

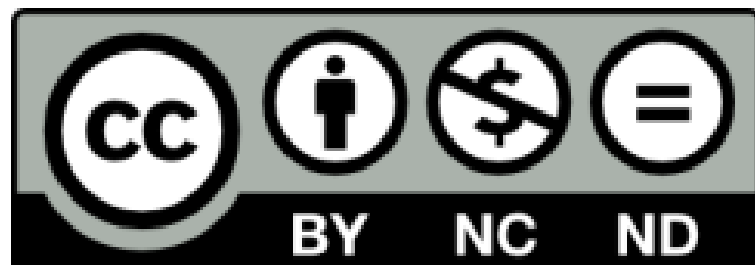


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Εργονομία

Ενότητα 7: Όραση-Φωτισμός

Βασίλειος Παπακωστόπουλος
Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης
Προϊόντων και Συστημάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων

Όραση – φωτισμός

Διδάσκων: Β. Παπακωστόπουλος

Το φως – Φυσική περιγραφή

Το φως αποτελεί ένα πολύ μικρό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος:

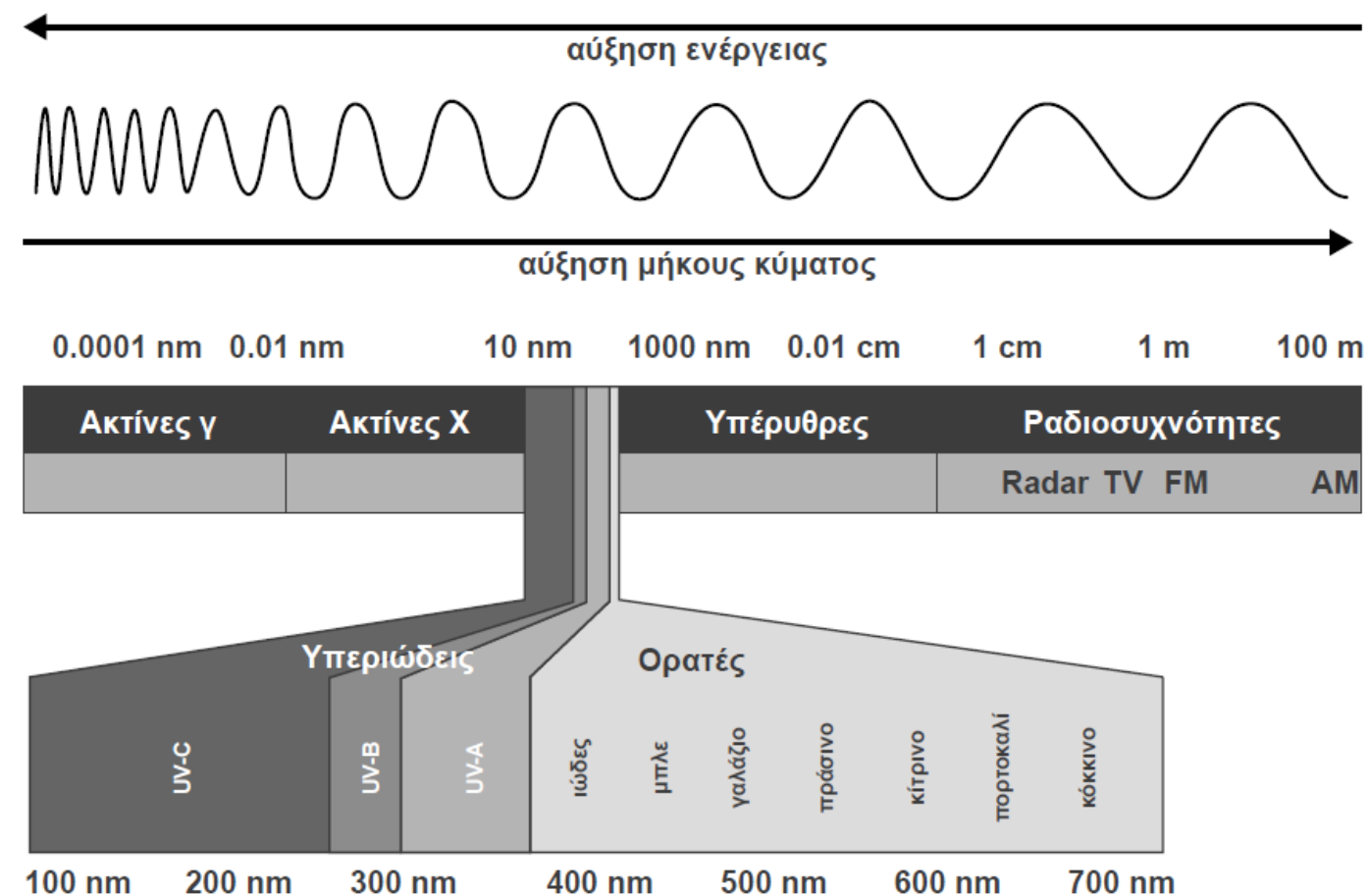
υπεριώδης ακτινοβολία < φως < υπέρυθρη ακτινοβολία

Όρια ορατής ακτινοβολίας

Συχνότητα:
 $4 \times 10^{14} < f < 8 \times 10^{14} \text{ Hz}$

Μήκος κύματος:
 $380 < \lambda < 780 \text{ nm}$

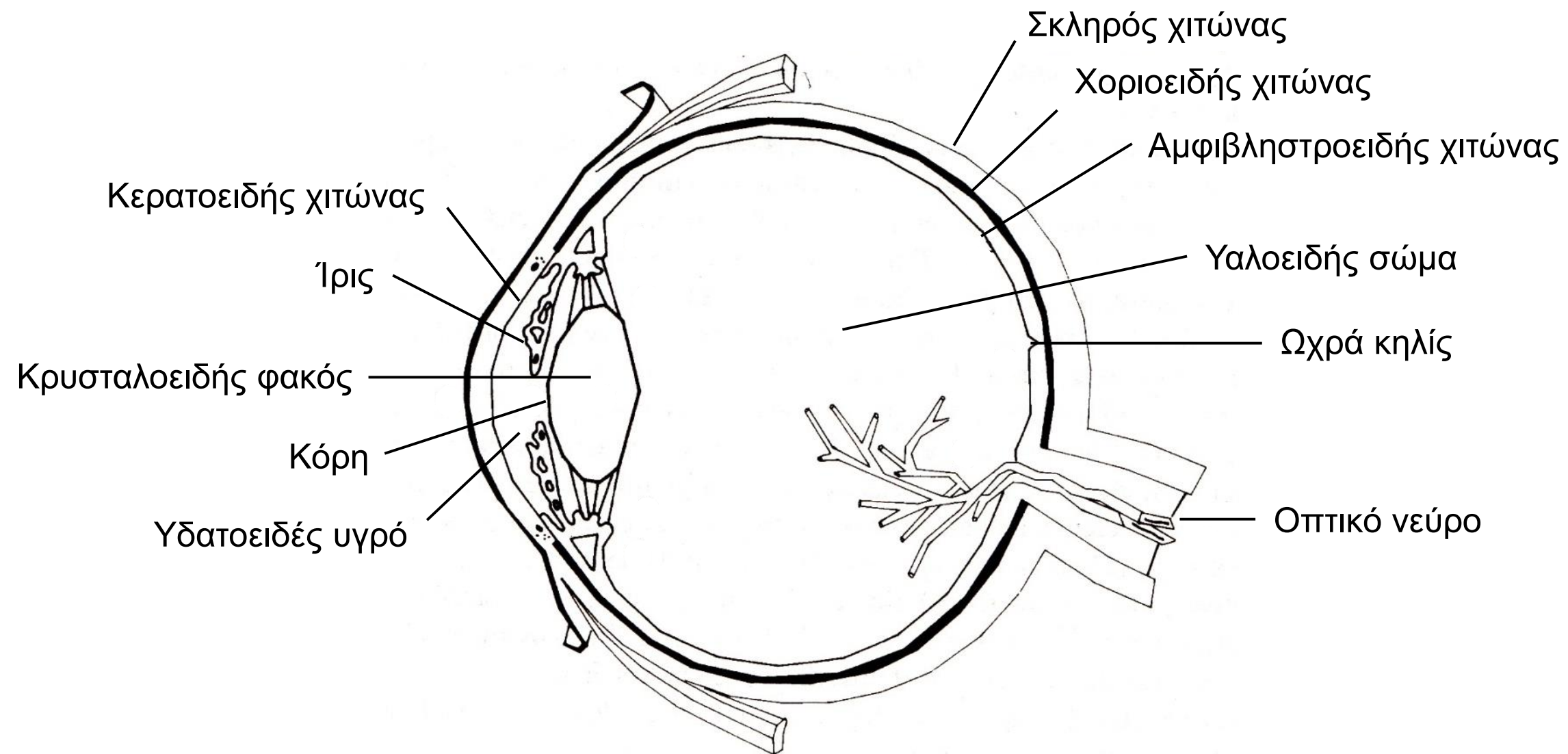
Ενέργεια:
 $1,24 < W < 12,48 \text{ eV}$



Φωτομετρικές μονάδες

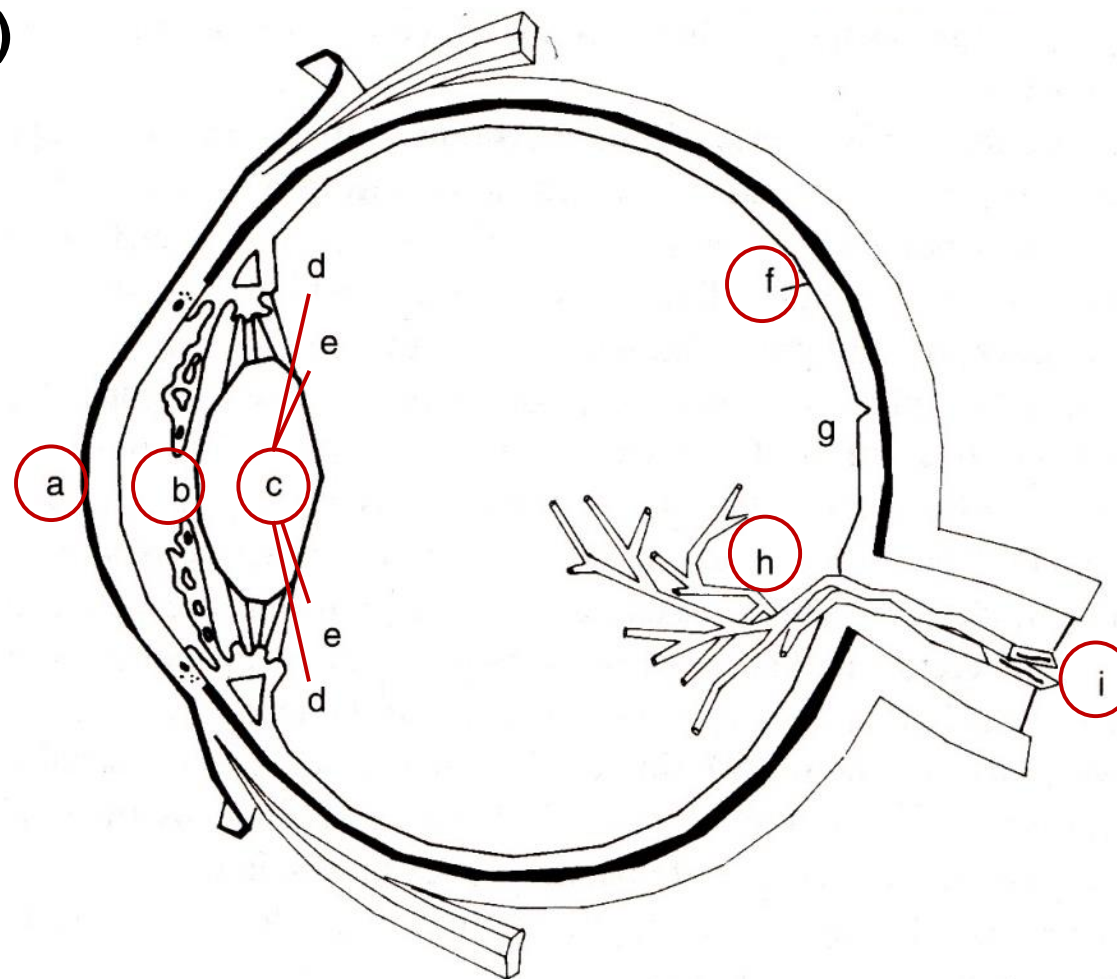
Παράμετροι	Μονάδες μέτρησης	Περιγραφή
Ένταση φωτεινής πηγής	KHPIA / CANDELA (CD)	το 1/60 της φωτεινής έντασης που δίνει 1cm ³ “μέλανος σώματος” σε θερμοκρασία 1.773,5°C
Φωτεινή ισχύς	LUMEN (LM)	η φωτεινή ένταση πηγής στη μονάδα του χρόνου
Ένταση φωτισμού	LUX (LX)	ο φωτισμός (φωτεινή ισχύς) που δέχεται μια επιφάνεια από μια φωτεινή πηγή 1 LUX = φωτισμός 1m ² από 1 LM, σε απόσταση 1m
Λαμπρότητα	STILB (SB) / CANDELA/m ² (CD/m ²)	η φωτεινότητα μιας επιφάνειας απόλυτα λευκής (μηδενική απορρόφηση φωτός) από 1 LUX 1 LUX (σε απόλυτα λευκή επιφάνεια) = 10 ⁴ SB ή 0,318 CD/m ²

Φυσιολογία οφθαλμών



Πρόσληψη φωτός

- Είσοδος φωτός μέσω **κερατοειδή χιτώνα (a)**
⇒ διάθλαση προσπίπτοντος φωτός
- Έλεγχος ποσότητας φωτός μέσω **ίριδος (b)**
⇒ ελέγχεται από το άνοιγμα της ίριδος
- Διάθλαση φωτός μέσω **φακού (c)**
⇒ περαιτέρω διάθλαση καθώς εισέρχεται το φως
- Πρόσληψη φωτός από φωτοϋποδοχείς ενσωματωμένοι στον **αμφιβληστροειδή (f)**
⇒ δύο τύποι φωτοϋποδοχέων: ραβδία – κωνία
- Μεταφορά ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στον εγκέφαλο μέσω **οπτικού νεύρου (i)**
⇒ η δίοδος του οπτικού νεύρου δημιουργεί το αποκαλούμενο **τυφλό σημείο (h)**



Τύποι φωτοϋποδοχέων

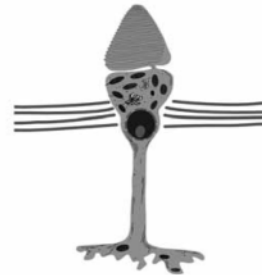
- Οι **φωτοϋποδοχείς** διασπείρονται σε όλο τον αμφιβληστροειδή χιτώνα

⇒ 125.000.000 **ραβδία** – 7.000.000 **κωνία**



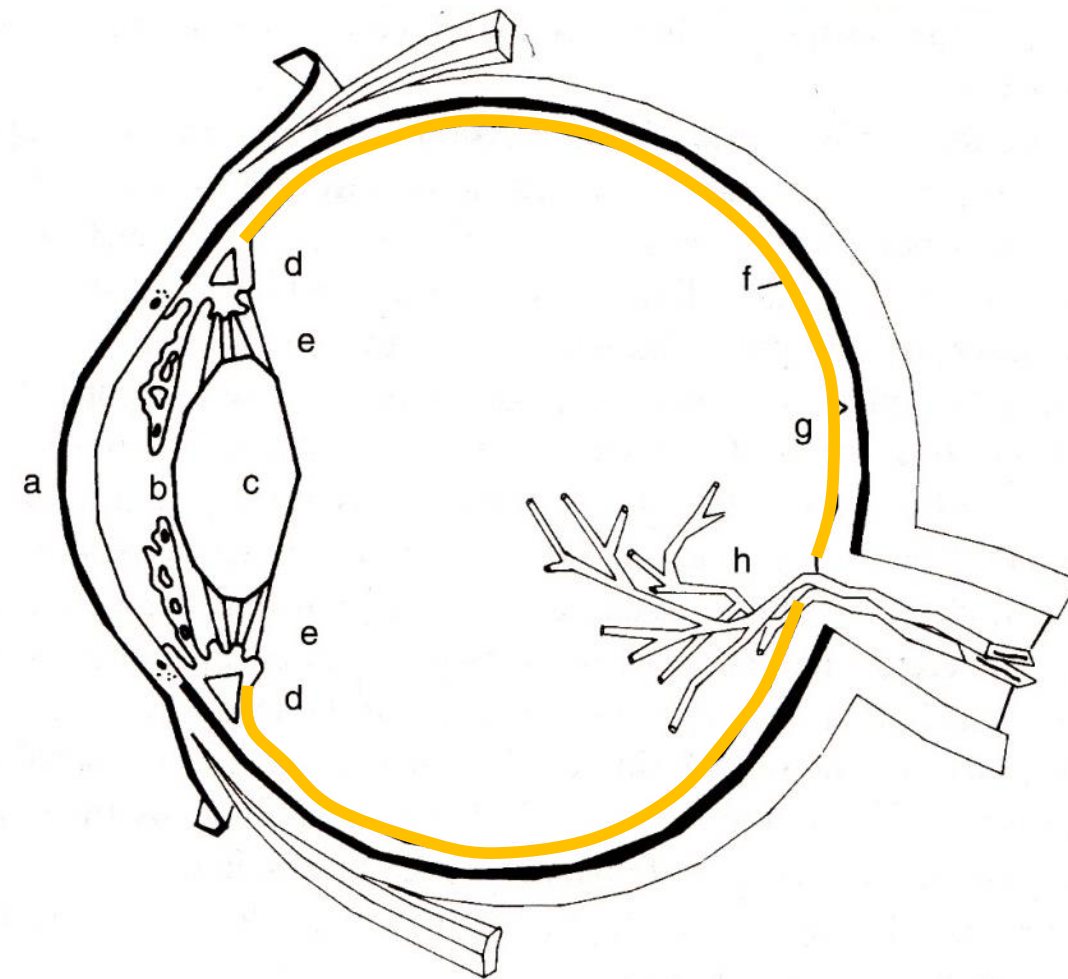
Ραβδία:

- παρέχουν αδρές οπτικές πληροφορίες (π.χ. περιγράμματα αντικειμένων, αλλαγές φωτεινότητας)
- λειτουργούν όταν η ένταση φωτισμού είναι μικρή
- χρησιμοποιούνται στην περιφερειακή όραση.



Κωνία:

- παρέχουν ακριβείς οπτικές πληροφορίες (π.χ. λεπτομέρειες σχημάτων, αποχρώσεων, σκιών)
- λειτουργούν όταν υπάρχει επαρκής φωτισμός
- χρησιμοποιούνται στην κεντρική όραση.

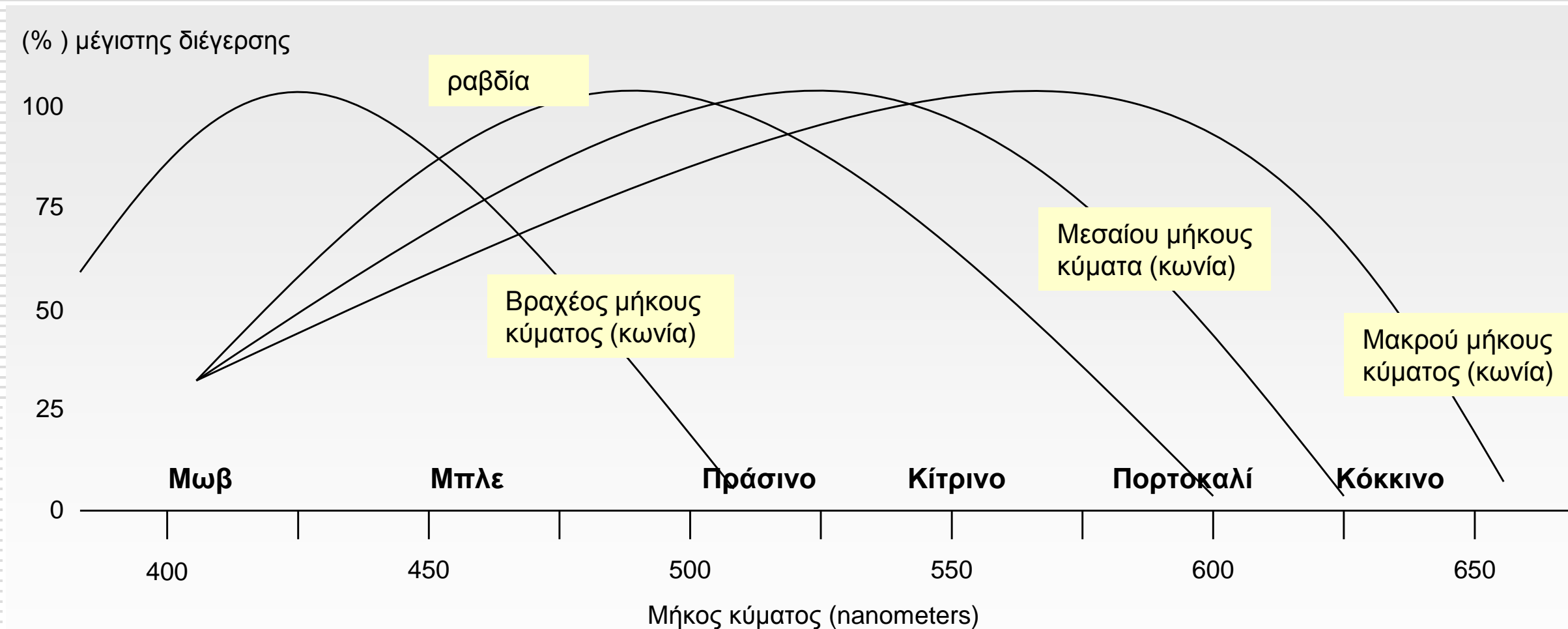


Ευαισθησία φωτοϋποδοχέων

Λαμπρότητα (CD/m ²)			
Επιφάνεια ηλίου το μεσημέρι	10 ¹⁰		
	10 ⁹		
	10 ⁸		
	10 ⁷		
	10 ⁶		
	10 ⁵		
Λευκό χαρτί στο φως ηλίου	10 ⁴	Photopic vision	Λειτουργούν ραβδία και κωνία ⇒ μεγαλύτερη ευαισθησία ματιού σε κύματα φωτός μήκους 550nm (πράσινο)
	10 ³		
	10 ²		
	10		
Άνετη ανάγνωση	1	Mesopic vision	
	10 ⁻¹		
Λευκό χαρτί στο φως φεγγαριού	10 ⁻²	Scotopic vision	Λειτουργούν μόνο ραβδία ⇒ μεγαλύτερη ευαισθησία ματιού σε κύματα φωτός μήκους 500nm (μπλε - πράσινο)
	10 ⁻³		
Λευκό χαρτί στο φως αστεριών	10 ⁻⁴		
	10 ⁻⁵		
Ελάχιστα ορατό φως	10 ⁻⁶		

Φαινόμενο Purkinje:
Μετάβαση από photopic σε scotopic vision
(⇒ μπλε-πράσινα αντικείμενα-στόχοι πιο εύκολα ανιχνεύσιμοι τη νύχτα!)

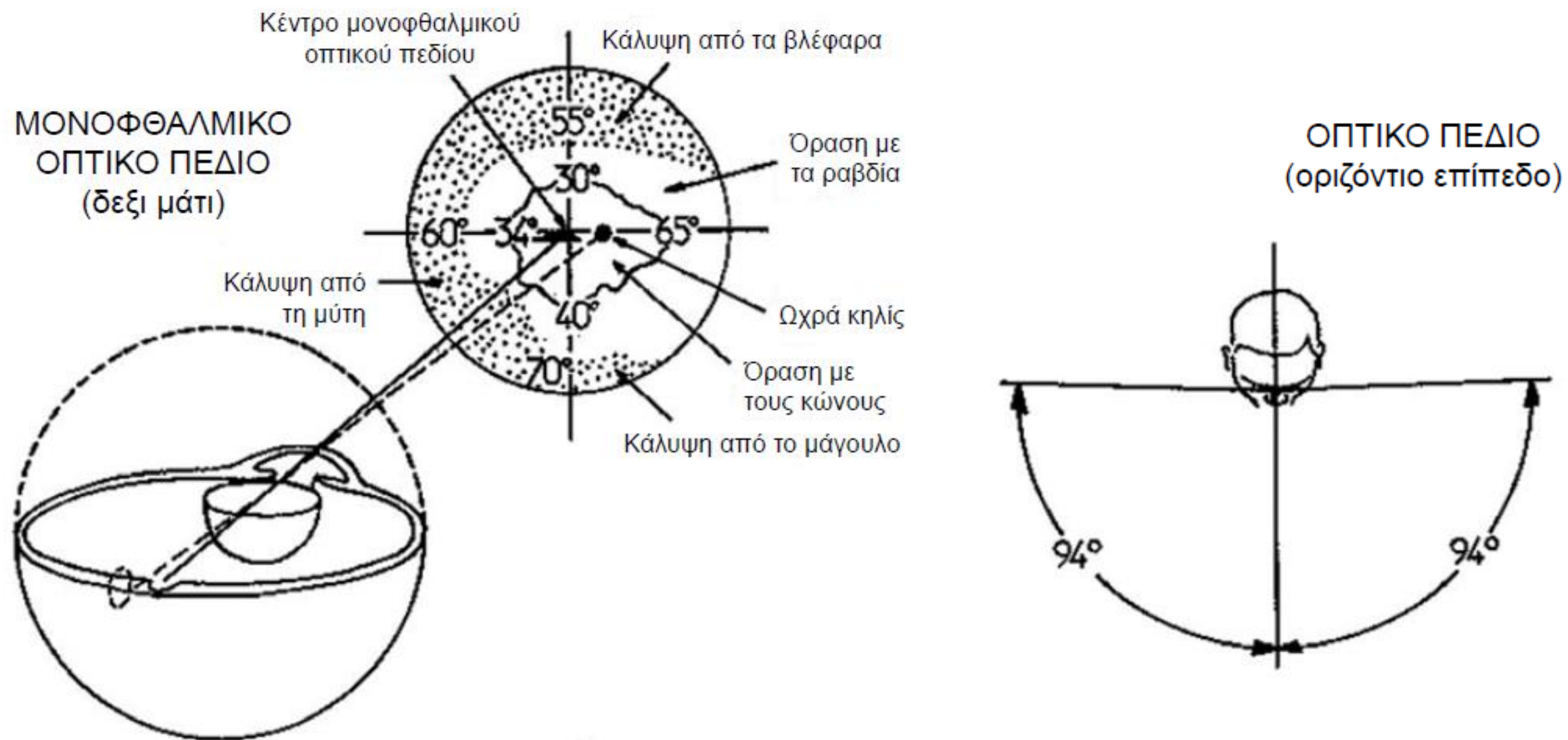
Χρωματική όραση



- Αντίληψη χρώματος βάσει της αναλογίας απόκρισης μεταξύ τριών τύπων κωνίων (**τριχρωματική θεωρία**).

⇒ κύματα φωτός μήκους π.χ. 500nm (μπλε - πράσινο), διεγείρουν τα κωνία:
Μεσαίου μήκους κύματος (65%), Μακρού μήκους κύματα (40%), Βραχέος μήκους κύματα (30%).

Οπτικό πεδίο: Κεντρική – Περιφερειακή όραση



- Όρια οπτικού πεδίου για όραση με τον ένα οφθαλμό και με τους δύο οφθαλμούς.

Οπτική κόπωση

Επιβαρυντικές για το οπτικό σύστημα και την απόδοσή του (οπτική κόπωση) συνθήκες φωτισμού δημιουργούνται από:

- Ανεπαρκή **ένταση φωτισμού** (για τις οπτικές απαιτήσεις του καθήκοντος)
- Ακατάλληλη **κατεύθυνση** των ακτινών φωτός/ **χωροθέτηση πηγών φωτισμού**:
 - δημιουργία ανακλάσεων στις επιφάνειες εργασίας (έμμεση/ άμεση θάμβωση)
 - μεγάλες διαφορές φωτεινότητας μέσα στο οπτικό πεδίο
- Ακατάλληλη **σύσταση του τεχνητού φωτισμού**.

Οι συνέπειες της κόπωσης του οπτικού συστήματος είναι πολλαπλές:

- Μείωση οπτικής οξύτητας
- Ενοχλήσεις στα μάτια (κάψιμο, τσούξιμο), κεφαλαλγίες
- Ανορεξία, αϋπνία.

Ένταση φωτισμού

- Η ένταση του φωτισμού θα πρέπει να είναι ανάλογη των οπτικών απαιτήσεων της επιτελούμενης εργασίας.
- Ωστόσο, μεγάλη σημασία για το τι αντιλαμβανόμαστε, έχει η λαμπρότητα.

Τύπος εργασίας	Παραδείγματα	Προτεινόμενα επίπεδα έντασης φωτισμού (LX)
Γενικά καθήκοντα	Αποθήκη, διάδρομος	80 – 170
Εργασία μέσης ακρίβειας	Απλή συναρμολόγηση, κοπή κορμού	200 – 250
Λεπτομερής εργασία	Ανάγνωση, γραφή, εργαστήρια	500 – 700
Πολύ λεπτομερής εργασία	Τεχνικό σχέδιο, γραφιστική, οδοντιατρική εργασία	1000 – 2000

Χωρική ισορροπία κατανομής έντασης φωτισμού

- Διαφορά φωτεινότητας μεταξύ κεντρικής περιοχής του πεδίου θέασης και γειτονικών περιοχών, προκαλεί:
 - Μείωση ευαισθησίας αντίθεσης
 - Αύξηση συχνότητας eye-blinking

Αντίθεση φωτεινότητας Κεντρικού/ Γειτονικού πεδίου θέασης	Ευαισθησία αντίθεσης	Συχνότητα eye blinking
(0) καμία αντίθεση	100%	100%
(x5) ΠΙΟ ΦΩΤΕΙΝΟ	44%	111%
(x5) ΠΙΟ ΣΚΟΤΕΙΝΟ	77%	108%

Τύποι θάμβωσης

□ Άμεση θάμβωση

Τα μάτια κοιτούν απευθείας την πηγή φωτός.



□ Έμμεση θάμβωση

Οι φωτεινές ακτίνες προσπίπτουν στα μάτια μέσω ανάκλασης.



Κανόνες φυσικού φωτισμού

Για τον σχεδιασμό χώρων και θέσεων εργασίας που εξασφαλίζουν σωστό φυσικό φωτισμό, μπορούν να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω κανόνες:

- Φωτιστικό πηλίκο
- Λόγος φυσικού φωτισμού
- Κατεύθυνση πρόσπτωσης ηλιακών ακτινών
- Χρώμα και υφή επιφανειών
- Πάχος, χρώμα υαλοπινάκων και άλλων ανοιγμάτων.

Είδη τεχνητού φωτισμού



- **Άμεσος** φωτισμός (90 – 100% φωτός στην επιφάνεια εργασίας):
 - Χαμηλό κόστος εγκατάστασης – συντήρησης
 - Προκαλεί θάμβωση, σκιές/ κουράζει γρήγορα τα μάτια.
- **Ημι- άμεσος** φωτισμός (50 – 90% φωτός στην επιφάνεια εργασίας):
 - Ευχάριστος/ Λίγες σκιές, θάμβωση/ Χαμηλό κόστος εγκατάστασης – συντήρησης
 - Σχετικά μικρή απόδοση/ δεν εξαφανίζει σκιές, θάμβωση.
- **Έμμεσος** φωτισμός (90 – 100% φωτός στην οροφή):
 - Ομοιομορφία φωτισμού/ Ελαχιστοποίηση σκιών, θάμβωσης
 - Μεγάλο κόστος εγκατάστασης – συντήρησης

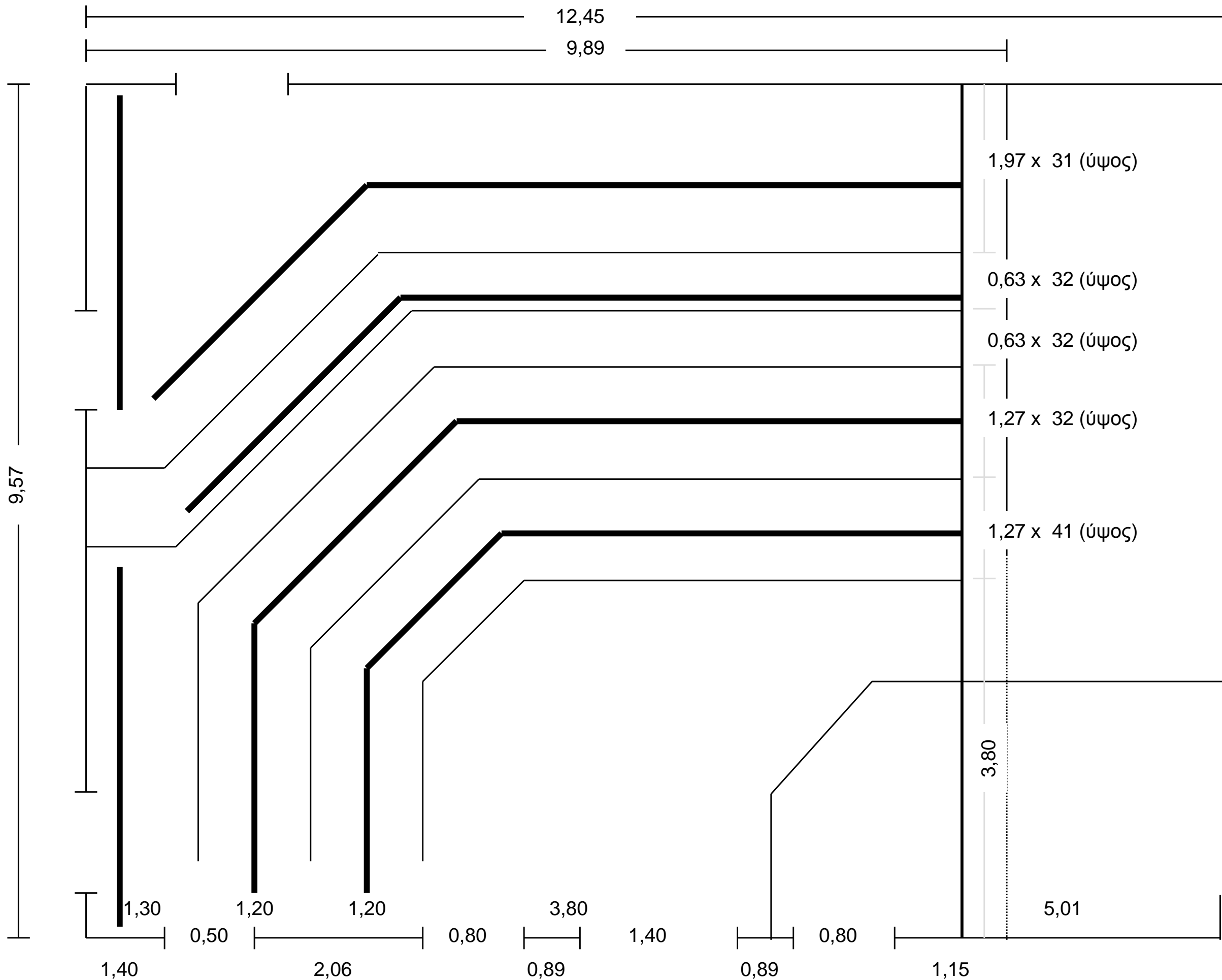
Κανόνες τεχνητού φωτισμού

Για τον σχεδιασμό χώρων και θέσεων εργασίας που εξασφαλίζουν σωστό τεχνητό φωτισμό, μπορούν να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω κανόνες:

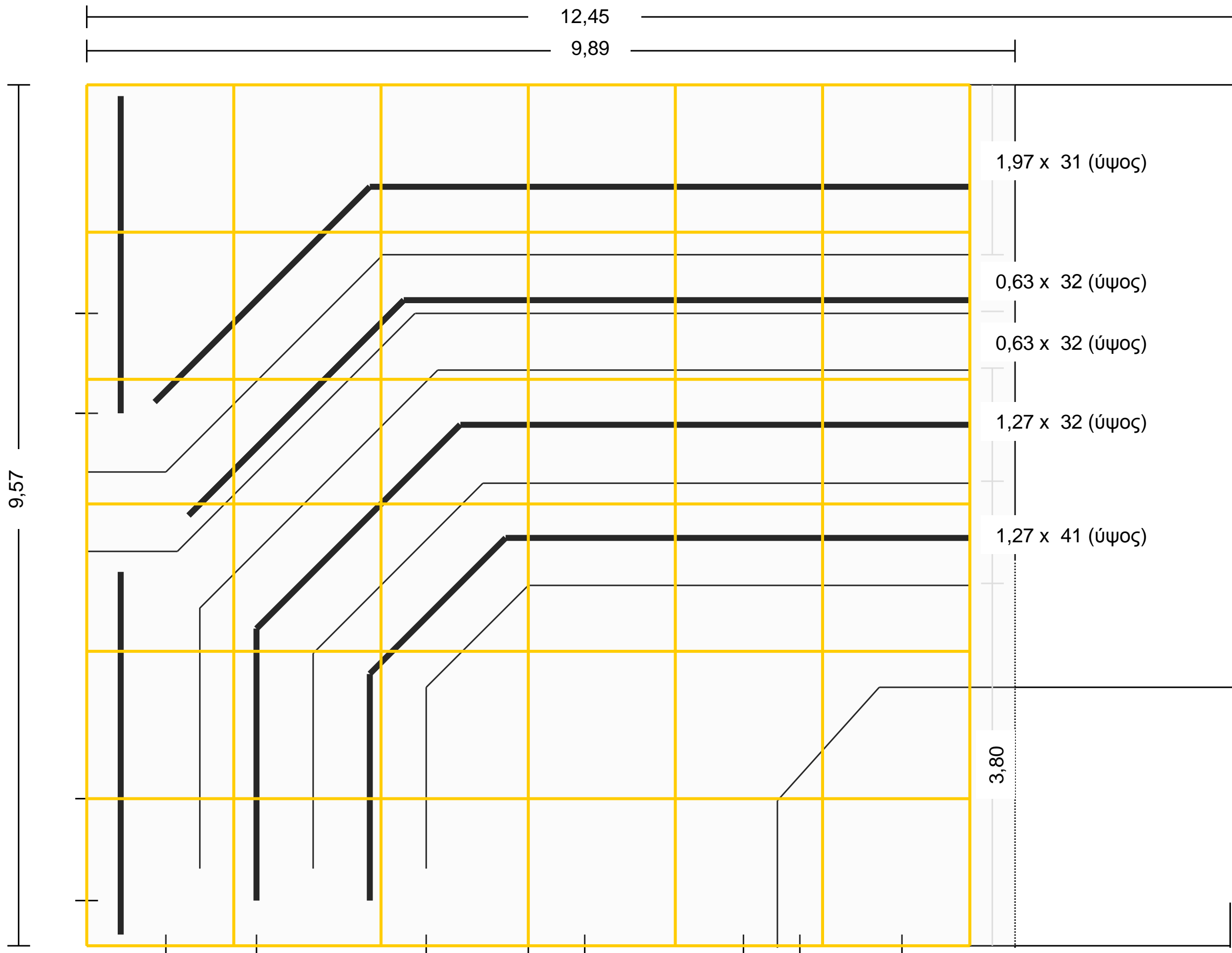
- Επαρκής ένταση τεχνητού φωτισμού
- Σύσταση χρώματος τεχνητού φωτισμού
- Πυκνότητα ή λαμπρότητα τεχνητού φωτισμού
- Απόσταση, κατεύθυνση τεχνητού φωτισμού
- Χωρική, χρονική συμμετρία φωτιστικών σωμάτων.

Μέτρηση φωτεινότητας επιφανειών εδρών αμφιθεάτρου ΤΜΣΠΣ (1^ο Γυμνάσιο Σύρου)

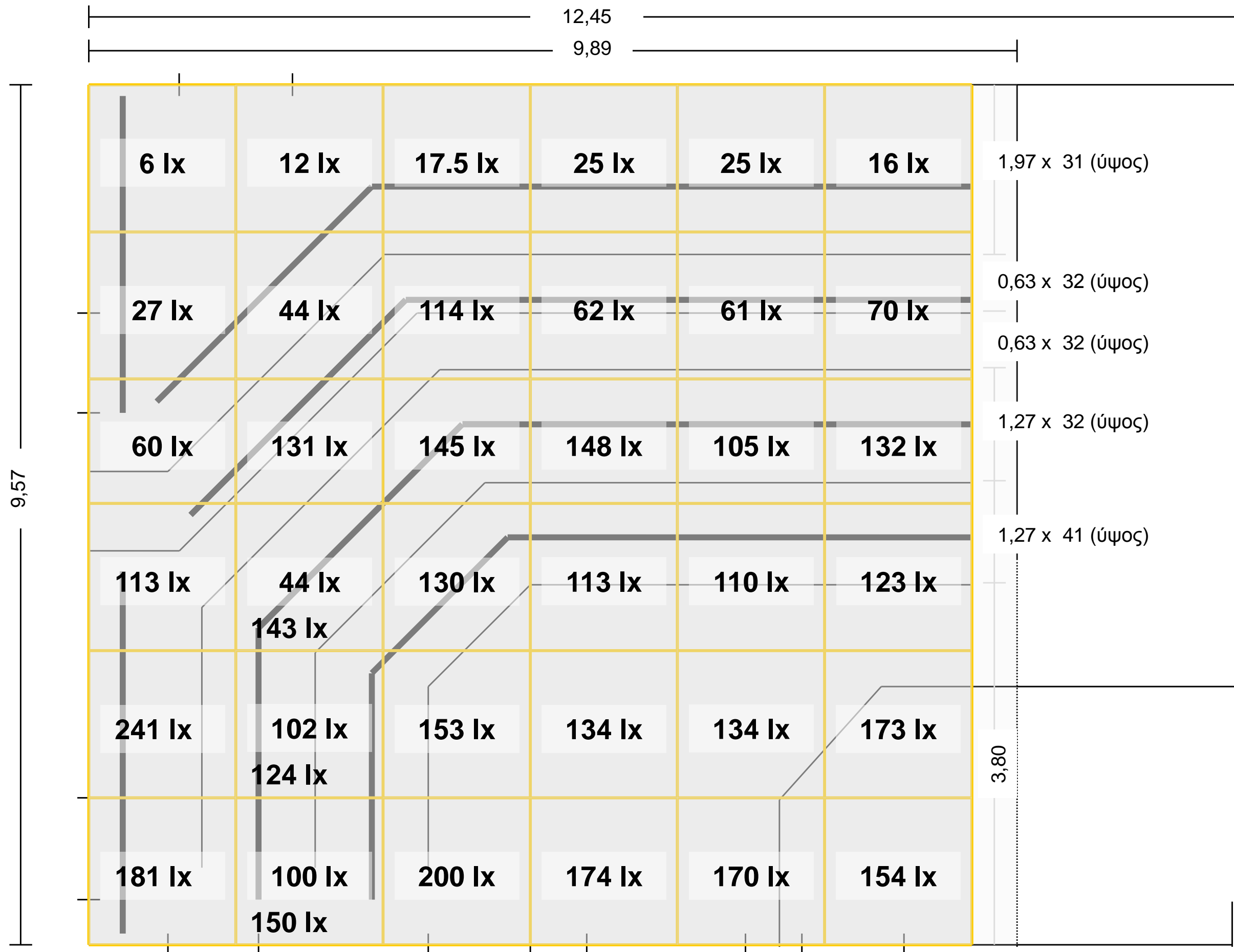
- Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τους φοιτητές του ΤΜΣΠΣ που παρακολουθούν το μάθημα εργονομία, από τις 10:30 έως 11:30 πμ, ενώ, το επίπεδο ηλιοφάνειας ήταν πολύ χαμηλό (συννεφιά).



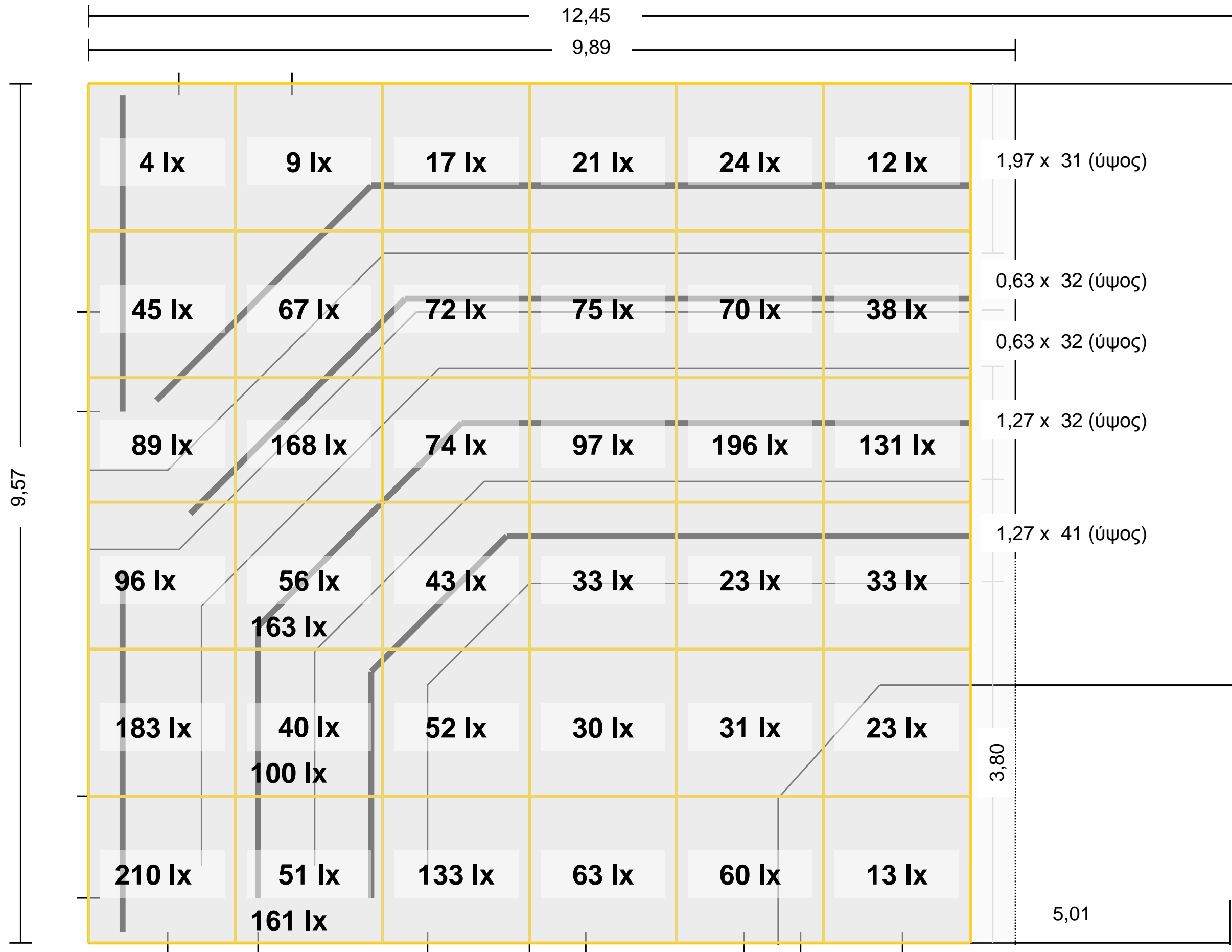
Κάτοψη αμφιθεάτρου



Καθορισμός πεδίων λήψης μετρήσεων (εμβαδόν πεδίων: 1.5 x 1,5m)



Μέτρηση A: φώτα κερκίδων: **on**, φώτα σκηνής: **on**, projector: **on**



Μέτρηση Β: φώτα κερκίδων: **on**, φώτα σκηνής: **off**, projector: **on**

Αναφορές

Μαρμαράς, Ν. (2010). *Εισαγωγή στην Εργονομία*. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.

Sanders, M.S., & McCormick, E.J. (1993). *Human factors in engineering and design* (7th edition). New York: McGraw-Hill.

Wilson, J.R., & Corlett, N. (2010). *Evaluation of Human Work* (3rd edition). London: Taylor & Francis.