

Όραση - Φωτισμός

Θωμάς Κοντογιάννης

Πολυτεχνείο Κρήτης

Το Φως: Φυσική Περιγραφή

Φως αποκαλούμε τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που ενεργοποιούν τη λειτουργία της όρασης.

- Η συχνότητα, το μήκος κύματος και η ενέργεια των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που αποκαλούμε φως, περικλείονται μεταξύ των παρακάτω ορίων:

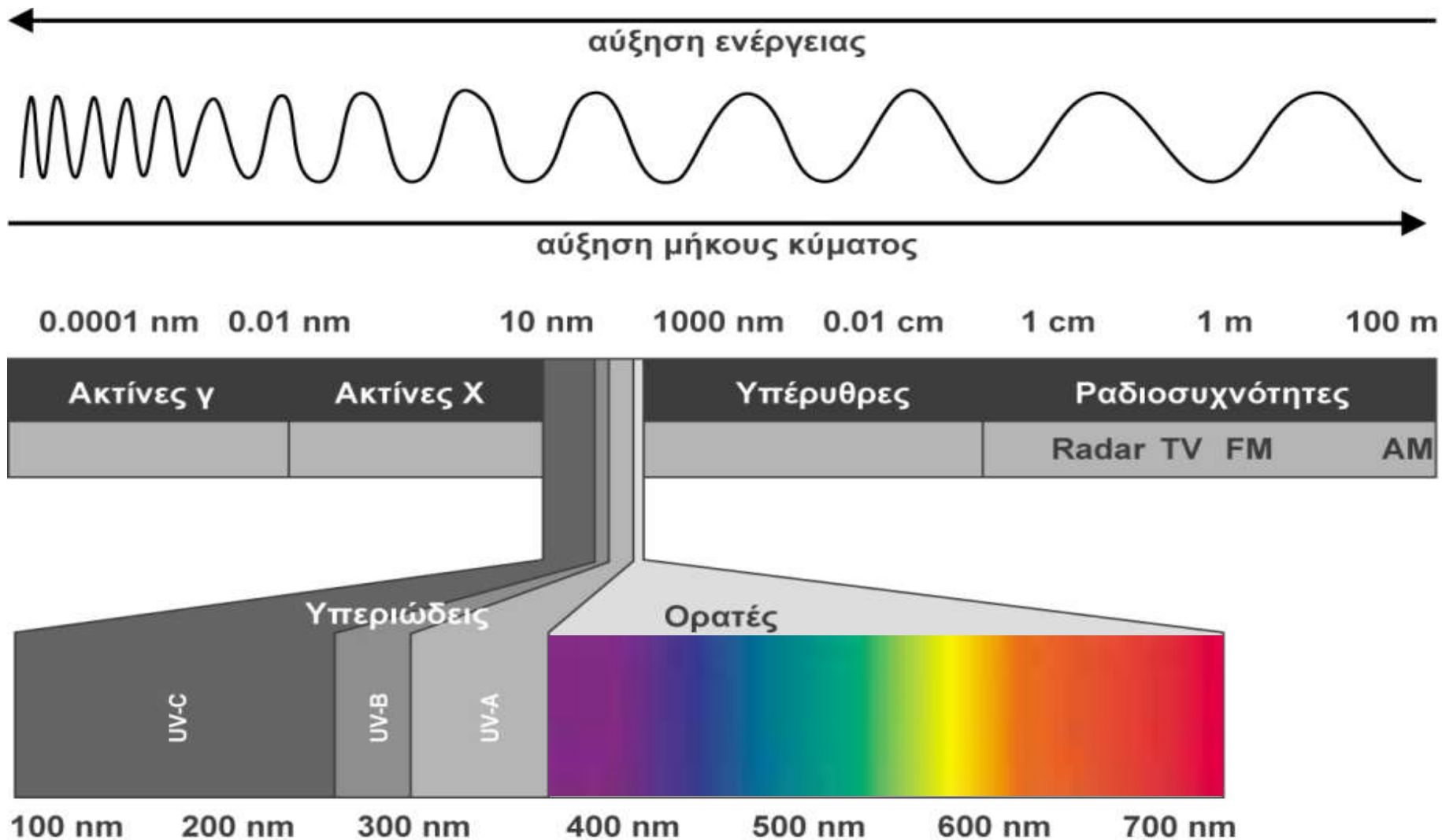
συχνότητα $4 \times 10^{14} < f < 8 \times 10^{14} \text{ Hz}$

μήκος κύματος $0,750 > \lambda > 0,375 \text{ μικρά}$

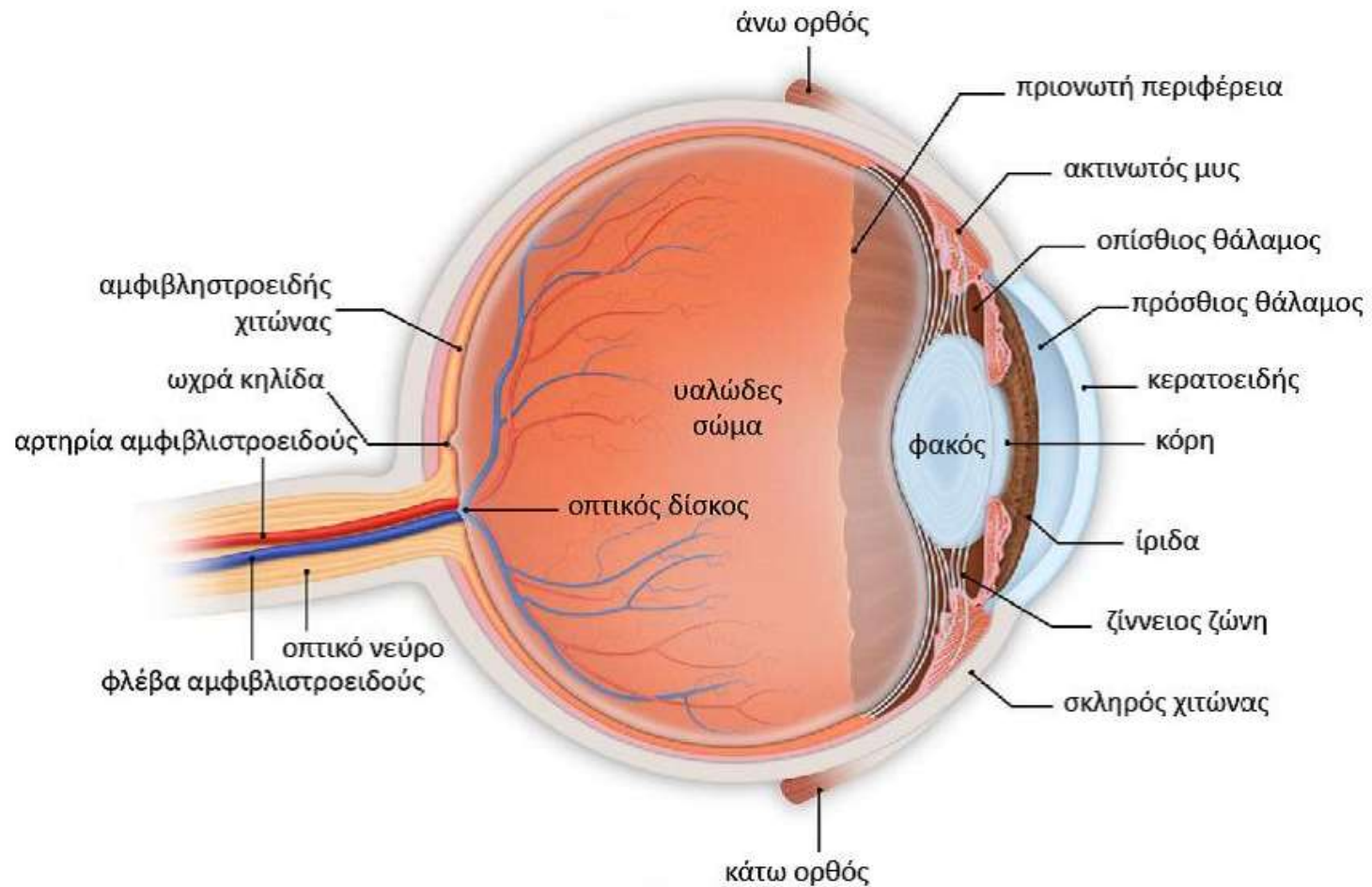
ενέργεια $1,24 < W < 12,4 \text{ eV}$

Η πρώτη στήλη ορίων χαρακτηρίζει το φως που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ως κόκκινο χρώμα, ενώ η δεύτερη στήλη χαρακτηρίζει το μοβ χρώμα.

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα συχνοτήτων



Απλοποιημένη αναπαράσταση του ματιού



Κωνία και ραβδία

Στον αμφιβληστροειδή χιτώνα υπάρχουν δύο είδη αισθητηρίων δεκτών: τα **κωνία** και τα **ραβδία** (περί τους 125.000.000 αισθητήριοι δέκτες)

- Τα **κωνία**, βρίσκονται κατανεμημένα στην κεντρική περιοχή του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, γύρω από την ωχρά κηλίδα. Για να διεγερθούν, απαιτούν μεγαλύτερη φωτεινή ένταση, και δίνουν πολύ ακριβέστερες οπτικές πληροφορίες (π.χ. διάκριση χρωμάτων, αποχρώσεων, σκιών, κ.λπ.)
- Τα **ραβδία**, βρίσκονται κατανεμημένα γύρω από τα κωνία. Χρειάζονται λιγότερο φως για να διεγερθούν, ενώ δίνουν λιγότερο ακριβείς οπτικές πληροφορίες (π.χ. μόνο τα περιγράμματα των αντικειμένων, ή πληροφορίες για αλλαγές φωτεινότητας σε περιοχές του οπτικού πεδίου)



Οπτική Κόπωση - Συνέπειες κακού φωτισμού (1/2)

- Οι συνέπειες της αυξημένης οπτικής κόπωσης είναι πολλαπλές:
 - Μείωση της οπτικής οξύτητας, κάψιμο ή τσούξιμο, παραγωγή δακρύων, κεφαλαλγίες, αϋπνία, κλπ.
 - Μείωση της απόδοσης των εργαζομένων
 - Αύξηση της επικινδυνότητας της εργασίας.
- Στην κόπωση του οπτικού συστήματος, συμβάλλουν επίσης και οι αυξημένες οπτικές απαιτήσεις που δημιουργούνται από:
 - Ανάγκη για εστίαση των ματιών για μακρό χρονικό διάστημα σε ένα συγκεκριμένο σημείο του οπτικού πεδίου
 - Συνεχή παρακολούθηση ενός κινούμενου αντικειμένου μικρών διαστάσεων,
 - Λήψη πολλών οπτικών πληροφοριών σε σύντομο χρόνο.

Κακές συνθήκες φωτισμού που αυξάνουν κόπωση του οπτικού συστήματος είναι:

- ανεπαρκή ένταση φωτισμού για τις απαιτήσεις της εργασίας
- ακατάλληλη χωροθέτηση των πηγών φωτός ή/και κατεύθυνση των ακτινών του με αποτέλεσμα τη θάμβωση
- μεγάλες διαφορές φωτεινότητας εντός του οπτικού πεδίου του εργαζομένου
- δημιουργία ανακλάσεων στις επιφάνειες εργασίας ή τις οθόνες των υπολογιστών
- ακατάλληλη σύσταση του τεχνητού φωτισμού, πολύ διαφορετική από τη σύσταση του φυσικού φωτός.

Αντίθεση φωτεινότητας

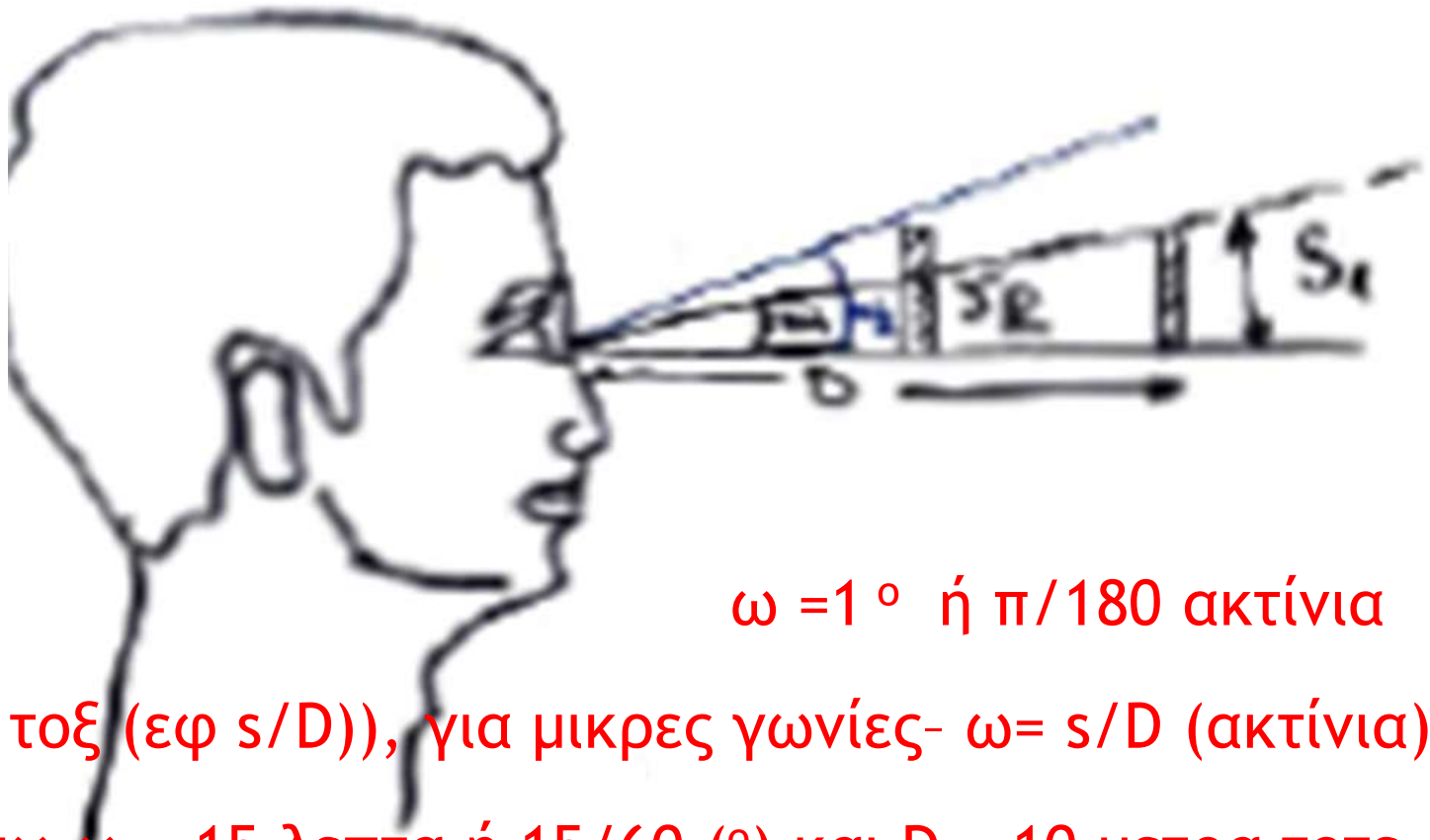


Αποδεκτά όρια αντίθεσης φωτεινότητας

μεσαία περιοχή αντίθεση $< 1:3$

μεσαία - εξωτερική $< 10:1$

Οπτική οξύτητα - ελάχιστη οπτική γωνία (ω) για την αναγνώριση ενός αντικειμένου (S)



$\omega = 1^\circ$ ή $\pi/180$ ακτίνια

$\omega = \text{τοξ}(\epsilon\phi s/D)$, για μικρες γωνίες- $\omega = s/D$ (ακτίνια)

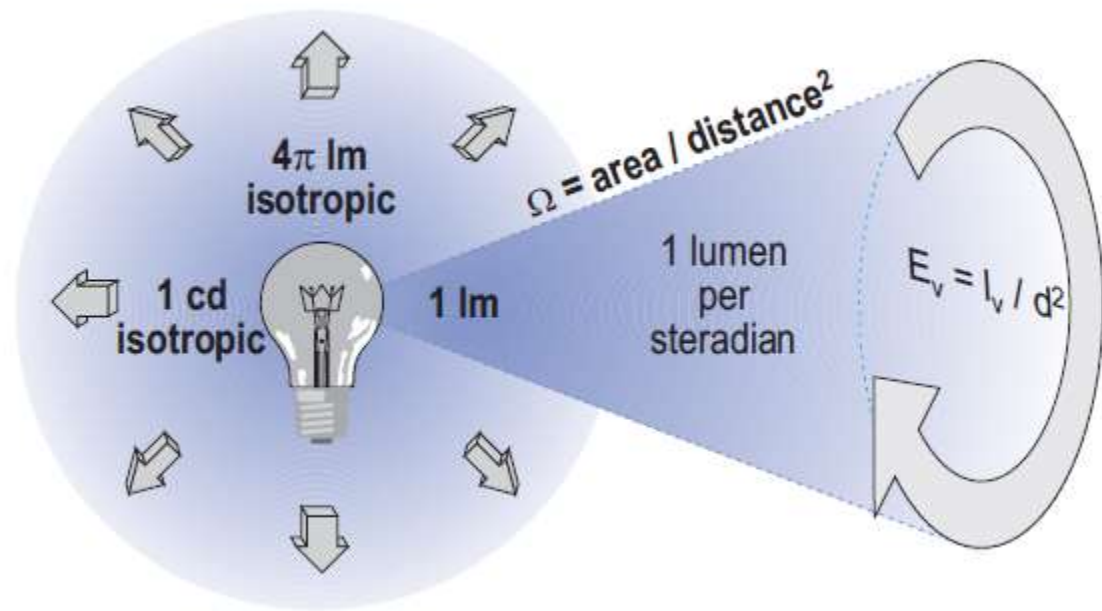
Εστω $\omega = 15$ λεπτα ή $15/60$ ($^\circ$) και $D = 10$ μετρα τοτε

$$S = \omega \times D = (15/60) \times (\pi/180) \times D = 4,4 \text{ cm}$$

Φωτιστικά μεγέθη - φωτεινή ροή πηγής

Φωτεινή ροή (Φ)
(luminus flux)

είναι η ποσότητα φωτός που παράγει μια φωτεινή πηγή προς όλες τις διευθύνσεις. Μετράται σε lumen



Area = $4 \pi R^2$ επιφάνεια σφαίρας με ακτίνα R

$\Omega = \text{area} / \text{distance}^2 = 4 \pi R^2 / R^2 = 4 \pi$ steradian

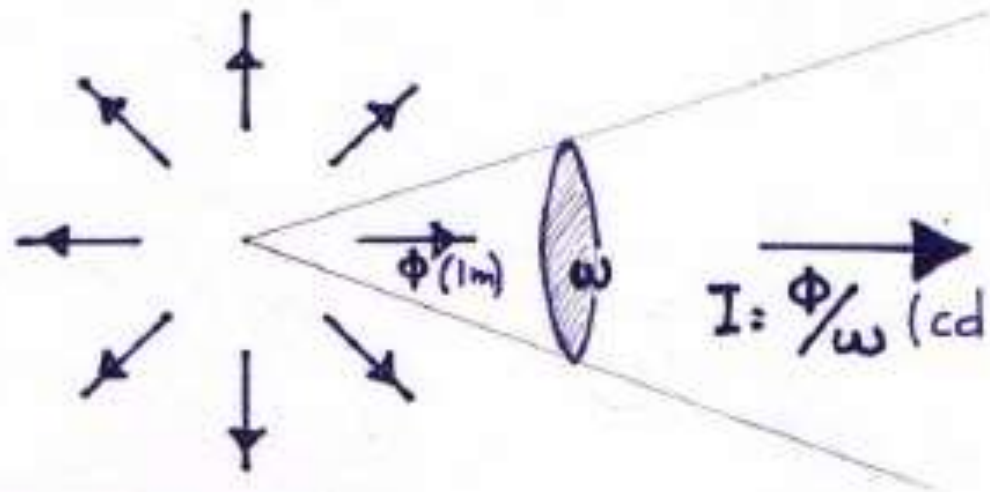
Μια σφαιρα έχει 4 π στερακτίνια

Φωτιστικά μεγέθη - Φωτεινή ένταση πηγής

Φωτεινή ένταση πηγής (Intensity)

είναι η φωτεινή
ροή Φ από μια
πηγή μέσα σε
μια μικρή στερεά
γωνία (ω).

Μετράται σε
candela

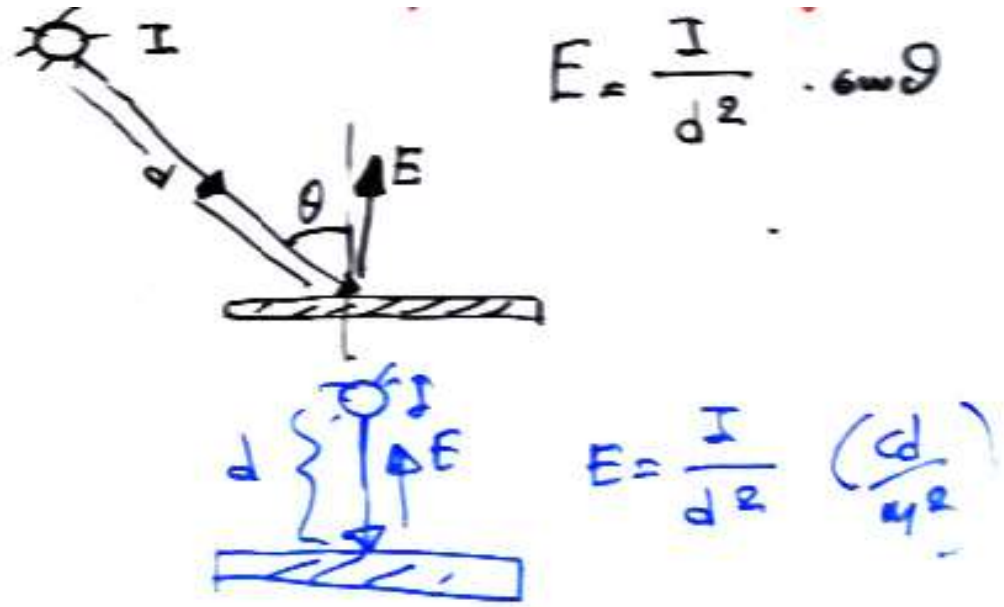


Φωτιστικά μεγέθη - ένταση φωτισμού επιφάνειας

Ένταση φωτισμού

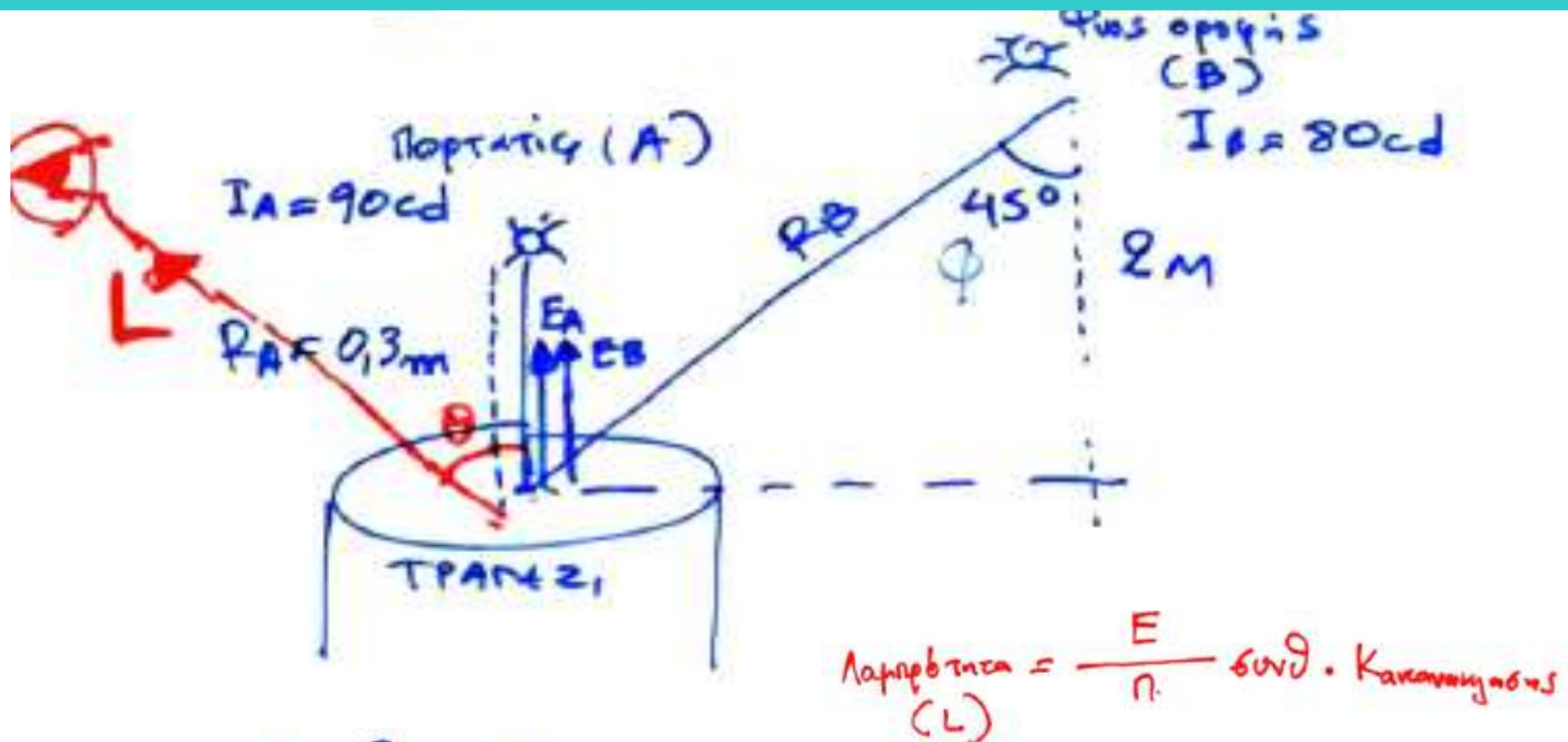
(E - lux) είναι η φωτεινή ροή που προσπίπτει κάθετα σε μια επιφάνεια A m²

$$E = \Phi / A \quad (\text{lux} = \text{lm} / \text{m}^2)$$



Η **ένταση φωτισμού (E)** εξαρτάται από την ένταση της φωτεινής πηγής (I), την απόσταση (d) και τη γωνία φωτισμού (θ). ΔΕΝ ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΥΠΟΨΗ Η ΣΤΙΛΠΝΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Υπολογισμός έντασης φωτισμού



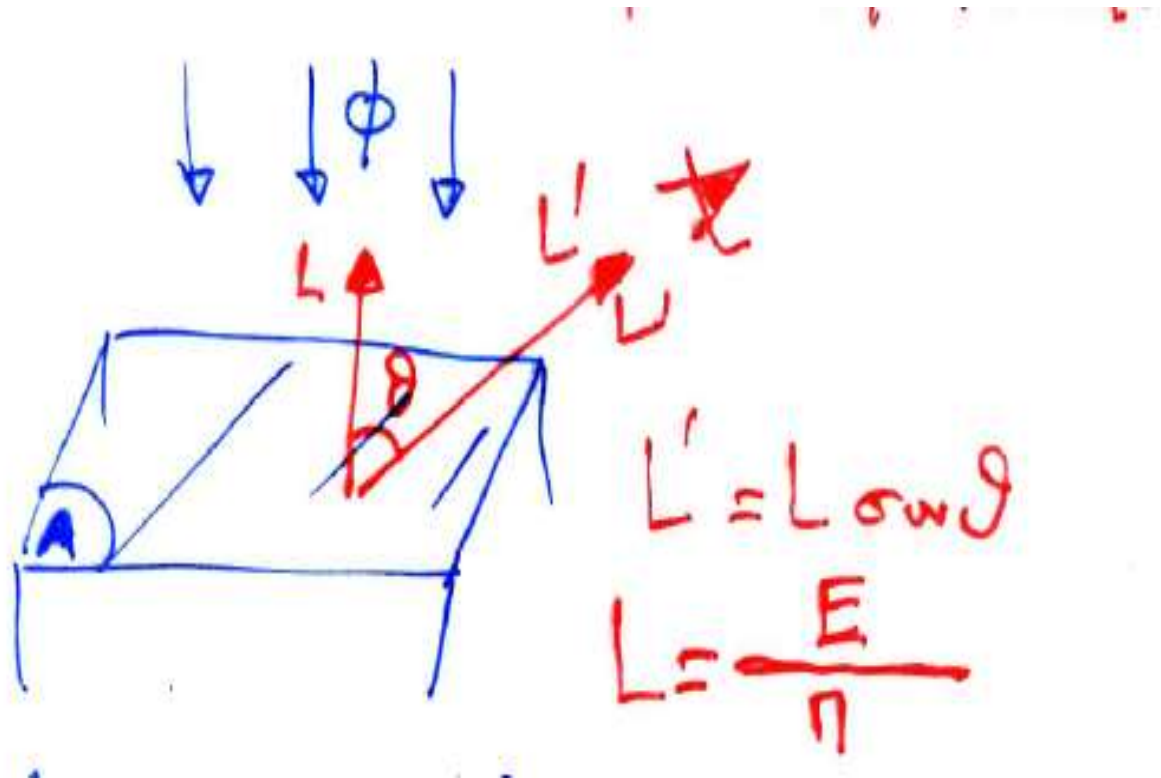
$$E_A = \frac{I_A}{R_A^2} = \frac{90}{(0,3)^2} = 1000 \text{ cd/m}^2$$

$$E_B = \frac{I_B}{R_B^2} = \frac{80}{2^2 + 2^2} \sin 45^\circ = 5\sqrt{2} = 7,2 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

$$E_0 = E_A + E_B = 1007,2 (\text{cd/m}^2)$$

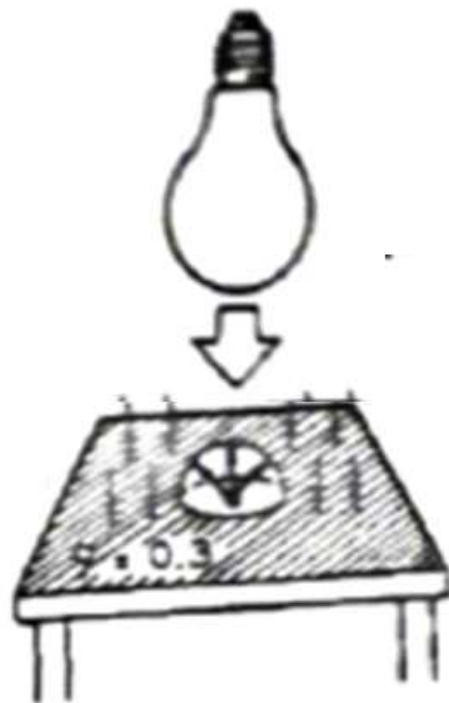
Φωτιστικά μεγέθη - Λαμπρότητα αντικειμένου

Λαμπρότητα
(**Luminance**) είναι η φαινομενική φωτεινότητα μιας επιφάνειας που φθάνει στο μάτι του παρατηρητή. Αντιστοιχεί στη **θάμβωση** που προκαλεί η φωτιζόμενη επιφάνεια του αντικειμένου. Μετράται σε cd/m^2



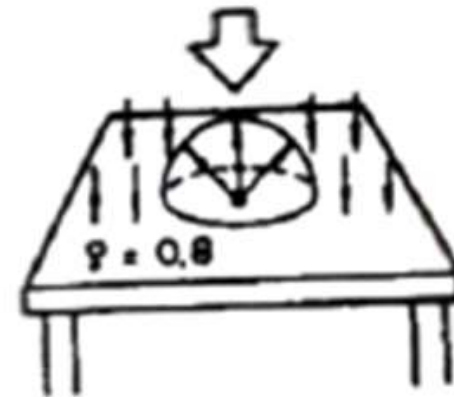
$$L' = \frac{E}{\eta} \cdot \cos \theta \quad (\text{λειτουργεί αντιστροφή})$$

Άσκηση στην λαμπρότητα



$$L = 50 \text{ Cd/m}^2$$

Λαμπρότητα φωτιζόμενης επιφάνειας:
π.χ. γραφείο για $E = 500 \text{ lx}$



$$L = 130 \text{ Cd/m}^2$$

Λαμπρότητα
φωτιζόμενης
επιφάνειας
 cd/m^2

= Φωτεινότητα (lux) επιφ./ π x Συντ. Αντανak.

$$= 500 \text{ (lux)} / \pi \times 0.8 = 130 \text{ cd/m}^2$$

Άσκηση στην λαμπρότητα



$$L_T = \text{λαμπρότητα τραπέζιου} = \frac{E_T}{\pi} \times 80\% = \underline{L_{TP} = 255 \text{ cd/m}^2}$$

$$L_{MA} = \text{λαμπρότητα μεταλ. αντικετ} = 0,12 \text{ stilb}$$

$$1 \text{ stilb} = 10^4 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \text{ άρα } (1200 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2})$$

$$\underline{L_{MA} = 1200 \text{ cd/m}^2}$$

$$\text{Contrast} = \frac{-L_T + L_{MA}}{L_T} = \frac{-255 + 1200}{255} = +3,7$$

Κανόνες φυσικού φωτισμού

- Πρέπει να επιδιώκεται ώστε οι χώροι εργασίας να φωτίζονται όσο το δυνατό περισσότερο με φυσικό φωτισμό.
- Η ένταση του φυσικού φωτισμού, ενώ πρέπει να είναι επαρκής, δεν πρέπει να είναι και μεγαλύτερη από όση χρειάζεται για την εκτέλεση των συγκεκριμένων εργασιακών δραστηριοτήτων.
- Πρέπει να αποφεύγεται η κατ' ευθείαν πρόσπτωση των ακτίνων του ηλίου στα μάτια ή στο οπτικό πεδίο των εργαζομένων, διότι αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία είτε θάμβωσης είτε μεγάλων διαφορών φωτεινότητας.

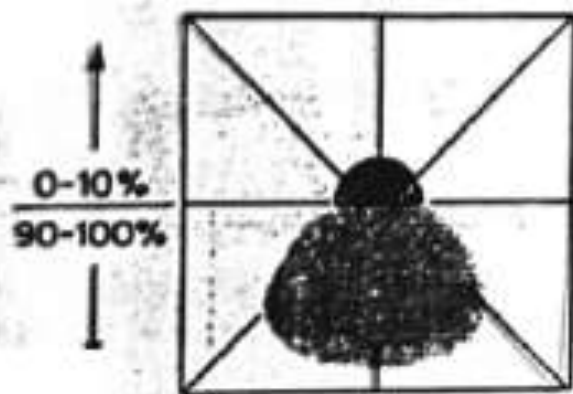
Κανόνες φυσικού φωτισμού (συνέχεια)

- Το φωτιστικό πηλίκιο, δηλαδή η σχέση του εμβαδού των παραθύρων προς το εμβαδόν του χώρου, πρέπει να είναι 1:7 ή ακόμη και 1:5 για χώρους των οποίων ο όγκος είναι μικρότερος των 30 m³.
- Άλλος τρόπος υπολογισμού του ελάχιστου εμβαδού των παραθύρων: Θεωρούμε ως ελάχιστο εμβαδόν παραθύρων (για χώρους μικρότερους των 30 m³) τα 2 m², και σ' αυτό το εμβαδόν προσθέτουμε 1 m² παραθύρων για κάθε 30 m³ χώρο. Δηλαδή:
 - για χώρο εργασίας ως 30 m³ χρειάζεται Ε παραθύρων 2 m²,
 - για χώρο εργασίας ως 60 m³ χρειάζεται Ε παραθύρων 2+1=3 m²,
 - για χώρο εργασίας ως 90 m³ χρειάζεται Ε 3+1=4 m², κοκ.

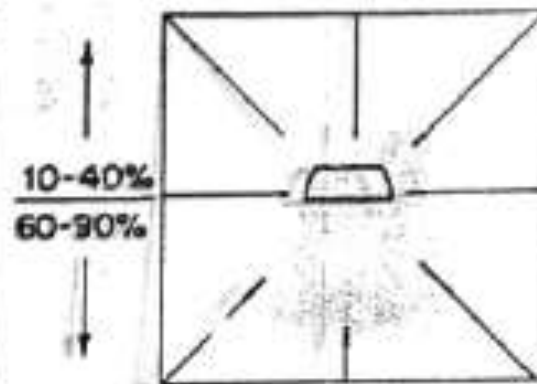
Κανόνες φυσικού φωτισμού (συνέχεια)

- Για να αποφύγουμε, την απ' ευθείας πρόσπτωση των ηλιακών ακτίνων στις θέσεις εργασίας, σε βιομηχανικά συγκροτήματα, καλό είναι να δημιουργείται πριονωτή στέγη, με τα παράθυρα τοποθετημένα επάνω σ' αυτή.
- Η σχέση μεταξύ της έντασης του φωτισμού στη θέση εργασίας και της έντασης του φωτισμού στο ύπαιθρο, πρέπει να είναι ανάλογος με τις οπτικές απαιτήσεις της εργασίας. Ο λόγος αυτός πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,5 για τις συνηθισμένες εργασίες, και 3,5 για εργασίες με υψηλές οπτικές απαιτήσεις.

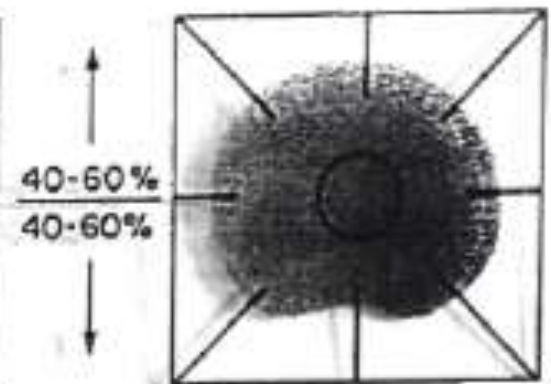
Είδη τεχνητού φωτισμού



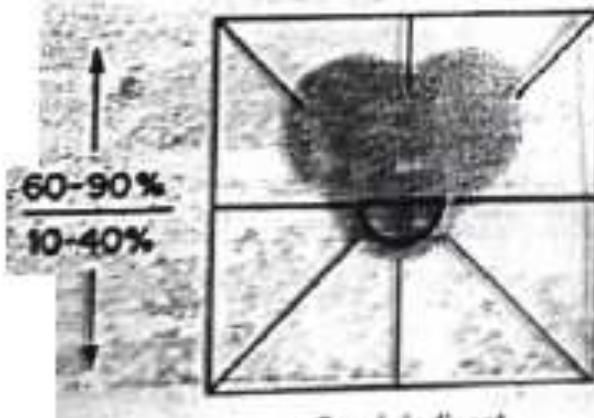
Direct



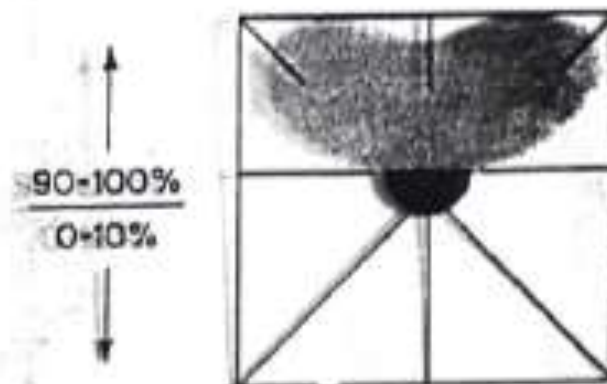
Semidirect



General diffuse



Semi-indirect



Indirect

Είδη τεχνητού φωτισμού

- **Άμεσος φωτισμός:** όλο σχεδόν το φως (90-100%), κατευθύνεται προς την επιφάνεια της εργασίας).

Πλεονεκτήματα: χαμηλό κόστος εγκατάστασης, ευκολία συντήρησης.

Μειονεκτήματα: προκαλεί θάμβωση, δημιουργεί έντονες σκιές.

- **Ημιάμεσος φωτισμός:** ένα μεγάλο μέρος του φωτός (50-90%), κατευθύνεται προς την επιφάνεια της εργασίας, ενώ το υπόλοιπο προς την οροφή.

Πλεονεκτήματα: είναι ευχάριστος, δημιουργεί λίγες σκιές και θάμβωση σε μικρό βαθμό, σχετικά μικρό κόστος εγκατάστασης, σχετικά εύκολη συντήρηση.

Μειονεκτήματα: δεν εξαφανίζει πλήρως τις σκιές και την θάμβωση, έχει σχετικά μικρή απόδοση.

- **Έμμεσος φωτισμός:** το μεγαλύτερο ποσοστό του φωτός (90-100%), κατευθύνεται προς την οροφή.

Πλεονέκτημα: ελαχιστοποιεί ή και εξαφανίζει τις σκιές και τη θάμβωση, εξασφαλίζει ομοιομορφία φωτισμού.

Μειονεκτήματα: μεγάλες δαπάνες για την αρχική εγκατάσταση και τη συντήρησή του.

Κανόνες τεχνητού φωτισμού

- Η ένταση του φωτισμού πρέπει να είναι επαρκής και ανάλογη με τις οπτικές απαιτήσεις των εργασιών που θα εκτελούνται στο σχεδιαζόμενο χώρο, αλλά και την ηλικία των εργαζομένων.

Γενικά, ισχύουν τα παρακάτω:

Εργασία χωρίς οπτικές απαιτήσεις	50- 60 LUX
Εργασία με μέτριες απαιτήσεις	120- 250 LUX
Εργασία με μεγάλες απαιτήσεις	1000-2000 LUX
Εργασία με πολύ μεγάλες απαιτήσεις	2000-4000 LUX

- Όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία των εργαζομένων τόσο περισσότερος φωτισμός χρειάζεται. Εάν ένα άτομο ηλικίας 40 ετών χρειάζεται X μονάδες έντασης φωτισμού, τότε,

ένα άτομο ηλικίας 30 ετών χρειάζεται $X/1.5$ LUX,

ένα άτομο ηλικίας 50 ετών χρειάζεται $2X$ LUX

ένα άτομο ηλικίας 60 ετών χρειάζεται $3X$ LUX

Κανόνες τεχνητού φωτισμού (συνέχεια)

- Το χρώμα του τεχνητού φωτισμού πρέπει να πλησιάζει όσο γίνεται περισσότερο το χρώμα του φυσικού φωτός. Στο φυσικό φως υπάρχουν 50% κυανές, 18% κίτρινες, και 32% ερυθρές ακτίνες.
- Η πυκνότητα του φωτισμού πρέπει να μην προκαλεί θάμβωση.
- Η λαμπρότητα των επιφανειών και των αντικειμένων που βρίσκονται στο οπτικό πεδίο πρέπει να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους.
- Προκειμένου να ελαχιστοποιούνται οι διαφορές λαμπρότητας στο οπτικό πεδίο του εργαζομένου, πρέπει:
 - τα παράθυρα να μην τοποθετούνται χαμηλά,
 - τα παράθυρα να διαθέτουν κατάλληλα στορ - κουρτίνες
 - οι επιφάνειες των τραπεζιών να μην είναι στιλπνές,
 - τα τμήματα των μηχανών και γενικά ό,τι βρίσκεται στο οπτικό πεδίο του εργαζομένου να έχουν περίπου την ίδια λαμπρότητα.

Κανόνες τεχνητού φωτισμού (συνέχεια)

- Ο τεχνητός φωτισμός πρέπει να είναι χρονικά και χωρικά συμμετρικός και ομοιόμορφος.

Ένας πρακτικός κανόνας που πρέπει να ισχύει για φωτιστικά σώματα που κρέμονται από την οροφή, είναι ότι η απόστασή τους από την οροφή πρέπει να είναι μικρότερη από το $1/4$ της απόστασης μεταξύ οροφής και επιφάνειας εργασίας.

- Τα φωτιστικά σώματα πρέπει να καθαρίζονται τακτικά, γιατί η σκόνη που επικάθεται σ' αυτά, ελαττώνει σημαντικά την απόδοσή τους, σε ποσοστά που πολλές φορές ξεπερνούν το 20%. Σε εργοστασιακούς χώρους έχει παρατηρηθεί μείωση της ισχύος των φωτιστικών σωμάτων, λόγω μη καθαρισμού τους, ακόμη και σε ποσοστό 70%.

Συμπερασματικά, **τεχνητός** φωτισμός πρέπει:

- ✓ να είναι ανάλογος του είδους και της φύσης της εργασίας που εκτελούν οι εργαζόμενοι,
- ✓ να μπορεί η έντασή του να ρυθμισθεί από τους ίδιους τους εργαζομένους,
- ✓ να έχει φασματικά χαρακτηριστικά που να πλησιάζουν κατά το δυνατό στα χαρακτηριστικά του φυσικού φωτός,
- ✓ να μην προξενεί θάμβωση,
- ✓ να μην ενοχλεί, να μην ρυπαίνει και να μην είναι επικίνδυνος για την υγεία των εργαζομένων,
- ✓ να μην προξενεί οι μεγάλες αντιθέσεις ή εναλλαγές φωτεινότητας στο οπτικό πεδίο των εργαζομένων,
- ✓ να διαχέεται, διευθύνεται και κατανέμεται σωστά,
- ✓ να έχει εξασφαλισθεί η συντήρηση και ο καθαρισμός του.

Φωτιστικά σώματα

- ✓ Λαμπτήρες πυρακτώσεως
- ✓ Λαμπτήρες αλογόνου
- ✓ Λαμπτήρες εκκενώσεως αερίων
- ✓ Λαμπτήρες φθορισμού

Λαμπτήρες πυρακτώσεως

Βασικά χαρακτηριστικά

μικρή διάρκεια ζωής (1000-2000 ώρες)

μικρή φωτεινή απόδοση (12lm/watt)

μικρό κόστος



Λαμπτήρες αλογόνου

Βασικά χαρακτηριστικά

πολύ καλή ποιότητα φωτός

φωτεινή απόδοση (25-5lm/watt)

μικρό κόστος



Χαρακτηριστικό του λαμπτήρα αλογόνου είναι το γεγονός ότι η παραγωγή φωτός βασίζεται στην πυράκτωση ενός νήματος και μέσα στο γυάλινο περίβλημα βρίσκονται μόρια αλογόνου που εμποδίζουν το μαύρισμα του λαμπτήρα. Το Βολφράμιο που εξατμίζεται από το νήμα δεν επικάθεται στο εσωτερικό του γυάλινου κελύφους γιατί ενώνεται με τα μόρια των αλογόνων. Όταν τα μόρια αλογόνου ενωμένα με αυτά του βολφραμίου έρθουν σε επαφή με το νήμα αποθέτουν τα μόρια βολφραμίου ξανά πάνω στο νήμα, τα μόρια αλογόνου απελευθερώνονται και συνεχίζουν την ίδια διαδικασία

Λαμπτήρες εκκένωσης αερίων

Βασικά χαρακτηριστικά

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων είναι μεταξύ 6000 και 20000 ωρών ενώ έχουν σχετικά υψηλή φωτεινή απόδοση



ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΑΕΡΙΩΝ - Δεν υπάρχει νήμα που πυρακτώνεται και εκπέμπει φως. Το φως παράγεται από ηλεκτρικές εκκενώσεις που προκαλούνται από διάφορα αέρια στο εσωτερικό του λαμπτήρα (φθόριο, βολφράμιο, νάτριο, υδράργυρος, αλογόνα, κλπ

Λαμπτήρες φθορισμού



Τα βασικά μέρη ενός λαμπτήρα φθορισμού (ή λαμπτήρα φθορίου) είναι (α) ο γυάλινος σωλήνας που περιέχει αδρανή αέρια (αργό) και υδράργυρο, (β) τα ηλεκτρόδια και (γ) χημικές ουσίες που καλύπτουν τον σωλήνα εσωτερικά (βόριο, βολφράμιο, πυρίτιο). Οι χημικές ουσίες που καλύπτουν τον σωλήνα εσωτερικά χρησιμοποιούνται για την μετατροπή της UV ακτινοβολίας (που παράγεται στο εσωτερικό από την εκκένωση) σε ορατό φως. Στην πράξη οι λαμπτήρες φθορίου έχουν κατά μέσο όρο 70-90lm/watt φωτεινή απόδοση. Κατά μέσο όρο η διάρκεια ζωής αυτών αγγίζουν πλέον τις 20000 ώρες ζωής.

Σύγκριση φωτιστικών σωμάτων

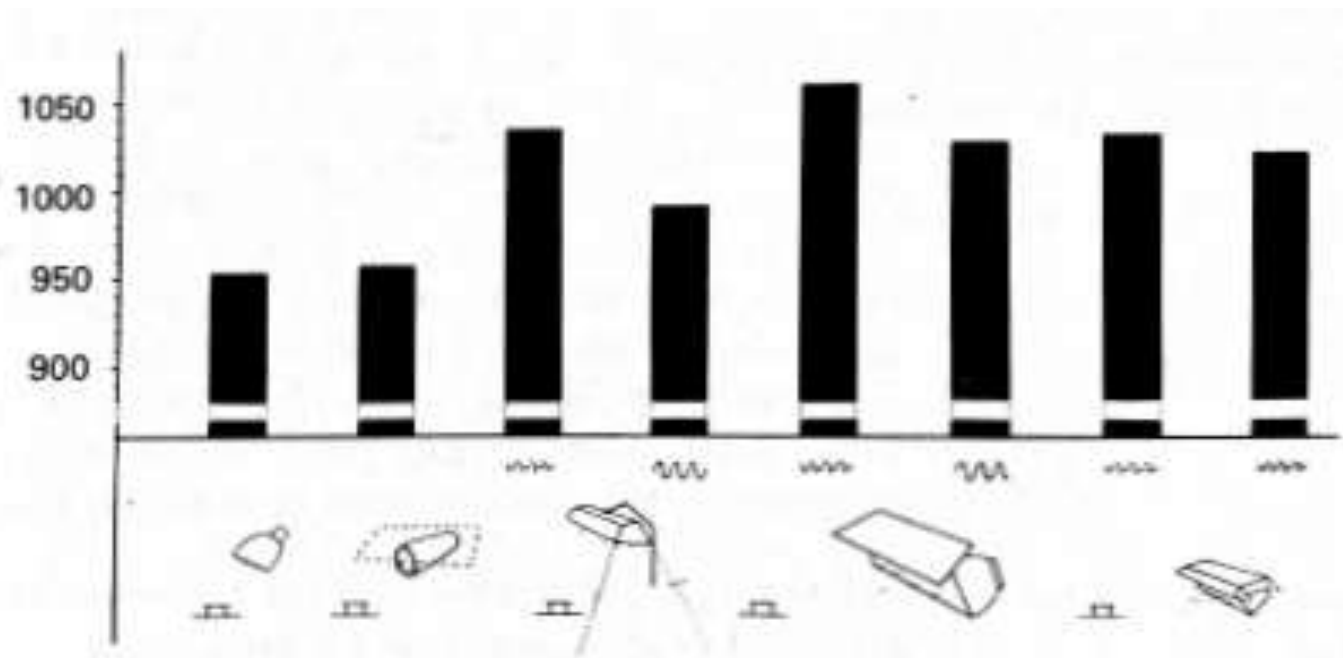
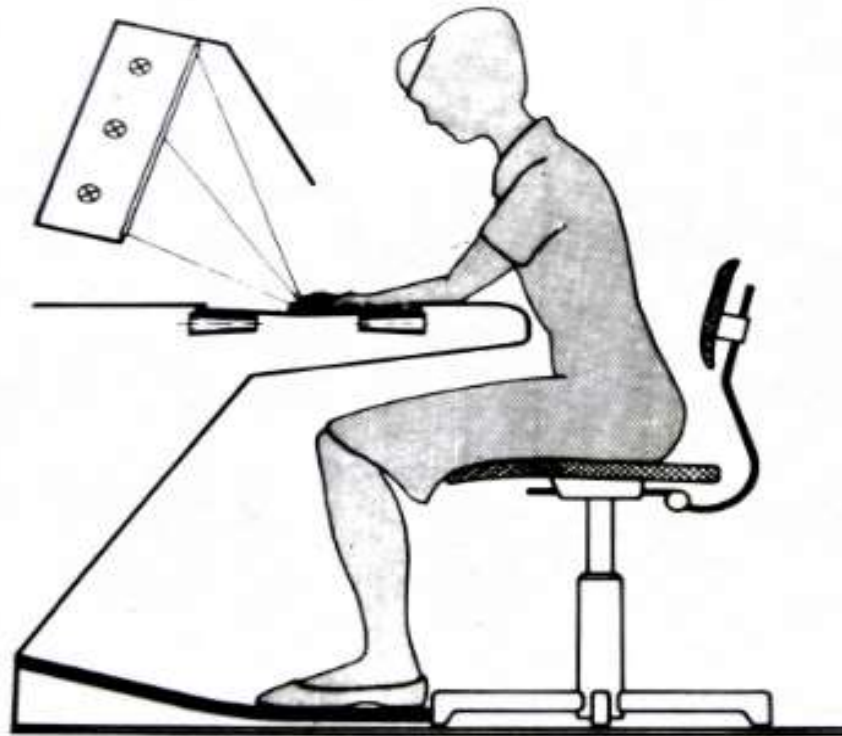


Fig. 168 Effects of different lamps and shades on precision work. The columns indicate the average hourly output in each of 15 experiments. The light sources tested, reading from left to right, were: filament lamp without reflector; filament lamp with reflector; fluorescent tubes with and without phase shift; broad and deep lighting over the work place from fluorescent tubes; fluorescent tubes with diffusing screens in front of them.

Χρήσιμοι κανόνες τεχνητού φωτισμού

- ομοιομορφία φωτισμού στην περιοχή εργασίας με τη χρήση κατάλληλων καλύπτρων που προκαλούν διάχυση του φωτός. Για εργασίες ακριβείας όμως πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική διάχυση επειδή η απουσία κάποιων απαραίτητων σκιών μπορεί να κάνει τα πάντα να φαίνονται επίπεδα και να κρύψει μερικά χαρακτηριστικά.
- αποφυγή θάμβωσης με τη χρήση κατάλληλων καλύπτρων των λαμπτήρων, την ορθή κατεύθυνση του φωτός και τη χρήση ανοικτών ματ χρωμάτων για τις διάφορες επιφάνειες.
- ελαχιστοποίηση της οπτικής κόπωσης μέσω της επάρκειας φωτισμού και της ελαχιστοποίησης των αντανakλάσεων, σκιών και θαμβώσεων
- χρήση τοπικού μετωπικού φωτισμού σε εργασίες ακριβείας ώστε να επιτυγχάνονται οι κατάλληλες αντιθέσεις φωτεινότητας και σκιές που είναι απαραίτητες.

Άσκηση στον φωτισμό θέσης επιθεώρησης



Προτάσεις για φωτισμό θέσης επιθεώρησης

- Φωτισμός από το μπροστινό μέρος της επιφάνειας εργασίας
- Διαθλαστικές διεπιφάνειες ώστε να γίνεται πιο ομοιόμορφος ο φωτισμός και να αποφεύγονται οι σκιές και οι πηγές θάμβωσης
- Προστατευτικές επιφάνειες που να εμποδίζουν την απευθείας οπτική επαφή με το φως
- Το φως πρέπει να προέρχεται από ένα μεγάλο φωτιστικό σώμα ώστε οι ακτίνες να πέττουν από διαφορετικές κατευθύνσεις στο τραπέζι και να μη δημιουργούνται σκιές και θαμβώσεις
- Οι λαμπτήρες φθορισμού προτιμούνται γιατί δεν εκλύουν θερμότητα, έχουν μεγάλη φωτεινή ένταση και μεγάλη επιφάνεια φωτισμού
- Οι λαμπτήρες φθορισμού πρέπει να τοποθετούνται ανά δύο ή ανά τρείς με διαφορά φάσης ώστε να αποφεύγεται το στροβοσκοπικό φαινόμενο

Ποιο χρώμα τεχνητού φωτισμού είναι το καταλληλότερο;

- Τα χαρακτηριστικά του τεχνητού φωτισμού να πλησιάζουν σε αυτά του φυσικού φωτός (50% κυανές, 18% κίτρινες, 32% ερυθρές ακτίνες).
- Όταν αγοράζουμε ρούχα πρέπει να τα βλέπουμε στο ηλιακό φως επειδή οι λαμπτήρες περιέχουν μεγάλο ποσοστό στα κυανά μήκη και υστερούν στα ερυθρά (το κυανούν χρώμα των ρούχων δεν αποδίδεται)
- Ομοίως, σε ένα δρόμο με λαμπτήρες νατρίου (εκπέμπουν κίτρινο φως) τα μπλε ή κόκκινα αυτοκίνητα φαίνονται σκούρα γκρι, αφού αποδίδεται ελάχιστο φως από το χρώμα τους για να ανακλάσουν.

Πότε χρησιμοποιούμε μονοχρωματικό φώς;

- Εάν είναι επιθυμητό να αυξηθεί το contrast ανάμεσα σε δύο χρωματισμένες επιφάνειες
- Πρέπει να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες που έχουν έλλειψη του μήκους κύματος του πιο σκούρου από τα δύο χρώματα.

➤ Για παράδειγμα, ένα πορτοκαλί φώς κάνει πιο ευκρινές ένα γαλάζιο αντικείμενο σε κίτρινο φόντο



- Ομως, επειδή το μονοχρωματικό φως προκαλεί οπτική κόπωση, καλό είναι να χρησιμοποιείται μόνο εάν είναι απόλυτα απαραίτητο και για όσο το δυνατόν μικρότερα χρονικά διαστήματα.

Άσκηση στον φωτισμό θέσης επιθεώρησης

Δύο λαμπτήρες φθορισμού
δίνουν ομοιόμορφη φώτιση
όπου οι λεπτομέρειες
διακρίνονται ξεκάθαρα



Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως
δημιουργεί μεγάλες
αντιθέσεις φωτεινότητας
το μεταλλικό περίβλημα
προκαλεί θάμβωση

