rooms

Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Specific requirements
5.38.1	Staff office	500	19	0,60	80	
5.38.2	Staff rooms	300	19	0,60	80	

Μια αρκετά ομοιόμορφη κατανομή φωτισμού



Όχι απαραίτητα για όλο το χώρο αλλά για την περιοχή εργασίας



Η απαίτηση για περιορισμένη θάμβωση: Ο δείκτης UGR

Table 5.37 — Health care premises – Rooms for general use

Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR _L –	U_0 –	R_a –	Specific requirements
						Too high luminances in the patients' visual field shall be prevented.
5.37.1	Waiting rooms	200	22	0,40	80	
5.37.2	Corridors: during the day	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.3	Corridors: cleaning	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.4	Corridors: during the night	50	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.5	Corridors with multi-purpose use	200	22	0,60	80	Illuminance at task/activity level.
5.37.6	Day rooms	200	22	0,60	80	
5.37.7	Elevators, lifts for persons and visitors	100	22	0,60	80	Illuminance at floor level.
5.37.8	Service lifts	200	22	0,60	80	Illuminance at floor level.

Table 5.38 — Health care premises – Staff rooms

Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR _L –	U_0 –	R_a –	Specific requirements
5.38.1	Staff office	500	19	0,60	80	
5.38.2	Staff rooms	300	19	0,60	80	

below 13	no glare
13 – 16	suited for accurate eye tasks
16 – 19	suited for average eye tasks
19 – 22	suited for moderate eye tasks
22 – 28	suited for simple eye tasks
above 28	not suited for work lighting

Τι είναι ο UGR;

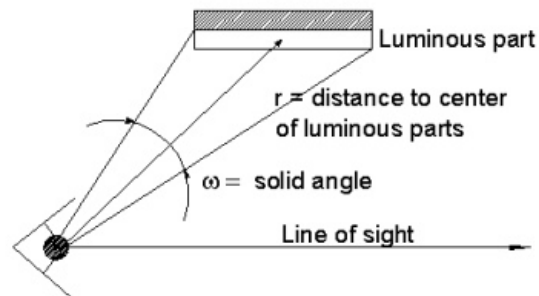
Συνδυασμένη θάμβωση από όλα τα φωτιστικά στο οπτικό πεδίο μας



$$UGR = 8 \log \left[\frac{0.25}{L_b} * \sum \frac{L^2 \omega}{\rho^2} \right]$$

where

- L_b is the background luminance (cd/m^2);
- L is the luminance of the luminous parts of each luminaire in the direction of the observer's eye (cd/m^2);
- ω is the solid angle of the luminous parts of each luminaire at the observer's eye (sr);
- ρ is the Guth position index for each luminaire (displacement from the line of sight);



Για να πάρουμε μια ιδέα για τη λαμπρότητα φωτεινών πηγών



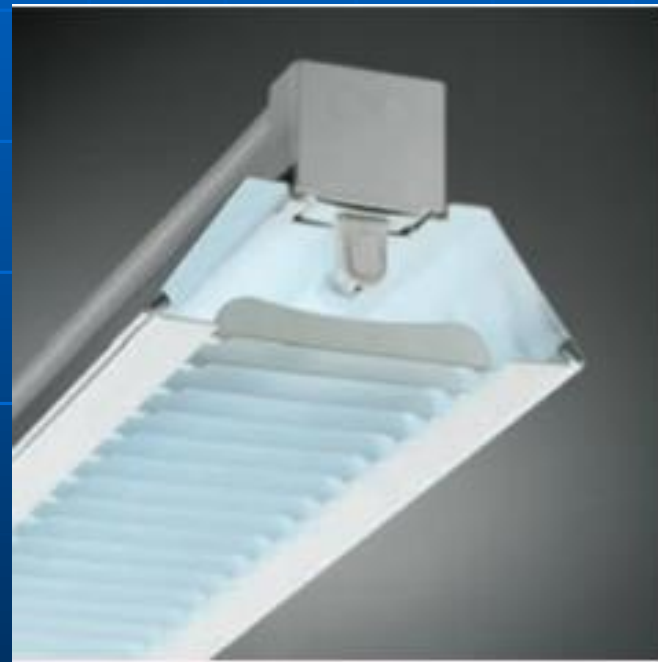
Οι λαμπρότητες σε μονάδες candela/m^2 (cd/m^2)

Οι τιμές του UGR για ένα φωτιστικό

Luminaire: Philips Pacific TCW216 2xTL-D58W/830 HF
Lamps: 2 x TL-D58W

Glare Evaluation According to UGR											
ρ Ceiling	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Walls	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Floor	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Room Size X Y	Viewing direction at right angles to lamp axis					Viewing direction parallel to lamp axis					
2H	2H	19.8	21.2	20.3	21.6	22.0	17.6	19.0	18.0	19.4	19.8
	3H	21.8	23.0	22.3	23.5	23.9	18.9	20.1	19.4	20.5	21.0
	4H	22.8	23.9	23.3	24.4	24.9	19.3	20.5	19.8	20.9	21.4
	6H	23.8	24.9	24.3	25.4	25.9	19.5	20.6	20.0	21.1	21.6
	8H	24.3	25.4	24.8	25.9	26.4	19.6	20.6	20.1	21.1	21.6
4H	12H	24.9	25.9	25.4	26.4	26.9	19.6	20.6	20.1	21.1	21.6
	2H	20.4	21.6	20.9	22.0	22.5	18.8	20.0	19.3	20.4	20.9
	3H	22.6	23.6	23.1	24.1	24.6	20.3	21.3	20.9	21.8	22.4
	4H	23.8	24.7	24.3	25.2	25.7	20.9	21.8	21.5	22.3	22.9
	6H	25.0	25.8	25.6	26.3	26.9	21.3	22.1	21.8	22.6	23.2
8H	8H	25.6	26.4	26.2	26.9	27.6	21.4	22.1	21.9	22.7	23.3
	12H	26.3	27.0	26.9	27.6	28.2	21.4	22.1	22.0	22.7	23.3
	4H	24.1	24.8	24.6	25.4	26.0	21.7	22.4	22.2	23.0	23.6
	6H	25.5	26.2	26.1	26.8	27.4	22.3	23.0	22.9	23.5	24.2
	8H	26.4	26.9	27.0	27.5	28.2	22.6	23.1	23.2	23.7	24.4
12H	12H	27.2	27.7	27.9	28.3	29.0	22.7	23.2	23.4	23.8	24.5
	4H	24.1	24.8	24.7	25.3	26.0	21.9	22.5	22.5	23.1	23.7
	6H	25.6	26.2	26.3	26.8	27.5	22.7	23.2	23.3	23.8	24.5
8H	26.5	27.0	27.2	27.6	28.3	23.1	23.5	23.7	24.2	24.9	
Variation of the observer position for the luminaire distances S											
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H	+0.3 / -0.2					+0.3 / -0.4					
S = 2.0H	+0.3 / -0.5					+0.6 / -0.9					
Standard table	BK09					BK14					
Correction Summand	8.9					5.0					
Corrected Glare Indices referring to 10400lm Total Luminous Flux											

Πως μειώνεται η θάμβωση



Η απαίτηση για την απόδοση των χρωμάτων από τις φωτεινές πηγές

Table 5.37 — Health care premises – Rooms for general use

Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Specific requirements
						Too high luminances in the patients' visual field shall be prevented.
5.37.1	Waiting rooms	200	22	0,40	80	
5.37.2	Corridors: during the day	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.3	Corridors: cleaning	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.4	Corridors: during the night	50	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.5	Corridors with multi-purpose use	200	22	0,60	80	Illuminance at task/activity level.
5.37.6	Day rooms	200	22	0,60	80	
5.37.7	Elevators, lifts for persons and visitors	100	22	0,60	80	Illuminance at floor level.
5.37.8	Service lifts	200	22	0,60	80	Illuminance at floor level.

Table 5.38 — Health care premises – Staff rooms

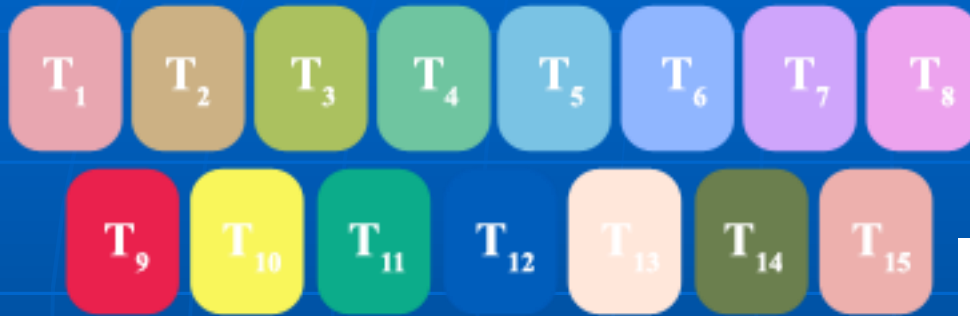
Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Specific requirements
5.38.1	Staff office	500	19	0,60	80	
5.38.2	Staff rooms	300	19	0,60	80	

Ο δείκτης Ra ή CRI (Colour Rendering Index)

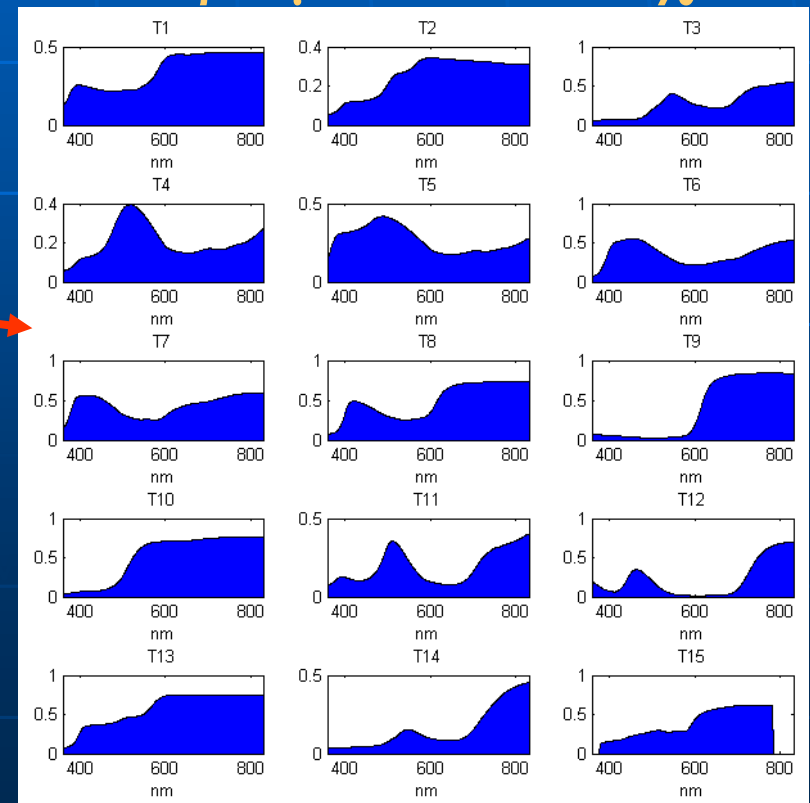
- Η ποιότητα της απόδοσης των χρωμάτων από μια φωτεινή πηγή εκφράζεται από τον Ra (Ευρώπη) ή CRI (ΗΠΑ). Είναι αριθμός μεταξύ 0 και 100
- Είναι το συνολικό αποτέλεσμα από την απόδοση της πηγής στο φωτισμό ενός σετ τυποποιημένων χρωμάτων



Τα τυποποιημένα χρώματα που καθορίζουν τον Ra ή CRI



Χρωματικοί στόχοι

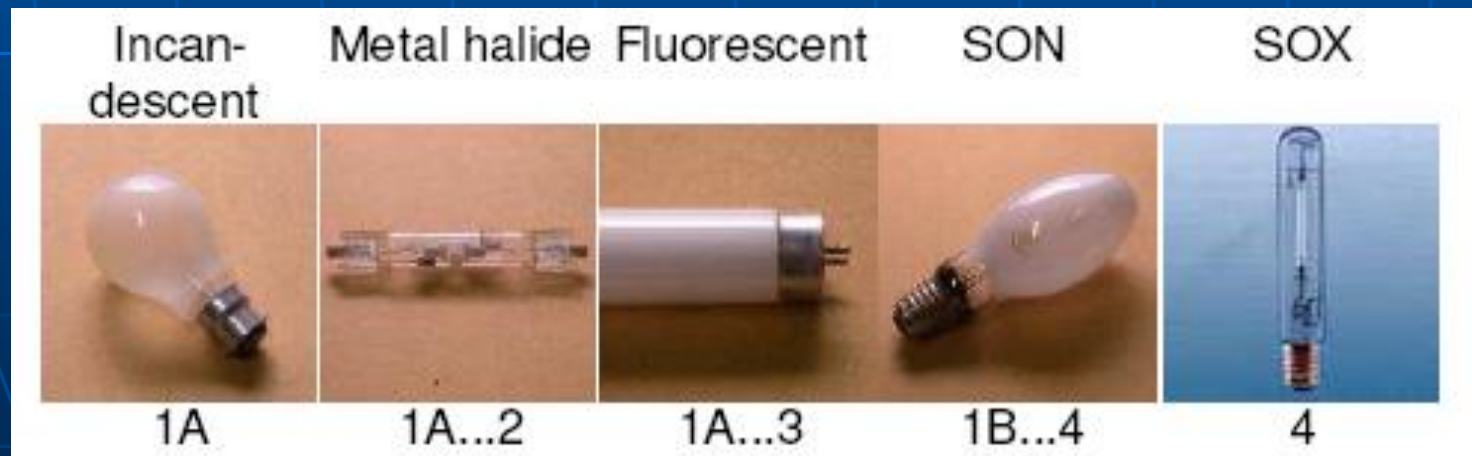


Ένα παράδειγμα μέτρησης της χρωματικής απόδοσης λαμπτήρων GU10 με LED

<i>Target</i>	Toshiba	Megaman	Philips	Sylvania	Gen.Electric	Osram
T ₁	80	80	84	82	85	80
T ₂	91	89	89	91	91	88
T ₃	95	98	92	95	96	96
T ₄	78	83	85	79	86	81
T ₅	80	81	84	81	85	80
T ₆	87	88	86	86	89	85
T ₇	81	85	86	85	87	85
T ₈	58	60	70	66	70	61
T ₉	3	5	27	19	31	7
T ₁₀	78	77	74	75	80	73
T ₁₁	76	83	87	75	86	80
T ₁₂	68	75	74	62	75	73
T ₁₃	83	82	85	84	87	81
T ₁₄	98	99	95	97	97	98
T ₁₅	74	72	79	78	80	72
R_a	81	83	85	83	86	82

Οι κατηγορίες χρωματικής απόδοσης

Group	R_a	Importance	Typical application
1A	90...100	accurate colour matching	Galleries, medical examinations, colour mixing, graphics and clothing industries
1B	80...90	accurate colour judgment	Home, hotels, offices, schools
2	60...80	moderate colour rendering	Industry, offices, schools
3	40...60	accurate colour rendering of little importance	Industry, sports halls
4	20...40	accurate colour rendering of no importance	Traffic lighting



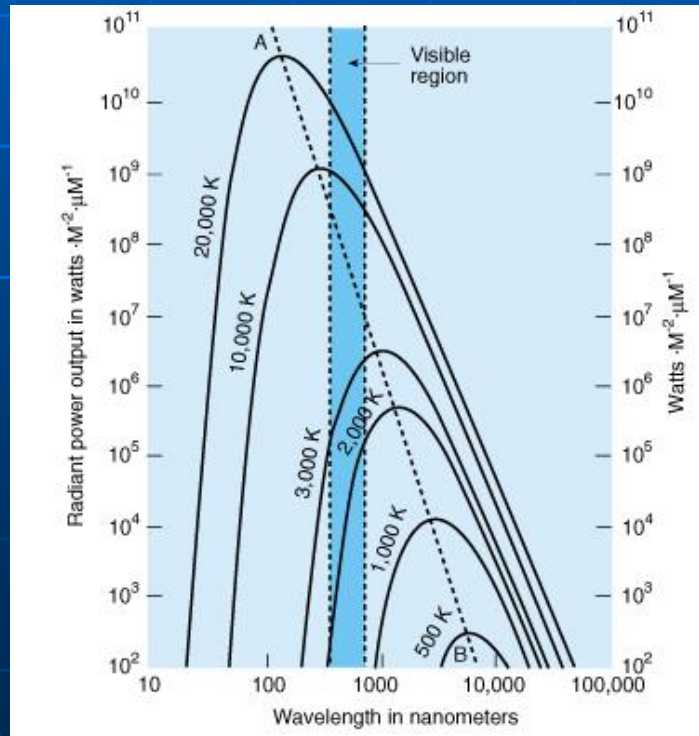
Υπάρχει όμως και κάτι που επηρεάζει την ποιότητα του φωτισμού αλλά δεν ορίζεται από τα πρότυπα

Είναι η θερμοκρασία χρώματος

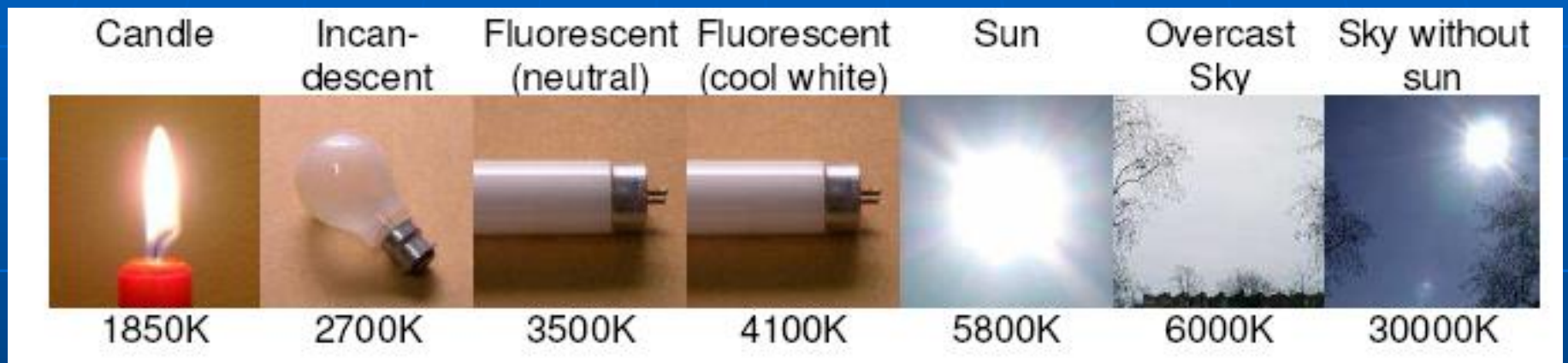


Τι είναι η θερμοκρασία χρώματος που τη μετράμε σε βαθμούς Kelvin (K)

Είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία στην οποία όταν βρεθεί το μέλαν σώμα του Max Planck θα παράγει φως του ιδίου χρώματος με την πηγή



Θερμοκρασία χρώματος κάποιων φωτεινών πηγών



Πως επηρεάζει η θερμοκρασία χρώματος της πηγής τη χρωματική της απόδοση



$T= 4200K$
 $Ra=90$



$T= 1800K$
 $Ra=8$

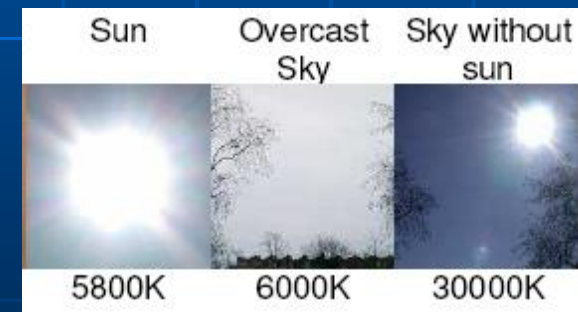


$T= 6400K$
 $Ra=20$

Η αίσθηση που μας δίνει η θερμοκρασία χρώματος

Χαμηλή θερμοκρασία χρώματος-ζεστή απόχρωση

CCT	CCT class
Below 3300 K	warm
3300...5300 K	intermediate
Above 5300 K	cold



Υψηλή θερμοκρασία χρώματος-ψυχρή απόχρωση

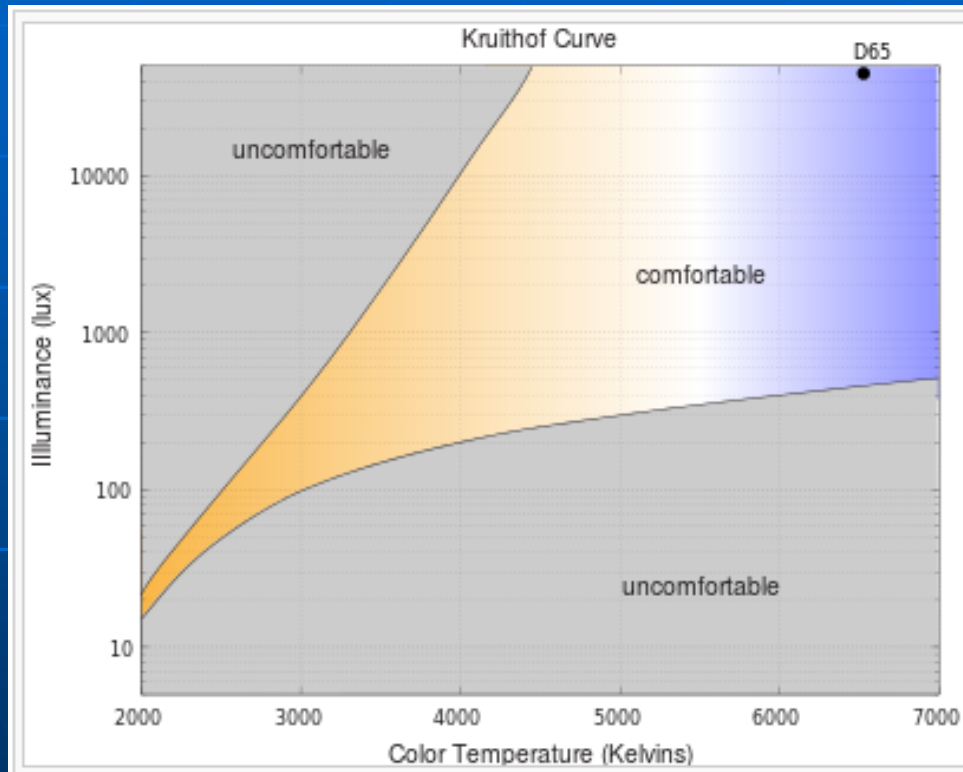
Ένα παράδειγμα από τους λαμπτήρες φθορισμού



Ψυχρό
6.500K

Θερμό
3.000K

Η θερμοκρασία χρώματος στην ψυχολογική μας διάθεση



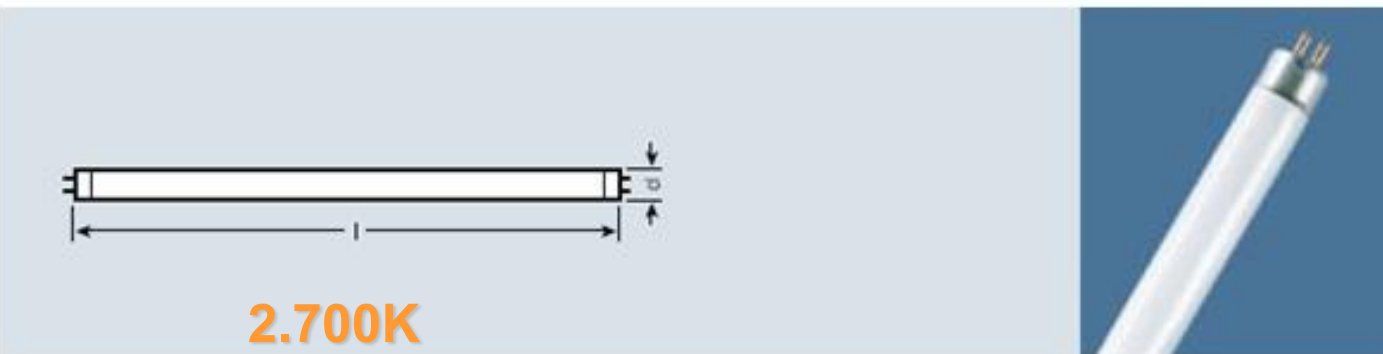
Illuminance (lux)	Colour of light sources		
	warm	neutral	cold
Emotional response			
below 500	<i>pleasant</i>	neutral	cold
500...1000			
1000...2000	stimulating	<i>pleasant</i>	neutral
2000...3000			
above 3000	un-natural	stimulating	<i>pleasant</i>

Πως διαβάζουμε τη χρωματική απόδοση και τη θερμοκρασία χρώματος των λαμπτήρων



Kelvin	Name	R _a 60...69	R _a 70...79	R _a 80...89	R _a 90...99
2.700 K	INTERNA			827	
3.000 K	Warm White			830	930
3.500 K	White			835	
4.000 K	Cool White	640		840	940
5.400 K	Daylight				954/950
6.500 K	Cool Daylight		765	865	965
8.000 K	SKYWHITE			880	

Πως διαβάζουμε τη θερμοκρασία χρώματος και τη χρωματική απόδοση των λαμπτήρων

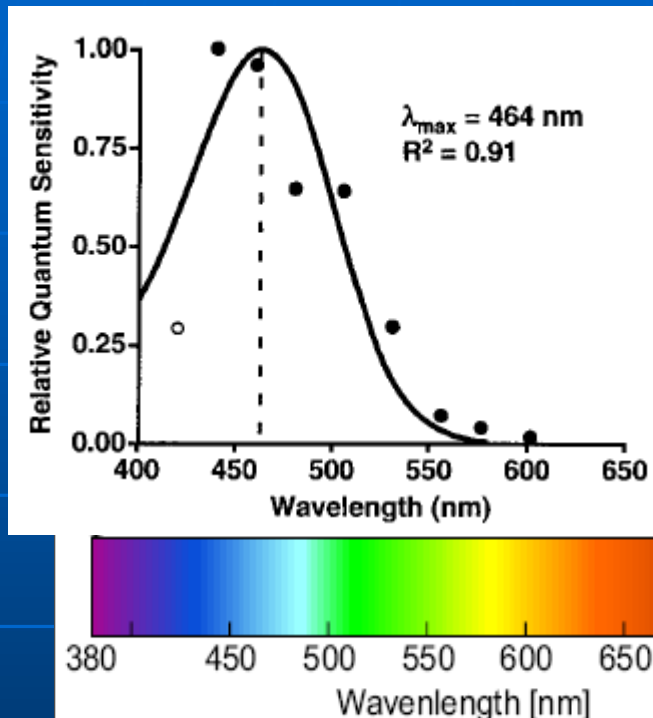


2.700K

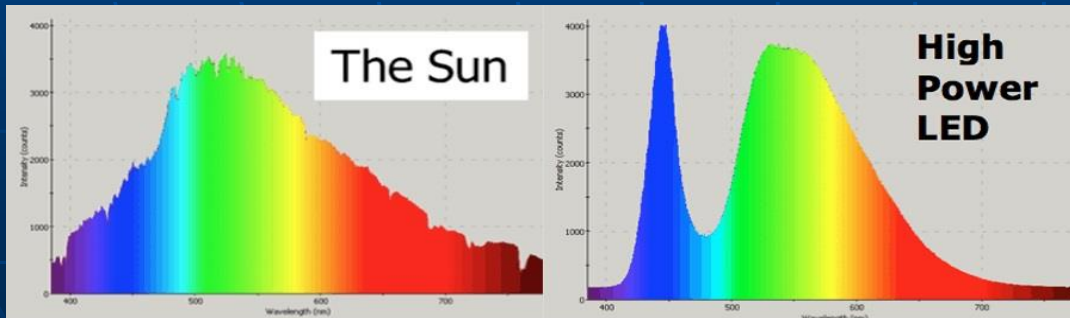
Produktbezeichnung	Produktnummer	W	lm ¹⁾²⁾		Ra	ROHR d (mm)	l (mm)	
LUMILUX® T5 HO HIGH OUTPUT Stabform, Sockel G5								
FQ 54 W/827 HO	4050300646176	54	4450	LUMILUX INTERNA	80...89	16	1149	40
FQ 54 W/830 HO	4050300453415	54	4450	LUMILUX Warm White	80...89	16	1149	40
FQ 54 W/835 HO	4050300776637	54	4450	LUMILUX White	80...89	16	1149	40
FQ 54 W/840 HO	4050300453392	54	4450	LUMILUX Cool White	80...89	16	1149	40
FQ 54 W/865 HO	4050300453378	54	4100	LUMILUX Cool Daylight	80...89	16	1149	40

6.500K

.... και κάτι άλλο: Η θερμοκρασία χρώματος επηρεάζει τον βιορυθμό μας



- Η ιώδης ακτινοβολία αναστέλλει την έκκριση της ορμόνης μελατονίνης
- Ανατρέπεται ο κιρκάδιος ρυθμός
- LED-> Ιώδης ακτινοβολία



Ας μην επεμβαίνουμε στο ρολόι της φύσης



- Να αποφεύγουμε ψυχρές αποχρώσεις (πλούσιες σε μπλε φως) στο φωτισμό εξωτερικών χώρων
- Όχι μονοχρωματικό μπλε φως σε εξωτερικούς φωτισμούς και ειδικά στην ύπαιθρο
- Δελογισμένη χρήση ψυχρών αποχρώσεων σε εργασιακούς χώρους
- Προσοχή στα ψυχρά LED

Ευχαριστώ για την προσοχή σας



Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Εργαστήριο Φωτοτεχνίας
<http://lighting.ece.ntua.gr/>

