

4. Φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων

Φωτιστικό σώμα είναι κάθε διάταξη που διαμορφώνει την κατανομή στο χώρο της φωτεινής ακτινοβολίας, η οποία παράγεται από έναν ή περισσότερους λαμπήρες.

Κάθε φωτιστικό σώμα πρέπει να διαθέτει τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. Να παρέχει την κατάλληλη στήριξη στους λαμπήρες, στα εξαρτήματα λειτουργίας τους (όπου απαιτείται) και στους αγωγούς σύνδεσης.
2. Να διανέμει κατάλληλα τη φωτεινή ροή του λαμπήρα.
3. Να έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε η παραγόμενη από τον λαμπήρα θερμότητα να παραμένει σε τέτοια όρια, που να μην επηρεάζεται η λειτουργία του.
4. Να είναι εύκολη η εγκατάσταση και η συντήρησή του.
5. Να είναι καλαίσθητο και να εναρμονίζεται με το περιβάλλον.

4.1 Κατηγορίες φωτιστικών σωμάτων

Τα φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- α) Ανάλογα με το ποσοστό της φωτεινής ροής η οποία διαχέεται προς τα κάτω.
- β) Ανάλογα με το βαθμό προστασίας του φωτιστικού σώματος έναντι του νερού και της σκόνης.
- γ) Ανάλογα με τον τύπο της ηλεκτρικής μόνωσης του φωτιστικού σώματος.

Για κάθε κατηγορία, οι πίνακες που ακολουθούν μας δίνουν την αντίστοιχη διάκριση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων.

α) Κατάταξη ανάλογα με το ποσοστό της φωτεινής ροής

Πίνακας 4.1: Διάκριση φωτιστικών σωμάτων ως προς την κατανομή φωτεινής ροής.

Κατηγορία Φωτιστικού Σώματος	Κατανομή (%) της φωτεινής ροής ως προς το οριζόντιο επίπεδο	
	Προς τα πάνω	Προς τα κάτω
Άμεσο	0 - 10	90 - 100
Ημι - άμεσο	10 - 40	60 - 90
Διαχυτικό (Ομοιόμορφο)	40 - 60	40 - 60
Ημι - έμμεσο	60 - 90	10 - 40
Έμμεσο	90 - 100	0 - 10

Με τον **άμεσο** φωτισμό, ποσοστό μεγαλύτερο του 90 % της φωτεινής ροής των λαμπτήρων στέλνεται άμεσα προς τα κάτω, στο επίπεδο εργασίας. Οι απώλειες από απορρόφηση τοίχων και οροφής είναι μικρές και ο βαθμός απόδοσης του φωτισμού του χώρου είναι μεγάλος. Επειδή η οροφή φωτίζεται ελάχιστα, ο φωτισμός αυτός κρύβει τυχόν ακαλαίσθητα στοιχεία της (δοκοί, σιδηροκατασκευές κ.λπ.). Ο φωτισμός αυτός δημιουργεί σκιές, τονίζοντας έτσι την τρίτη διάσταση των αντικειμένων. Χρησιμοποιείται όπου απαιτείται να διακρίνουμε λεπτομέρειες, κυρίως σε εφαρμογές τοπικού φωτισμού.

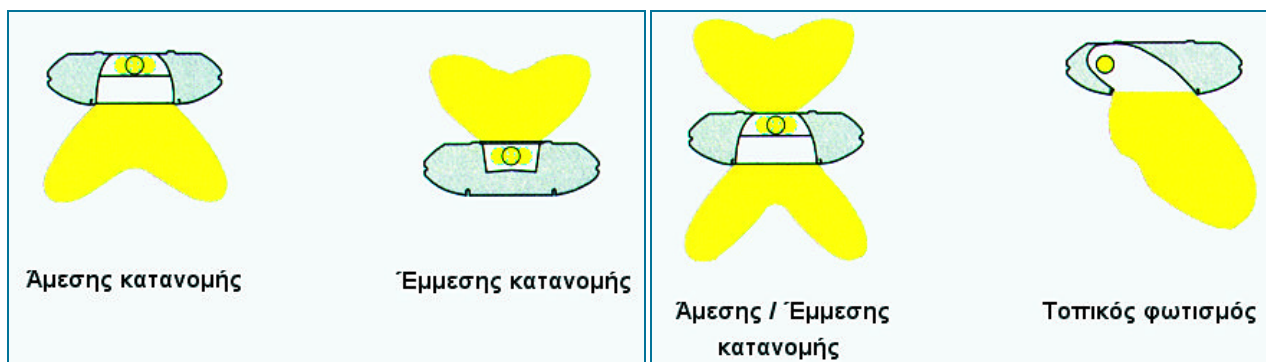
Με τον **έμμεσο** φωτισμό, ποσοστό μεγαλύτερο του 90 % στέλνεται προς την οροφή, απ' όπου μετά από ανάκλαση επιστρέφει στο επίπεδο εργασίας. Ο φωτισμός αυτός έχει μεγάλες απώλειες, λόγω απορρόφησης στην οροφή και στους τοίχους του φωτιζόμενου χώρου, με συνέπεια το μικρό βαθμό απόδοσης. Χαρακτηριστικό του είναι ότι οι λαμπτήρες δεν είναι εμφανείς (κρυφός φωτισμός). Επειδή το φως έρχεται στα φωτιζόμενα αντικείμενα από όλες τις κατευθύνσεις, δεν υπάρχουν σκιές, με αποτέλεσμα ο παρατηρητής να μην μπορεί να διακρίνει τις προεξοχές από τις εσοχές στα αντικείμενα που παρατηρεί.

Ο φωτισμός αυτός δημιουργεί μια αίσθηση χαλαρότητας και ενδείκνυται για χώρους αναμονής.

Οι περισσότερο ήπιες μορφές φωτισμού είναι ο ημιάμεσος και ο ημιέμμεσος. Ο ομοιόμορφος φωτισμός αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση.

Σε πολλές εφαρμογές φωτισμού, για διάφορους λόγους, χρησιμοποιούνται λαμπτήρες φθορισμού. Επειδή όμως διαθέτουν μεγάλη φωτιστική επιφάνεια

και το φως το οποίο παρέχουν είναι διάχυτο, πρέπει να συνδυάζονται με προβολείς τοπικού φωτισμού, για να αναδεικνύονται οι λεπτομέρειες των φωτιζόμενων αντικειμένων.



Σχήμα 4.1: Σχηματική παράσταση φωτιστικών σωμάτων με κατανομή του φωτός

β) Κατάταξη ανάλογα με το βαθμό προστασίας

Κάθε φωτιστικό σώμα χαρακτηρίζεται από τον κατασκευαστή του με το δείκτη προστασίας IP και με δύο αριθμούς, π.χ. IP 44. Ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στο βαθμό προστασίας από εισχώρηση στερεών σωμάτων ή σκόνη και ο δεύτερος αναφέρεται στο βαθμό προστασίας από νερό.

Πίνακας 4.2: Βαθμοί προστασίας φωτιστικών σωμάτων

Προστασία από στερεά σώματα	Προστασία από υγρά
0. Δεν υπάρχει καμιά προστασία έναντι της εισχώρησης ξένων σωμάτων.	0. Δεν υπάρχει καμιά προστασία έναντι του νερού. 1. Προστασία από νερό που στάζει κάθετα.
1. Προστασία από εισχώρηση στερεών σωμάτων μεγάλων διαστάσεων, μεγαλύτερων των 50 mm (π.χ. προστασία από ακούσια επαφή με το χέρι).	2. Προστασία από σταγόνες νερού. Η προστασία αυτή πρέπει να ισχύει για γωνία κλίσης του φωτιστικού μέχρι 15° από την κατακόρυφο.
2. Προστασία από εισχώρηση στερεών σωμάτων μέσου μεγέθους, μεγαλύτερων των 12 mm (π.χ. προστασία από επαφή με τα δάκτυλα).	3. Προστασία από βροχή. Η προστασία αυτή πρέπει να ισχύει για γωνία πτώσης της βροχής μέχρι και 60° από την κατακόρυφο.

Πίνακας 4.2: Βαθμοί προστασίας φωτιστικών σωμάτων

Προστασία από στερεά σώματα	Προστασία από υγρά
3. Προστασία από εισχώρηση στερεών σωμάτων μικρού μεγέθους, μεγαλύτερων των 2,5 mm (π.χ. εργαλεία, καλώδια).	4. Προστασία από υγρό το οποίο ρίχνεται με οποιαδήποτε γωνία στο φωτιστικό σώμα.
4. Προστασία από είσοδο στερεών σωμάτων μεγαλύτερων του 1 mm (π.χ. λεπτά εργαλεία, λεπτά σύρματα).	5. Προστασία από νερό το οποίο εκτοξεύεται πάνω στο φωτιστικό σώμα από όλες τις κατευθύνσεις.
5. Υπάρχει προστασία από τη σκόνη σε τέτοιο βαθμό, ώστε η σκόνη που εισχωρεί να μη δημιουργεί προβλήματα στη λειτουργία του φωτιστικού και να μην αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά του.	6. Προστασία από ρίψη νερού υπό πίεση, ισοδύναμη με θαλάσσια κύματα, από όλες τις κατευθύνσεις.
6. Υπάρχει απόλυτη προστασία από τη σκόνη. Το φωτιστικό σώμα είναι κονιορτοστεγές.	7. Προστασία από νερό, όταν το φωτιστικό σώμα εμβαπίζεται μέσα στο νερό σε μικρό βάθος και σε μικρή χρονική διάρκεια. Το φωτιστικό σώμα είναι υδατοστεγές.
	8. Προστασία από βύθιση διαρκείας στο νερό και σε βάθος.

γ) *Κατάταξη σύμφωνα με τον τύπο προστασίας από ηλεκτροπληξία*

Τα φωτιστικά σώματα ταξινομούνται σύμφωνα με τον τύπο προστασίας από ηλεκτροπληξία ως: Κλάση 0, Κλάση I, Κλάση II και Κλάση III.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει την κατάταξη των φωτιστικών σωμάτων με κριτήριο την ηλεκτρική τους προστασία.

Πίνακας 4.3: Κλάσεις προστασίας φωτιστικών σωμάτων

Κατηγορία φωτιστικού σώματος	Σύμβολο	Περιγραφή ηλεκτρικής προστασίας
0		Φωτιστικό σώμα το οποίο δε διαθέτει βίδα γείωσης και διπλή ή ενισχυμένη μόνωση. Η προστασία από ηλεκτροπληξία εξαρτάται μόνο από τη βασική μόνωση.
1		Φωτιστικό σώμα το οποίο διαθέτει βίδα γείωσης ή επαφή γείωσης. Η προστασία από ηλεκτροπληξία δεν εξαρτάται μόνο από τη βασική μόνωση, αλλά περιέχει ένα επιπρόσθετο μέτρο ασφαλείας, με τη μορφή μέσων για τη σύνδεση των προσοιτών αγώγιμων μερών στον αγωγό προστασίας (γείωσης) της σταθερής συρμάτωσης της εγκατάστασης, έτσι που να μην μπορούν να τεθούν υπό τάση τα προσοιτά αυτά αγώγιμα μέρη, σε περίπτωση αστοχίας της βασικής μόνωσης.
11	II	Η προστασία από ηλεκτροπληξία δεν εξαρτάται μόνο από τη βασική μόνωση, αλλά έχουν προβλεφθεί επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας, όπως διπλή ή ενισχυμένη μόνωση. Δε διαθέτει επαφή ή βίδα γείωσης.
111	III	Φωτιστικό σώμα το οποίο προορίζεται για πολύ χαμηλές τάσεις τροφοδοσίας. Η προστασία από ηλεκτροπληξία βασίζεται στο γεγονός ότι το φωτιστικό λειτουργεί με πολύ χαμηλή τάση, η οποία δε δημιουργεί κανένα κίνδυνο για τον άνθρωπο. Ένα φωτιστικό σώμα αυτής της Κλάσης δεν πρέπει να είναι εφοδιασμένο με μέσα για γείωση προστασίας.

4.2 Τύποι φωτιστικών σωμάτων εσωτερικών χώρων

Τα φωτιστικά σώματα γενικής χρήσης τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά μπορούν να καταταγούν σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες πυράκτωσης

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία φωτιστικών σωμάτων, κυρίως διακοσμητικού χαρακτήρα. Η χρήση των περισσότερων απ' αυτά σωμάτων είναι αποτέλεσμα απλής επιλογής και όχι φωτοτεχνικής μελέτης. Στις μελέτες φωτισμού, δύο τύποι παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αυτοί ανήκουν στην κατηγορία φωτιστικών σωμάτων σημειακού φωτισμού (τύπος SPOT). Τα SPOT μπορούν να τοποθετηθούν είτε εσωτερικά σε ψευδοροφές είτε εξωτερικά, με τη μορφή μικρών προβολέων.



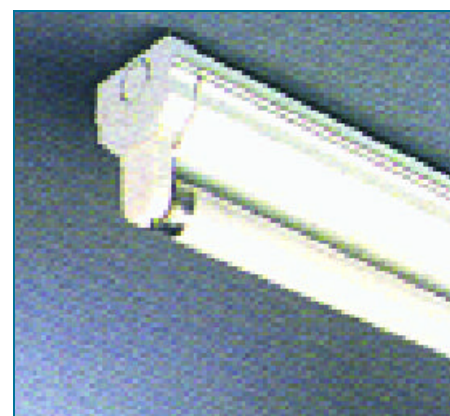
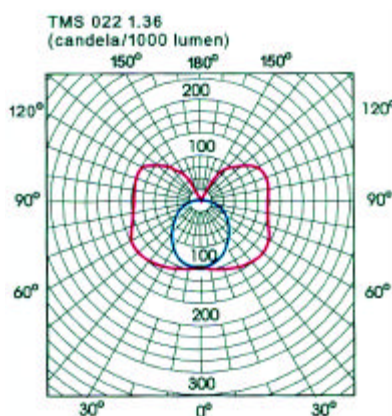
Σχήμα 4.2: Διάφορες μορφές SPOT

2. Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπήρες φθορισμού

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι περισσότεροι τύποι φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται στις μελέτες φωτισμού. Διακρίνονται σε:

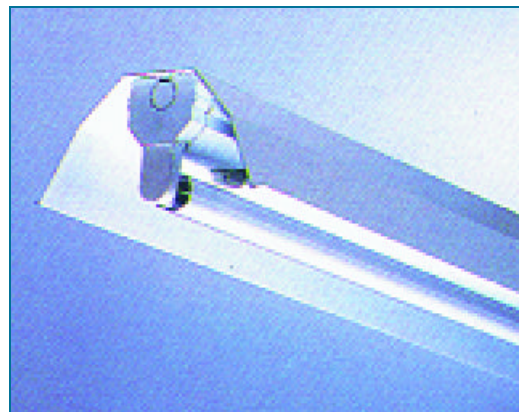
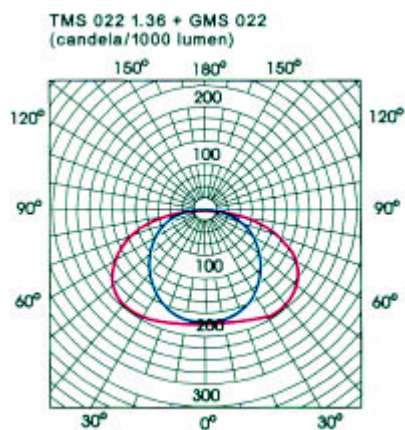
α. Απλά φωτιστικά σώματα ή σκαφάκια

Τα σκαφάκια απλού ή βιομηχανικού τύπου αποτελούν την απλούστερη μορφή φωτιστικού σώματος φθορισμού. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου η εξωτερική εμφάνιση του φωτιστικού σώματος δεν έχει σημασία.



Σχήμα 4.3: Σκαφάκι

β. Σκαφάκια
βιομηχανικού τύπου
με ανταυγαστήρες.



Σχήμα 4.4:
Σκαφάκι με ανταυγαστήρα



γ. Φωτιστικά σώματα με πλαστικό κάλυμμα
Υπάρχουν διάφορα είδη πλαστικού καλύμματος, όπως διαφανές, πρισματικό, γαλακτόχρουν κ.λπ.. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές φωτισμού εσωτερικών χώρων, όπου η εμφάνιση του φωτιστικού σώματος έχει και διακοσμητική σημασία.

Σχήμα 4.5: Φωτιστικό σώμα με πλαστικό κάλυμμα

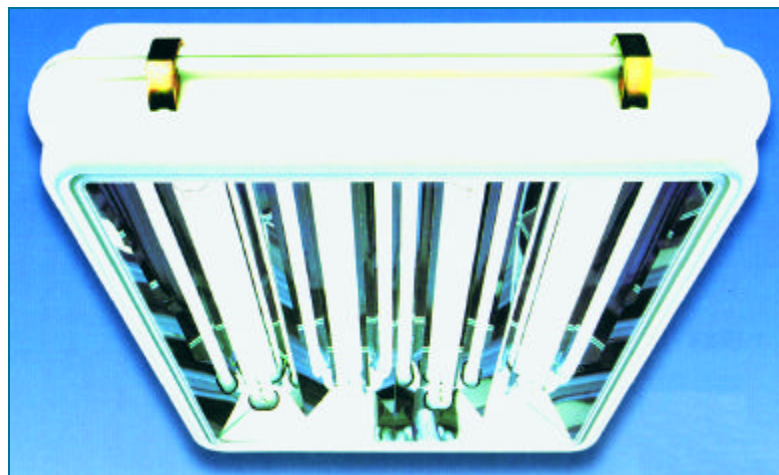
δ. Φωτιστικά σώματα με περσίδες



Σχήμα 4.6: Φωτιστικό σώμα με περσίδες

ε. Φωτιστικά σώματα ειδικών εφαρμογών

Τέτοια φωτιστικά σώματα διαθέτουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως το να είναι στεγανά, αντiekρηκτικά, κατάλληλα για ιατρικές εφαρμογές κ.λπ..



Σχήμα 4.6: Φωτιστικό σώμα με περσίδες

4.3 Φωτιστικά ασφαλείας

Όλα τα σύγχρονα φωτιστικά σώματα φθορισμού μπορούν να εξοπλιστούν με συνδεσμολογία και εξαρτήματα για λειτουργία με αυτόματο σύστημα φωτισμού ασφαλείας, εφόσον το επιτρέπουν οι διαστάσεις του φωτιστικού. Κατά τη διακοπή της τάσης τροφοδότησης της εγκατάστασης, ανάβει ένας από τους λαμπήρες του φωτιστικού, περίπου στο 20% της ονομαστικής φωτεινής ροής του. Τα χαρακτηριστικά αυτού του συστήματος είναι τα εξής:

1. Μόνιμη λειτουργία. Το φωτιστικό λειτουργεί κανονικά, με την τάση τροφοδοσίας του δικτύου.
2. Αντιστροφή της τάσης με ηλεκτρονικό μετατροπέα (inverter), παρέχοντας προστασία έναντι ολικής εκφόρτισης της μπαταρίας.
3. Μπαταρία νικελίου - καδμίου.
4. Ενδεικτική λυχνία (LED), για την παρουσία τροφοδοσίας και τη φόρτιση της μπαταρίας.
5. Χρόνος επαναφόρτισης της μπαταρίας, 24 ώρες.
6. Αυτονομία για μία ώρα. Είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη αυτονομία, ανάλογα με το φορτίο που υποστηρίζει η μπαταρία.

Στην πράξη, συνήθως χρησιμοποιούνται αυτόνομα φωτιστικά σώματα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Επαναφορτιζόμενο φωτιστικό ασφαλείας με έναν ή δύο λαμπήρες φθορισμού, ισχύος συνήθως 8 W.
2. Λειτουργεί (ανάβει), όταν υπάρξει διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος.
3. Έχει αυτόματη επαναφορά, όταν αποκατασταθεί η τάση στο δίκτυο, και παραμένει σε κατάσταση ετοιμότητας.
4. Διαθέτει μπουτόν για τον έλεγχο λειτουργίας του λαμπήρα.
5. Έχει αυτονομία 6 - 7 ώρες για συνεχή λειτουργία ενός λαμπήρα ή 3,5 ώρες για τη λειτουργία και των δύο.

Έχουν εφαρμογές σε καταστήματα, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, τράπεζες, εργοστάσια, σχολεία, θέατρα, κλιμακοστάσια κ.λπ..

■ 4.4 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες ατμών υδραργύρου ή νατρίου

Ο πλέον συνηθισμένος τύπος είναι ο τύπος «καμπάνα», με ανακλαστήρα στενής ή ευρείας δέσμης. Είναι κατάλληλος για εσωτερικούς χώρους με ύψος μεγαλύτερο από 5m και για ένα λαμπτήρα ατμών υδραργύρου ή νατρίου υψηλής πίεσης, ισχύος 250W, 400W.

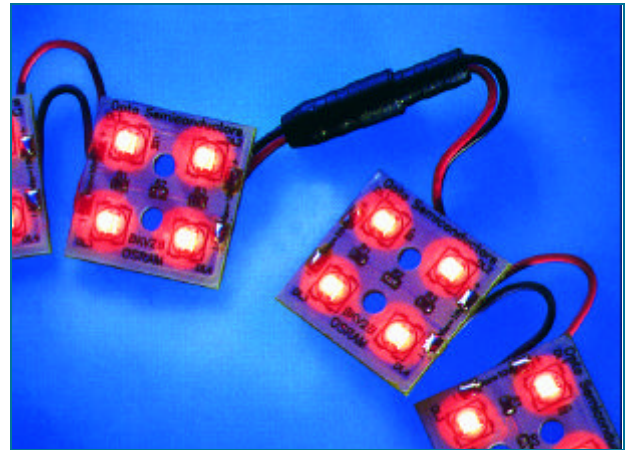
Χρησιμοποιείται για το φωτισμό βιομηχανικών χώρων, αποθηκευτικών χώρων, σταθμών αυτοκινήτων και κλειστών αθλητικών χώρων, όπως γήπεδα, γυμναστήρια κ.λπ. .



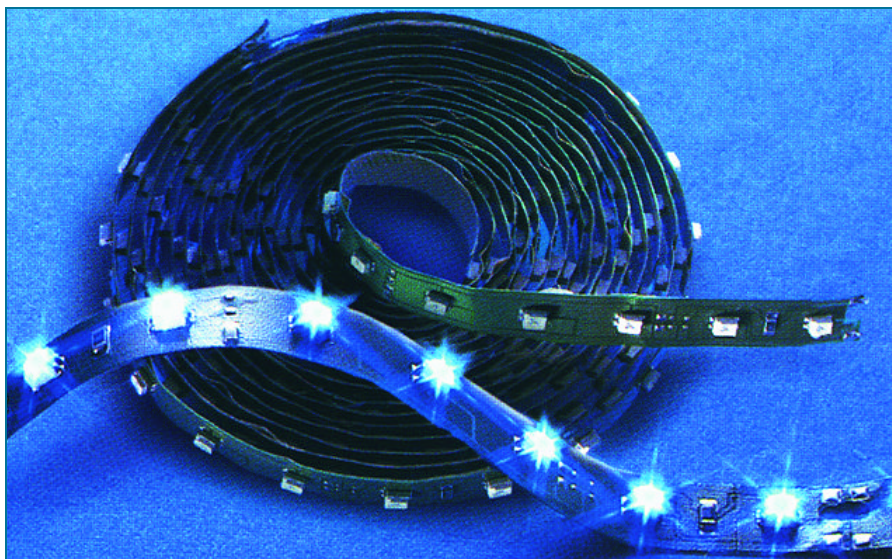
Σχήμα 4.8: Φωτιστικό σώμα ατμών υδραργύρου

■ 4.5 Φωτιστικά σώματα κατάλληλα για λαμπτήρες LED

Είναι φωτιστικά σώματα που μπορούν να περιέχουν σε κατάλληλες επιφάνειες έως και μερικές χιλιάδες διόδους φωτοεκπομπής (LED). Οι διόδοι φωτοεκπομπής έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης, πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής (100.000 ώρες λειτουργίας), μικρές διαστάσεις (μερικά χιλιοστά), μεγάλη αντοχή σε χτυπήματα και κραδασμούς, δεν εκπέμπουν υπέρυθρες ή υπεριώδεις ακτινοβολίες και έχουν πολύ μικρή κατανάλωση.



Σχήμα 4.9: Δίοδοι φωτοεκπομπής



4.6 Φωτιστικά σώματα με οπτικές ίνες

Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως είναι:

- Ι ο φωτισμός πολύ μικρών χώρων, όπως οι βιτρίνες καταστημάτων και πίνακες ανακοινώσεων,
- Ι ο φωτισμός σε χώρους με αυξημένη υγρασία, όπως είναι οι πισίνες, σε χώρους με επικίνδυνα εύφλεκτα αέρια και γενικά σε εφαρμογές όπου το ηλεκτρικό ρεύμα θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα,
- Ι ο φωτισμός έργων τέχνης, όπου απαιτείται πολύ μικρή εκπομπή θερμότητας και μηδαμινή υπερϊώδης ακτινοβολία,
- Ι ο φωτισμός στη σηματοδότηση της κυκλοφορίας των οχημάτων και διαφημιστικών επιγραφών,

Τα συστήματα φωτισμού με οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται και σε πλήθος άλλων εφαρμογών.

Κάθε σύστημα οπτικών ινών αποτελείται:

- α) από τη φωτεινή πηγή,
- β) από την οπτική ίνα και
- γ) από την απόληξη της οπτικής ίνας.

Η φωτεινή πηγή περιλαμβάνει την ανάλογη λυχνία, τα απαραίτητα φίλτρα και ένα μικρό ανεμιστήρα ψύξης. Παράγει και εκπέμπει το φως προς το βύσμα, όπου ενώνονται όλες οι οπτικές ίνες της διάταξης. Μέσα στη φωτεινή πηγή και μεταξύ της λυχνίας και του βύσματος, παρεμβάλλονται φίλτρα για τον περιορισμό της υπερϊώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Υπάρχει επίσης και η δυνατότητα χρησιμοποίησης περιστρεφόμενου δίσκου με διάφορα χρωματιστά φίλτρα, για τη δημιουργία φωτιστικών εφέ.

Η οπτική ίνα που φτάνει από την πηγή μέχρι το χώρο που απαιτείται να φωτιστεί, έχει συνήθως μήκος 8-9 μέτρα. Η ελεύθερη απόληξη της οπτικής ίνας παρέχει το φως που έχει μεταφερθεί μέσω της ίνας με τη μορφή δέσμης γωνίας 60° .

Με ειδικά μηχανήματα δίνεται η δυνατότητα να μεγαλώσει ή να μικρύνει η δέσμη, δίνοντας στον φωτιζόμενο χώρο την ατμόσφαιρα που απαιτεί η εφαρμογή.

Η πολύ μικρή διατομή των οπτικών ινών και η δυνατότητα πολλαπλών αναχωρήσεων από το βύσμα προσφέρουν απεριόριστες δυνατότητες φωτισμού.



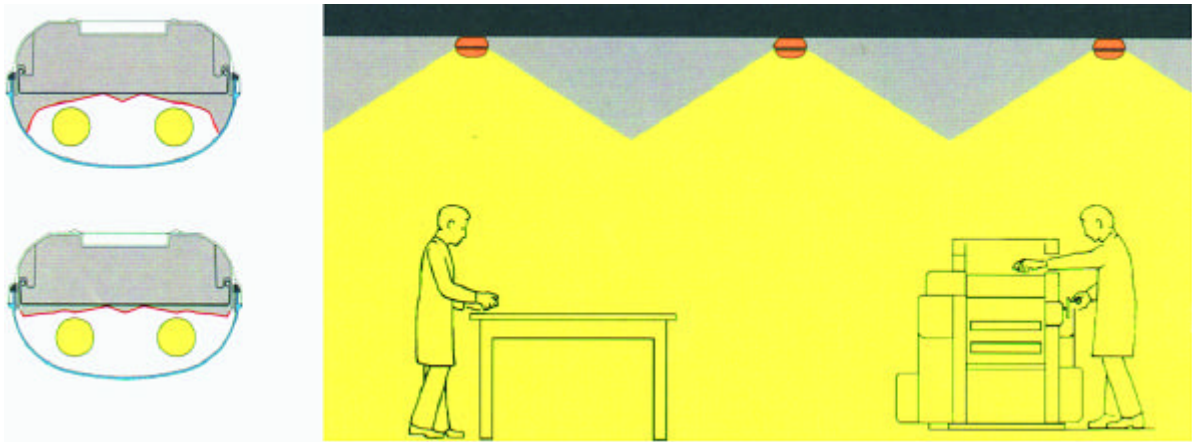
Σχήμα 4.10:
Διάταξη φωτισμού
με οπτικές ίνες

4.7 Ανταυγαστήρες

Στις φωτοτεχνικές εφαρμογές, πολλές φορές απαιτείται να δώσουμε διάφορες μορφές (παράλληλη, συγκεντρωτική, διαχεόμενη κ.λπ.) στην ανακλώμενη δέσμη. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση στα φωτιστικά σώματα ανταυγαστήρων κατάλληλου σχήματος και υλικού. Χρησιμοποιώντας παραβολικούς ανταυγαστήρες, αυξάνονται οι αποδόσεις του φωτιστικού μέχρι και 25%. Βελτιώνοντας το φωτισμό στο επίπεδο εργασίας, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του λειτουργικού κόστους. Συνήθως, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι ανταυγαστήρων:

A. Ανταυγαστήρες ευρείας δέσμης

Για χρήση σε χώρους με ύψος από 3 έως 6 μέτρα.



Σχήμα 4.11: Κατανομή φωτός με ανταυγαστήρα ευρείας δέσμης

B. Ανταυγαστήρες συγκεντρωτικής δέσμης

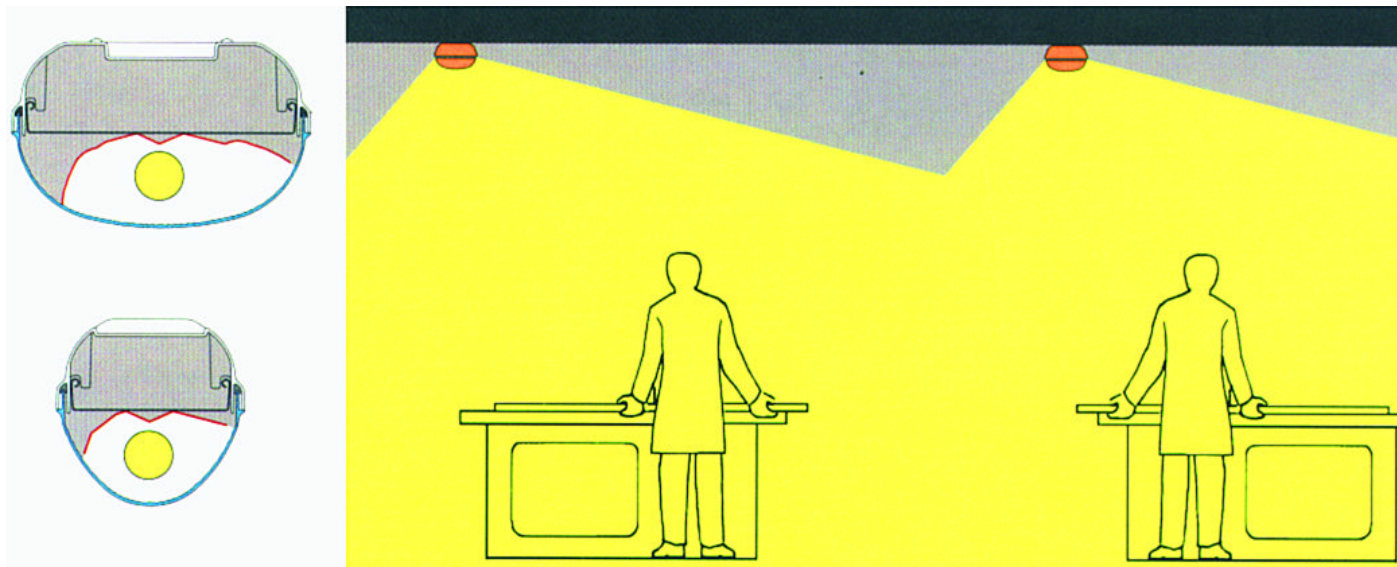
Για χρήση σε χώρους με ύψος πάνω από 4 μέτρα ή όπου απαιτείται έντονος φωτισμός.



Σχήμα 4.12: Κατανομή φωτός με ανταυγαστήρα συγκεντρωτικής δέσμης

Γ. Ανταυγαστήρες ασύμμετρης δέσμης

Για χρήση σε χώρους όπου υπάρχει ανάγκη για ακριβή εστίαση της φωτεινής ροής στο επίπεδο εργασίας.



Σχήμα 4.13: Κατανομή φωτός με ανταυγαστήρα ασύμμετρης δέσμης



Σχήμα 4.14: Τύποι ανταυγαστήρων

■ 4.8 Στάθμη φωτισμού και χώρος εργασίας

Το ανθρώπινο μάτι αποκτά τη μέγιστη οξύτητα όρασης σε στάθμες φωτισμού από 10.000 έως 20.000 Lux.

Όμως, στις εγκαταστάσεις φωτισμού λαμβάνουμε υπόψη:

- ✓ τη λαμπρότητα του επιπέδου εργασίας (επιφάνεια της οποίας ο φωτισμός μας ενδιαφέρει),
- ✓ τη λαμπρότητα των επιφανειών του περιβάλλοντος χώρου και κυρίως
- ✓ το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας,

οπότε η στάθμη φωτισμού Ε λαμβάνει συνήθως τις ακόλουθες τιμές:

Για φωτισμό διαδρόμων και εσωτερικών χώρων οι οποίοι δε χρησιμοποιούνται συχνά 20 - 200 Lux,

- Ι για γενικό φωτισμό χώρων εργασίας, 200 - 2000 Lux,
- Ι για τοπικό ή συμπληρωματικό φωτισμό, 2000 - 20000 Lux.

Ο κακός φωτισμός προκαλεί κούραση, βλάπτει την υγεία, μειώνει την απόδοση των εργαζομένων και αποτελεί αιτία ατυχημάτων.

Ανάλογα με το χώρο και το είδος εργασίας, απαιτείται και διαφορετική ποσότητα φωτισμού.

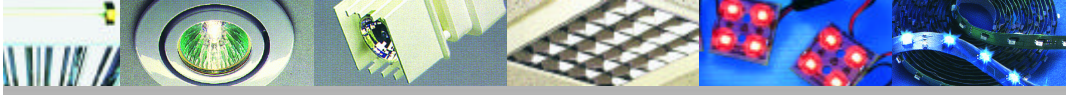
Επίσης, στην επιλογή της στάθμης φωτισμού ενός χώρου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ηλικία αυτών που διαμένουν ή εργάζονται σ' αυτόν. Οι ηλικιωμένοι έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις φωτισμού.

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρεται η απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού για ορισμένους χώρους εργασίας ή διαμονής. Από την προσεκτική μελέτη του πίνακα, ο ενδιαφερόμενος μπορεί κατ' αντιστοιχία να αντιληφθεί τις ανάγκες φωτισμού οποιουδήποτε χώρου, αρκεί να του δοθούν οι σχετικές προδιαγραφές του χώρου.

Έχοντας υπόψη την απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού Ε σε Lux μιας επιφάνειας, μπορούμε να επιλέξουμε τους κατάλληλους λαμπτήρες (φωτεινή ροή σε lumen) και τα φωτιστικά (συντελεστή απόδοσης).

Πίνακας 4.4: Απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού E σε Lux, ανά είδος εργασίας

Είδος Εργασίας	Συνιστώμενα Lux
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ Σαλόνι, κουζίνα, υπνοδωμάτιο, διάδρομοι Τοπικός φωτισμός για διάβασμα Τοπικός φωτισμός για τραπέζι κουζίνας, νιπτήρα Τοπικός φωτισμός για κρεβάτια παιδιών, καθρέφτες	150 500 - 1000 250 - 500 70 - 200
ΣΧΟΛΕΙΑ Νηπιαγωγεία Δημοτικά Αίθουσες διδασκαλίας (Γυμνασίων, Λυκείων, ΤΕΕ) Εργαστήρια Σχεδιαστήρια	100 - 200 200 - 400 250 - 500 250 - 500 500 - 1000
ΓΡΑΦΕΙΑ - ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ Λογιστήρια, δακτυλογράφοι Αίθουσες συνεδριάσεων Αίθουσες αναμονής Γραφεία	500 - 1000 250 - 500 150 - 400 250 - 500
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ Γραφεία γιατρών (γενικός φωτισμός) Γραφεία γιατρών (τράπεζα εργασίας) Χειρουργείο (τράπεζα εργασίας) Οδοντιατρείο (πολυθρόνα) Βιβλιοθήκη	150 500 - 1000 20000 - 40000 5000 - 10000 250 - 500
ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ Βιτρίνες στο κέντρο μεγάλων πόλεων (γενικός φωτισμός) " " συμπληρωματικός με spots Βιτρίνες σε υπόλοιπους χώρους (γενικός φωτισμός) " " συμπληρωματικός με spots Εσωτερικός φωτισμός για καταστήματα μεγάλων πόλεων " " άλλων περιοχών	1000 - 2000 5000 - 10000 500 - 1000 2500 - 5000 500 - 1000 250 - 500
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ - ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ Υπνοδωμάτια (γενικός φωτισμός) " (τοπικός κρεβατιών) Λουτρά " συμπληρωματικός φωτισμός καθρεφτών Κουζίνες Διάδρομοι - σκάλες	150 250 - 500 150 250 - 500 250 - 500 150
ΣΤΑΘΜΟΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ Συνεργεία (γενικός φωτισμός) Χώρος στάθμευσης Λιπαντήριο, πλυντήριο Έκθεση αυτοκινήτων, τράπεζα εργασίας	250 - 500 150 250 - 500 500 - 1000
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ Αίθουσες αναμονής, αναψυκτήριο, πλατφόρμα Χώροι έκδοσης εισιτηρίων και γραφεία	150 500 - 1000



5. Μελέτες φωτισμού εσωτερικών χώρων

Η φωτεινή ροή που εξέρχεται από ένα φωτιστικό σώμα είναι πάντα μικρότερη από τη φωτεινή ροή Φ_o , η οποία αποδίδεται από τον λαμπτήρα ή τους λαμπτήρες του σώματος αυτού, λόγω απορρόφησης. Επίσης, στο επίπεδο εργασίας του φωτιζόμενου χώρου, μόνο ένα μέρος από αυτή τη φωτεινή ροή προσπίπτει σε αυτό. Το υπόλοιπο μέρος προσπίπτει στην οροφή και στους τοίχους του χώρου και κάποιο ποσοστό του επιστρέφει στο επίπεδο εργασίας.

Η συνολική φωτεινή ροή που προσπίπτει άμεσα ή έμμεσα στο επίπεδο εργασίας ονομάζεται ωφέλιμη ροή Φ_n .

Η ωφέλιμη φωτεινή ροή εξαρτάται από τον τύπο του φωτιστικού σώματος, κυρίως από τον τύπο διανομής του φωτός από αυτό (π.χ άμεσος φωτισμός), από τις διαστάσεις του φωτιζόμενου χώρου (μήκος l , πλάτος του χώρου w και ύψος h του φωτιστικού σώματος από το επίπεδο εργασίας) και από την ανακλαστικότητα των τοίχων r_w και της οροφής r_c .

Καλείται συντελεστής χρησιμοποίησης n του φωτιστικού σώματος το πηλίκο:

$$n = \Phi_n / \Phi_o$$

■ 5.1 Μελέτες φωτισμού με τη μέθοδο της φωτεινής ροής (Favie)

Η μέθοδος μελέτης φωτισμού που θα περιγραφεί οφείλεται στο μελετητή φωτισμού J.W Favie και βασίζεται κυρίως σε εμπειρικά δεδομένα.

Αν θεωρήσουμε επίπεδο εργασίας εμβαδού S , στο οποίο προσπίπτει φωτεινή ροή Φ_n , ο μέσος φωτισμός θα δίνεται από τη σχέση: $E = \Phi_n / S$

Λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή χρησιμοποίησης n , τότε ο μέσος φωτισμός θα δίνεται από τη σχέση: $E = n \Phi_o / S$ ή

$$\Phi_o = E S / n$$

Η σχέση αυτή παρέχει την απαιτούμενη συνολική φωτεινή ροή Φ_o του λαμπτήρα ή των λαμπτήρων, για δεδομένο χώρο και με γνωστό το συντελεστή χρησιμοποίησης n του φωτιστικού σώματος.

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης λαμβάνεται από τους μελετητές φωτισμού από κατάλληλους πίνακες.

Οι πίνακες $\Pi_1 - \Pi_{11}$ (βλέπε Παράρτημα) δίνουν το **συντελεστή χρησιμοποίησης n** σε καινούργιες εγκαταστάσεις, για συγκεκριμένους λαμπτήρες και φωτιστικά, σε συνάρτηση με:

- ▮ το συντελεστή απόδοσης του φωτιστικού ν (με κατανομή % της φωτεινής ροής προς τα κάτω),
- ▮ το δείκτη χώρου k και
- ▮ τους συντελεστές ανάκλασης της οροφής r_c και των τοίχων r_w .

Επιπλέον, στους πίνακες δίνεται και ο συντελεστής συντήρησης μ .

Ο **δείκτης χώρου k** , που αναφέρεται στους πίνακες παίρνει τιμές από 1 έως 10 και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$k = (2 l + 8 w) / 10 h$$

όπου: l = το μήκος του χώρου που πρόκειται να φωτιστεί

w = το πλάτος του χώρου

h = η κατακόρυφη απόσταση του επιπέδου εργασίας από το φωτιστικό σώμα.

Ως **επίπεδο εργασίας** λαμβάνεται συνήθως οριζόντιο επίπεδο το οποίο απέχει από το δάπεδο 80 εκατοστά. Αυτή η απόσταση αντιστοιχεί στο σύνηθες ύψος των γραφείων, θρανίων, πάγκων εργασίας κ.λπ.. Στην περίπτωση της μελέτης φωτισμού διαδρόμων, για να μπορούμε να βλέπουμε όταν βαδίζουμε, λαμβάνεται ως επίπεδο εργασίας το ύψος των 25 -30 εκατοστών.

Οι ανακλαστικές ιδιότητες των τοίχων r_w και της οροφής r_c για πρακτικούς λόγους, κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες.

Συντελεστής ανάκλασης τοίχων r_w	
0,1	Για σκούρα χρώματα
0,3	Για μέσα χρώματα
0,5	Για ανοιχτά χρώματα

Πίνακας 5.1: Συντελεστές ανάκλασης τοίχων

Συντελεστής ανάκλασης οροφής r_c	
0,3	Για μέσα χρώματα
0,5	Για ανοιχτά χρώματα
0,7	Για πολύ ανοιχτά έως λευκά χρώματα

Πίνακας 5.2: Συντελεστές ανάκλασης οροφής

Ο **συντελεστής συντήρησης** μ της εγκατάστασης είναι συνδυασμός του βαθμού ρύπανσης του χώρου στον οποίο βρίσκεται το φωτιστικό σώμα και της περιόδου καθαρισμού του ⁶.

Κάθε φωτιστικό σώμα δέχεται ρύπανση η οποία μπορεί να είναι ελαφρά, μέση ή υψηλή. Επιπρόσθετα, η κατάσταση του φωτιστικού σώματος δεν εξαρτάται μόνο από τη ρύπανση του χώρου αλλά και από τη συχνότητα καθαρισμού του φωτιστικού σώματος. Έτσι, κάθε κατηγορία ρύπανσης υποδιαιρείται σε τρεις υποκατηγορίες Α, Β, ή C, που αντιστοιχούν στον καθαρισμό του φωτιστικού σώματος μία φορά κάθε ένα, δύο, ή τρία έτη αντίστοιχα.

Ο συντελεστής συντήρησης λαμβάνεται υπόψη, για να υπολογίσουμε:

- ! τον πραγματικό φωτισμό ενός χώρου από δεδομένο φωτιστικό σώμα ή
- ! τον απαιτούμενο φωτισμό που πρέπει να παρέχει ένα φωτιστικό σώμα σε δεδομένες απαιτήσεις φωτισμού μιας επιφάνειας.

Παράδειγμα: Φωτιστικό σώμα, σε ιδανικές συνθήκες λειτουργίας, παρέχει θεωρητικά φωτισμό σε επιφάνεια $E_{\theta} = 250 \text{ Lux}$. Σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, η εγκατάσταση έχει συντελεστή συντήρησης $\mu = 2,5$. Να υπολογιστεί ο πραγματικός φωτισμός της επιφανείας $E_{\pi\rho}$:

$$E_{\pi\rho} = E_{\theta} / \mu = 100 \text{ Lux}$$

Αν απαιτείται για την ίδια επιφάνεια σταθερός φωτισμός $E_{\pi\rho} = 250 \text{ Lux}$ σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, με τον ίδιο συντελεστή συντήρησης ($\mu = 2,5$), τότε το φωτιστικό σώμα πρέπει να αποδίδει:

$$E_{\theta} = E_{\pi\rho} \cdot 2,5 = 625 \text{ Lux}$$

Σημείωση: Για την υλοποίηση των φωτοτεχνικών μελετών, οι μελετητές φωτισμού χρησιμοποιούν κατάλληλα λογισμικά προγράμματα διαφόρων εταιρειών, όπως Philips, Hofmeister, Pissano, Zuntobel, Lighting Technologies.

- ✓ Το εντυπωσιακό είναι ότι ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να βλέπει, εκτός από τα πολικά διαγράμματα του φωτιστικού και του λαμπτήρα, την τιμή του φωτισμού σε κάθε σημείο του χώρου (επίπεδο εργασίας, πλαϊνός τοίχος, οροφή κ.λπ.).
- ✓ Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα της τρισδιάστατης απεικόνισης του χώρου όπου είναι αναρτημένα τα φωτιστικά, προτείνει καλύτερες λύσεις και κάνει πλήρη οικονομοτεχνική μελέτη.

⁶ Σε ειδικές φωτοτεχνικές μελέτες, όπως είναι ο φωτισμός μουσείων, αιθουσών τέχνης κ.λπ., στο συντελεστή συντήρησης υπεισέρχεται και ο παράγοντας γήρανσης των λαμπτήρων.

5.2 Παραδείγματα φωτοτεχνικών μελετών με τη μέθοδο φωτεινής ροής

1ο Παράδειγμα

Να πραγματοποιηθεί μελέτη φωτισμού αίθουσας διδασκαλίας, μήκους $l=8$ και πλάτους $W=7$ μέτρων, δηλαδή με εμβαδόν $S = 8 \times 7 = 56 \text{ m}^2$, σε δύο περιπτώσεις:

1. Εάν η αίθουσα διαθέτει οροφή λευκού χρώματος (συντελεστής ανάκλασης $r_c = 0,7$) και τοίχους με ανοιχτόχρωμο χρώμα (συντελεστής ανάκλασης $r_w = 0,5$). Ο βαθμός ρύπανσης των φωτιστικών είναι μέσος και ο καθαρισμός τους προβλέπεται να γίνεται κάθε δύο χρόνια. Η αίθουσα έχει ύψος $3,2$ μέτρα και το ύψος των θρανίων (επίπεδο εργασίας) είναι $0,8$ μέτρα. Δηλαδή, η απόσταση φωτιστικού σώματος - επιπέδου εργασίας είναι $h = 2,4$ μέτρα.

2. Εάν η αίθουσα διαθέτει οροφή ανοικτού χρώματος (συντελεστής ανάκλασης $0,5$) και τοίχους με σκούρο χρώμα (συντελεστής ανάκλασης $0,1$). Ο βαθμός ρύπανσης των φωτιστικών είναι μέσος και ο καθαρισμός τους προβλέπεται να γίνεται κάθε τρία χρόνια.

Και για τις δύο περιπτώσεις, ο απαιτούμενος φωτισμός είναι $E = 400 \text{ Lux}$.

Για την υλοποίηση της μελέτης, ακολουθούνται τα ακόλουθα βήματα:

1. Καθορισμός της απαιτούμενης τιμής φωτισμού
2. Επιλογή του κατάλληλου φωτιστικού σώματος
3. Επιλογή του κατάλληλου λαμπτήρα
4. Υπολογισμός του δείκτη χώρου (k)
5. Εύρεση του δείκτη συντήρησης (μ)
6. Εύρεση του συντελεστή χρησιμοποίησης (η)
7. Υπολογισμός απαιτούμενης φωτεινής ροής
8. Εύρεση απαιτούμενου συνολικού αριθμού φωτιστικών σωμάτων
9. Τοποθέτηση φωτιστικών με βάση τη συμμετρία του χώρου

Εκτός από τα παραπάνω μπορεί να γίνει και οικονομοτεχνική μελέτη (κόστος φωτιστικού, κόστος λαμπτήρα, συνολική εγκατεστημένη ισχύς) της όλης εγκατάστασης.

Επίλυση

1. Από τον Πίνακα 4.4, διαπιστώνουμε ότι ο φωτισμός των 400 Lux για αίθουσα διδασκαλίας είναι ικανοποιητικός.

2. Επιλέγουμε τη χρήση φωτιστικού με δύο λαμπτήρες φθορισμού, με περσίδες άμεσου φωτισμού, με συντελεστή απόδοσης 60% και κατανομή φωτός όλη προς τα κάτω και χαρακτηριστικά του Πίνακα Π5 του παραρτήματος.

3. Επιλέγουμε λαμπτήρα φθορισμού 36 W , με δείκτη χρωματικής απόδοσης: $R_a = 84$, φωτεινής ροής 3300 lm .

Επίλυση

4. Υπολογίζουμε το δείκτη χώρου, ο οποίος είναι:

$$k = 2l + 8W / 10h = 2 \times 8 + 8 \times 7 / 10 \times 2,4 = 3$$

5. Βρίσκουμε το συντελεστή συντήρησης. Από τον Πίνακα Π5 διαπιστώνεται ότι για την πρώτη περίπτωση ο συντελεστής συντήρησης είναι $\mu = 1,90$ και για τη δεύτερη $\mu = 2,15$.

6. Με δεδομένα για την 1^η περίπτωση $r_c = 0,7$ και $r_w = 0,5$ και για την 2^η $r_c = 0,5$ και $r_w = 0,1$ οι αντίστοιχοι συντελεστές χρησιμοποίησης, με βάση τον προαναφερόμενο δείκτη χώρου $k = 3$, είναι $\eta_1 = 0,46$ και $\eta_2 = 0,41$.

7. Υπολογίζουμε την απαιτούμενη φωτεινή ροή. Η φωτεινή ροή για τις δύο περιπτώσεις είναι :

$$\Phi_1 = E \times S / \eta_1 = 400 \times 56 / 0,46 = 48696 \text{ lumen και}$$

$$\Phi_2 = E \times S / \eta_2 = 400 \times 56 / 0,41 = 54636 \text{ lumen}$$

Οι τιμές αυτές ισχύουν για καινούργια εγκατάσταση και θα πρέπει να αυξηθούν ανάλογα με το συντελεστή συντήρησης της κάθε περίπτωσης:

$$\text{για την 1^η περίπτωση: } \Phi_1 = 48696 \times 1,90 = 92522 \text{ lumen}$$

$$\text{για την 2^η περίπτωση: } \Phi_2 = 54636 \times 2,15 = 117467 \text{ lumen}$$

8. Επειδή το κάθε φωτιστικό σώμα έχει δύο λαμπτήρες ροής 3300 lumen ο καθένας, δηλαδή έχει συνολική ροή 6600 lumen, ο απαιτούμενος αριθμός φωτιστικών:

για την 1^η περίπτωση είναι:

$$92522 / 6600 = 14 \text{ σώματα και 28 λαμπτήρες}$$

για την 2^η περίπτωση είναι:

$$117467 / 6600 = 18 \text{ σώματα και 36 λαμπτήρες.}$$

9. Για αισθητικούς λόγους, δεν περιορίζεται ο μελετητής στις παραπάνω απόλυτες τιμές, αλλά λαμβάνει υπόψη του τη συμμετρία του χώρου. Στη συγκεκριμένη μελέτη, επειδή το μήκος της αίθουσας είναι 8 μέτρα και το μήκος κάθε φωτιστικού 1,22 μέτρα, μπορούν για την 1^η περίπτωση να τοποθετηθούν τα φωτιστικά σε 3 στήλες με 5 φωτιστικά η καθεμία και για την 2^η περίπτωση σε 4 στήλες με 5 φωτιστικά η καθεμία. Δηλαδή, συνολικά 15 και 20 φωτιστικά αντίστοιχα.

2ο Παράδειγμα

Με τη βοήθεια του συντελεστή χρησιμοποίησης, να γίνει φωτοτεχνική μελέτη αίθουσας σχολικού σχεδιαστηρίου, με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Μήκος $l = 15 \text{ m}$, πλάτος $w = 11 \text{ m}$, ύψος $h = 4 \text{ m}$.

Το επίπεδο εργασίας απέχει από το δάπεδο $0,8 \text{ m}$. Η οροφή είναι λευκού χρώματος, δηλαδή έχει συντελεστή ανάκλασης $\tau_c = 0,7$. Οι τοίχοι είναι μέσης απόχρωσης, οπότε έχουν συντελεστή ανάκλασης $\tau_w = 0,3$.

Επίλυση

1ο Βήμα:

Καθορίζεται η απαιτούμενη **τιμή φωτισμού** του χώρου με βάση τον Πίνακα 4.4.

Η τιμή που συνίσταται για τα σχολικά σχεδιαστήρια κυμαίνεται από $500 - 1000 \text{ Lux}$.

Έστω, ότι επιλέγουμε τιμή $E = 700 \text{ Lux}$.

2ο Βήμα:

Αφορά την **επιλογή** του κατάλληλου **φωτιστικού σώματος**.

Έστω, ότι επιλέγουμε φωτιστικό σώμα άμεσου φωτισμού, το οποίο φέρει:

- Ι γαλακτώδες πλαστικό κάλυμμα,
- Ι δύο λαμπτήρες φθορισμού και
- Ι συντελεστή απόδοσης $\nu = 65 \%$, με $64,5 \%$ εκπεμπόμενη φωτεινή ροή προς τα κάτω και $0,5 \%$ προς τα πάνω.

(Άρα αναφερόμαστε στον Πίνακα 6 του Παραρτήματος).

3ο Βήμα:

Αφορά την **επιλογή** του κατάλληλου τύπου **λαμπτήρα**.

Λαμβάνεται υπόψη η θερμοκρασία χρώματος του λαμπτήρα και ο δείκτης χρωματικής απόδοσης αυτού. Επιλέγουμε λαμπτήρα φθορισμού TL, ισχύος 36 W , με δείκτη χρωματικής απόδοσης $R_a = 84$ και φωτεινή ροή 3450 lm .

Επειδή έχουμε δύο λαμπτήρες, η συνολική ροή του φωτιστικού σώματος θα είναι:

$$2 \times 3450 \text{ lm} = 6900 \text{ lm}.$$

4ο Βήμα:

Υπολογίζεται ο **δείκτης χώρου k**.

$$k = (2l + 8w) / 10h = (2 \times 15 + 8 \times 11) / 10 \times (4 - 0,8) = 3,7$$

5ο Βήμα:

Υπολογίζεται ο συντελεστής συντήρησης μ .

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ο βαθμός ρύπανσης είναι χαμηλός και θεωρούμε ότι ο καθαρισμός των φωτιστικών σωμάτων θα γίνεται κάθε χρόνο. Για το δεδομένο φωτιστικό σώμα, ο Πίνακας 6 του Παραρτήματος δίνει συντελεστή συντήρησης $\mu = 1,3$.

Επίλυση

6ο Βήμα:

Εύρεση του **συντελεστή χρησιμοποίησης n** .

Επειδή ο δείκτης χώρου $k = 3,7$ και ο Πίνακας 6 περιλαμβάνει μόνο ακέραιες τιμές του k , θα κάνουμε αναγωγή της τιμής $k = 3,7$.

Η αναγωγή γίνεται ως εξής:

Με $k = 3$, $r_c = 0,7$ και $r_w = 0,3$ τότε $n = 0,43$

Με $k = 4$, $r_c = 0,7$ και $r_w = 0,3$ τότε $n = 0,48$

Δηλαδή, για διαφορά $\Delta k = 1$ αντιστοιχεί διαφορά $\Delta n = 0,05$.

Οπότε, για $\Delta k = 0,7$ αντιστοιχεί $\Delta n = 0,7 \times 0,05 = 0,035 \approx 0,03$.

Άρα, για $k = 3,7$ αντιστοιχεί $n = 0,46$.

7ο Βήμα:

Υπολογίζεται η απαιτούμενη **φωτεινή ροή Φ** για τη ζητούμενη τιμή φωτισμού ($E = 700 \text{ Lux}$).

Γνωρίζουμε ότι: $\Phi_0 = E S / n$

Όπου: $E = 700 \text{ Lux}$, $S = 15 \times 11 \text{ m}^2 = 165 \text{ m}^2$ και $n = 0,46$.

Άρα προκύπτει: $\Phi_0 = 700 \text{ Lux} \times 165 \text{ m}^2 / 0,46 = 251\,086 \text{ lumen}$.

Η τιμή αυτή, επειδή ισχύει μόνο για καινούργια εγκατάσταση, θα πρέπει να αυξηθεί ανάλογα με την τιμή του συντελεστή συντήρησης:

$$\Phi = \Phi_0 \mu = 251\,086 \times 1,3 \approx 326\,411 \text{ lumen}$$

8ο Βήμα:

Υπολογισμός των απαιτούμενων φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων.

$$N_{\text{φωτιστικών}} = 326\,411 / 6900 \approx 47 \quad \text{και} \quad N_{\text{λαμπτήρων}} = 47 \times 2 = 94$$

9ο Βήμα:

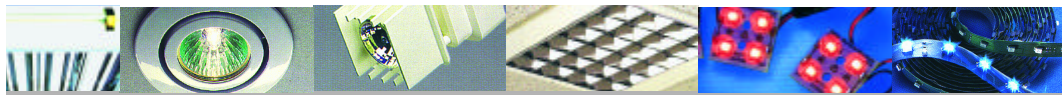
Τοποθέτηση φωτιστικών.

Επειδή το πλάτος της αίθουσας είναι 11 μέτρα και το μήκος κάθε φωτιστικού 1,22 μέτρα, μπορούν να τοποθετηθούν $11/1,22 = 9,17$, δηλαδή 9 φωτιστικά ανά σειρά.

Για λόγους συμμετρίας (αισθητικούς), τα 47 φωτιστικά θα κατανεμηθούν σε σειρές με 9 φωτιστικά η κάθε σειρά, δηλαδή $47/9 = 5,2$, οπότε θα έχουμε 5 σειρές.

Δηλαδή, συνολικά θα χρησιμοποιήσουμε $5 \times 9 = 45$ φωτιστικά σώματα.

Η εγκατεστημένη ισχύς (μόνο των λαμπτήρων) θα είναι $90 \times 36 \text{ W} = 3240 \text{ watt}$.



6. Φωτισμός οδών

Τα ατυχήματα στους δρόμους, κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι πιο συχνά και πιο σοβαρά απ' ό,τι την ημέρα. Περίπου το 50% των θανατηφόρων ατυχημάτων γίνονται κατά τη διάρκεια των ωρών της νύχτας, παρόλο που το ποσοστό επί του συνόλου των χιλιομέτρων που διανύονται οδηγώντας ανέρχεται μόνο στο 25%. Αυτό είναι ένα από τα συμπεράσματα μελέτης από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE).

Ο φωτισμός των οδών αυξάνει την ασφάλεια στους δρόμους κατά την οδήγηση και αποδαρρύνει εγκληματικές ενέργειες.

Το μεγαλύτερο μέρος της αντίληψης του χώρου που μας περιβάλλει βασίζεται στην όραση. Επομένως, κακές συνθήκες όρασης, μειώνουν το σύνολο των πληροφοριών που φθάνουν στον εγκέφαλό μας. Στην περίπτωση της οδήγησης, επειδή οι πληροφορίες φτάνουν με γρήγορους ρυθμούς, εάν ο φωτισμός τη νύχτα δεν είναι επαρκής οι κίνδυνοι ατυχήματος είναι αυξημένοι.

Παράμετροι οδικού φωτισμού

Η ασφάλεια για όλους τους χρήστες ενός δρόμου θα πρέπει να πληροί συγκεκριμένες απαιτήσεις. Οι παράγοντες οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό ενός συστήματος οδικού φωτισμού είναι οι εξής:

1. Υπάρχει ένα επαρκές μέσο επίπεδο λαμπρότητας που επιτρέπει στον οδηγό να αναγνωρίζει γρήγορα τα εμπόδια στο δρόμο. Αποδεκτές τιμές μέσης λαμπρότητας είναι από 0,7 έως 2 cd / m². Υπάρχει μια καλή ομοιομορφία λαμπρότητας που επιτρέπει στον οδηγό να αντιλαμβάνεται την αντίθεση με τα αντικείμενα σε κάθε σημείο του δρόμου.
2. Υπάρχει περιορισμός της θάμβωσης.

Στον οδικό φωτισμό το βασικότερο φωτομετρικό μέγεθος που λαμβάνεται υπόψη είναι η λαμπρότητα και όχι η ένταση φωτισμού.

Κάποιος που κοιτά σε μια φωτισμένη επιφάνεια, «βλέπει» μόνο το φως που αυτή η επιφάνεια αντανακλά προς την κατεύθυνσή του, δηλαδή τη λαμπρότητα (L).

Ένας οδηγός βλέπει το φωτισμένο δρόμο από μικρή γωνία. Έτσι, κατά το σχεδιασμό και την αξιολόγηση του οδικού φωτισμού είναι λογικό να λαμβάνεται η λαμπρότητα ως το βασικότερο κριτήριο.

Η λαμπρότητα στο δρόμο εξαρτάται από τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων, την κατανομή της φωτεινής έντασης του φωτιστικού σώματος, τη γεωμετρία του χώρου και τις ανακλαστικές ιδιότητες της επιφάνειας του οδοστρώματος.

Για φωτοτεχνικούς λόγους, οι δρόμοι ταξινομούνται ως εξής:

Σχήμα 6.1:
*Παράδειγμα καλής ομοιομορφίας
της λαμπρότητας, εγκάρσια και
κατά μήκος του δρόμου*



Κλάση δρόμου	Τύπος & Ένταση κυκλοφοριακής κίνησης	Κατηγορία δρόμων
A	Αυτοκινητόδρομος, έντονη κίνηση οχημάτων με μεγάλη ταχύτητα.	Δρόμοι διπλής κατεύθυνσης, χωρίς διασταυρώσεις στο επίπεδο και με περιορισμένη πρόσβαση.
B	Αυτοκινητόδρομος, έντονη κίνηση οχημάτων με μεγάλη ταχύτητα.	Σημαντικός δρόμος για την κίνηση των οχημάτων, με δυνατότητα ύπαρξης ξεχωριστών δρόμων για οχήματα που κινούνται αργά και για πεζούς.
C	Δρόμος με έντονη κίνηση οχημάτων μέτριας ταχύτητας.	Σημαντικές αστικές και μη αρτηρίες, με όλων των ειδών τους χρήστες.
D	Δρόμος με έντονη κίνηση οχημάτων και αρκετή παρουσία πεζών.	Κεντρικές αστικές αρτηρίες, πρόσβαση των δρόμων σε δημόσια κτίρια και περιοχές όπου η κυκλοφορία των οχημάτων επιβραδύνεται από την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τους πεζούς.
E	Κίνηση κάθε είδους οχήματος με περιορισμένη ταχύτητα και ένταση.	Οδοί που συνδέουν οικιστικές περιοχές με δρόμους των άλλων κατηγοριών.

6.1 Φωτισμός σφράγγων (Τούνελ)

Για την ασφαλή διέλευση των οχημάτων μέσα από σήραγγες, σημαντικότερο ρόλο παίζει ο φωτισμός τους. Ο κίνδυνος ατυχημάτων κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι μεγάλος. Η διαφορά στις συνθήκες όρασης μεταξύ του ημερήσιου φωτισμού που επικρατεί έξω από το τούνελ και μιας συγκριτικά σκοτεινής εισόδου απαιτεί έντονη συγκέντρωση της όρασης. Η προσαρμογή από τις σκοτεινές στις φωτεινές συνθήκες που επικρατούν κατά την έξοδο από το τούνελ δεν είναι τόσο κρίσιμη. Απ' έξω, η είσοδος του τούνελ φαίνεται σα μια μαύρη τρύπα. Γι' αυτό, απαιτείται φωτισμός υψηλού επιπέδου, ο οποίος μπορεί να μειωθεί βαθμιαία στη ζώνη εισόδου και αντίστοιχα στη ζώνη μετάβασης. Για το υπόλοιπο τμήμα της σήραγγας, είναι ικανοποιητικό ένα σχετικά μικρό επίπεδο φωτισμού. Προς την έξοδο, το επίπεδο του φωτισμού πρέπει να είναι υψηλότερο απ' ό,τι στο εσωτερικό της σήραγγας, για την ευκολότερη προσαρμογή στη φωτεινότητα του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Ο φωτισμός οδών και σφράγγων αποτελεί εργασία εξειδικευμένων ηλεκτρολόγων μηχανικών.

Σχήμα 6.2:
Διάφοροι τύποι λαμπτήρων
εξωτερικών χώρων





7. Ανακεφαλαίωση

Το φως είναι ορατή ακτινοβολία που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι και αποτελεί μόνο ένα μικρό τμήμα του συνολικού φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία περιλαμβάνει, εκτός από το ορατό φως, τις ακτίνες γ, τις ακτίνες Χ, τις υπέρυθρες, τις υπεριώδεις και τα ραδιοκύματα. Η αόρατη ακτινοβολία επιδρά στον ανθρώπινο οργανισμό, για παράδειγμα, η υπέρυθρη ακτινοβολία γίνεται αντιληπτή ως θερμότητα και κοκκινίζει το δέρμα, ενώ η υπεριώδης το μαυρίζει.

Η φασματική περιοχή του φωτός εκτείνεται μεταξύ 4000-7500 Å^ο (1 Angstrom= 10^{-10} m). Μέσα σ' αυτή την περιοχή των μικρών κύματος μπορούν να διακριθούν τα χρώματα του φάσματος, δηλαδή κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, μπλε και ιώδες.

Το φως είναι μια μορφή ενέργειας. Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία, μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει δυαδική φύση, κυματική και σωματιδιακή. Δηλαδή, το φως διαδίδεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αλλά και με τη μορφή ποσότητας ενέργειας, η οποία είναι ισοδύναμη με πολλαπλάσια σωματιδίου που διαδίδεται με την ταχύτητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και καλείται **φωτόνιο**. Η ταχύτητα του φωτός στο κενό και με προσέγγιση στον αέρα είναι $C \approx 300.000 \text{ km/s}$.

Το χρώμα του φωτός που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή σ' ένα χώρο έχει επίδραση στη γενικότερη εντύπωση που μας δίνει ο χώρος αυτός. Για παράδειγμα, ένας λαμπτήρας πυράκτωσης δημιουργεί συνήθως μια «θερμή» εντύπωση, λόγω του πλούσιου σε ερυθρές ακτινοβολίες φωτός του λαμπτήρα. Αντίθετα, ένας λαμπτήρας ατμών υδραργύρου μη διορθωμένου φάσματος δίνει μια «ψυχρή εντύπωση», λόγω του μεγάλου ποσοστού κυανής και κίτρινης ακτινοβολίας που περιέχει.

Φωτεινή ακτίνα ονομάζουμε την ευθεία τροχιά την οποία ακολουθεί το φως κατά τη διάδοσή του. Ένα σύνολο από φωτεινές ακτίνες αποτελεί τη **φωτεινή δέσμη**. Μια φωτεινή δέσμη μπορεί να είναι *αποκλίνουσα*, όταν όλες οι ακτίνες της δέσμης προέρχονται από ένα σημείο, *παράλληλη*, όταν όλες οι ακτίνες της δέσμης είναι παράλληλες και *συγκλίνουσα*, όταν όλες οι ακτίνες της δέσμης κατευθύνονται σε ένα σημείο.

Φωτεινή πηγή και ενέργεια

Το σώμα που εκπέμπει φως ονομάζεται *φωτεινή πηγή*. Οι φωτεινές πηγές διακρίνονται στα *αυτόφωτα σώματα*, όπως είναι ο ήλιος και οι λαμπτήρες φωτισμού, και στα *ετερόφωτα σώματα*, όπως είναι μια λευκή επιφάνεια. Τα ετερόφωτα σώματα δεν παράγουν από μόνα τους φως, αλλά εκπέμπουν το φως που δέχονται από άλλα αυτόφωτα σώματα. Η εκπομπή φωτός από τα αυτόφωτα σώματα συνήθως οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας τους. Κάθε σώμα με θερμοκρασία μεγαλύτερη των $525\text{ }^{\circ}\text{C}$ εκπέμπει φως. Εκπομπή φωτός μπορεί να γίνει και από τη διέγερση των μορίων ενός αερίου, χωρίς να απαιτείται αύξηση της θερμοκρασίας τους, όπως συμβαίνει στους λαμπτήρες φθορισμού.

Φωτεινή ενέργεια καλείται η ενέργεια που διαδίδεται στο χώρο από μια φωτεινή πηγή με τη μορφή ορατής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Ανάκλαση του φωτός

Μια επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως λεία όταν οι ανωμαλίες που παρουσιάζει έχουν βάθος μικρότερο από το μέσο μήκος κύματος της φωτεινής ακτινοβολίας (περίπου $0,5\text{ }\mu\text{m}$). Μια επιφάνεια από γυαλί αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα λείας επιφάνειας.

Όταν το φως προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο υλικών, υφίσταται κανονική ή

ανώμαλη ανάκλαση (διάχυση), ανάλογα με το αν η διαχωριστική επιφάνεια είναι λεία ή τραχεία.

Αν σε μια λεία επιφάνεια, όπως είναι η επιφάνεια από ένα τζάμι, προσπέσει μια παράλληλη δέσμη φωτός, κάθε ακτίνα της δέσμης ακολουθεί μια ορισμένη διεύθυνση, ώστε η δέσμη να παραμένει παράλληλη και μετά την πρόσπτωση. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *κανονική ανάκλαση* του φωτός.

Το φαινόμενο της κανονικής ανάκλασης διέπεται από δύο νόμους, οι οποίοι ονομάζονται νόμοι της ανάκλασης του φωτός. Αυτοί είναι:

1ος Νόμος. Η προσπίπτουσα ακτίνα, η ανακλώμενη και η ευθεία η οποία είναι κάθετη στην ανακλαστική επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (επίπεδο πρόσπτωσης), που είναι κάθετο στην ανακλαστική επιφάνεια.

2ος Νόμος. Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.

Φωτομετρικά μεγέθη

Το σύνολο της ορατής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός ή αντανακλάται από μια επιφάνεια καλείται **φωτεινή ροή**. Συμβολίζεται με το γράμμα **Φ** και μονάδα μέτρησής της είναι το **lumen**.

Το μέτρο του φωτός που ακτινοβολείται προς μία δοθείσα κατεύθυνση ονομάζεται **ένταση του φωτός**. Συμβολίζεται με το γράμμα **I** και μονάδα μέτρησής της είναι η **candela**.

Όλες οι τιμές της φωτεινής έντασης που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προς όλες τις κατευθύνσεις παράγουν ένα φωτομετρικό στερεό. Τέμνοντας το φωτεινό στερεό σε ένα ή περισσότερα επίπεδα, παίρνουμε τις φωτομετρικές καμπύλες (πολικά διαγράμματα), οι τιμές των οποίων αναφέρονται σε καντέλες ανά 1000 lm .

Το μέτρο της φωτεινής ροής που προσπίπτει σε μια επιφάνεια συγκεκριμένου εμβαδού εκφράζει το μέγεθος του **φωτισμού επιφάνειας**. Συμβολίζεται με το γράμμα **E** και έχει μονάδα το **Lux**.

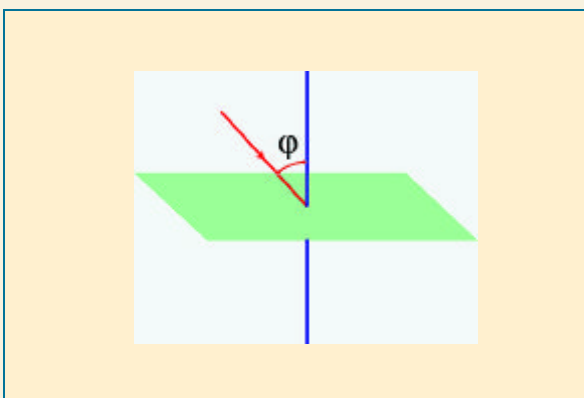
Για το φωτισμό επιφάνειας ισχύουν οι δύο νόμοι της φωτομετρίας:

1ος Νόμος. Ο φωτισμός μιας επιφάνειας από μια παράλληλη φωτεινή δέσμη είναι ανάλογος με το συνημίτονο της γωνίας με την οποία προσπίπτουν στην επιφάνεια οι ακτίνες της δέσμης. **$E = \Phi \sin \varphi / S$**

(Η γωνία μετράται ως προς την κάθετο στο φωτιζόμενο επίπεδο, δηλαδή είναι η γωνία που σχηματίζεται από τη διεύθυνση της προσπίπτουσας δέσμης με την κάθετο στο φωτιζόμενο επίπεδο.)

2ος Νόμος. Ο φωτισμός που προκαλεί μια σημειακή φωτεινή πηγή σ' ένα σημείο μιας επιφάνειας είναι ανάλογος με την ένταση της φωτεινής πηγής, ανάλογος με το συνημίτονο της γωνίας με την οποία προσπίπτουν οι ακτίνες στη στοιχειώδη επιφάνεια και αντιστρόφως ανάλογος με το τετράγωνο της απόστασης της φωτεινής πηγής από το φωτιζόμενο σημείο.

$$E = I \sin \varphi / R^2$$



Σχήμα 7.1: Ορισμός προσπίπτουσας γωνίας φωτεινής δέσμης

Το μέγεθος της **λαμπρότητας** είναι πολύ σημαντικό και μετρά την αίσθηση φωτεινότητας

μιας επιφάνειας. Συμβολίζεται με το γράμμα **L** και μονάδα μέτρησής της είναι η **cd / m²**.

Σύμφωνα με το νόμο του *Lambert* «Το μέγεθος της λαμπρότητας μιας επιφάνειας εξαρτάται από την διεύθυνση παρατήρησης».

Υψηλές τιμές λαμπρότητας προκαλούν το ανεπιθύμητο φαινόμενο της θάμβωσης, το οποίο επηρεάζει την ικανότητα της όρασης.

Τεχνητές φωτεινές πηγές (λαμπτήρες)

Οι φωτεινές πηγές που παράγουν τεχνητό φως, δηλαδή οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες, διακρίνονται από ορισμένα κύρια χαρακτηριστικά.

Αυτά είναι:

- ✓ Η ονομαστική τάση λειτουργίας του λαμπτήρα, π.χ. 230 V. Είναι η μέγιστη τάση με την οποία τροφοδοτείται ο λαμπτήρας για να αποδώσει τη μέγιστη ακτινοβολία του.
- ✓ Η ονομαστική ισχύς του λαμπτήρα, π.χ. 60 W. Είναι η ηλεκτρική ισχύς που καταναλώνεται από τον λαμπτήρα κατά την λειτουργία του.
- ✓ Η φωτεινή ροή του λαμπτήρα. Εκφράζει τη συνολική φωτεινή ροή του λαμπτήρα σε lumen.

Οι κατασκευαστές των λαμπτήρων αναφέρονται και σε ορισμένα επιπλέον χαρακτηριστικά, που είναι:

- ! Ο χρόνος ζωής του λαμπτήρα, π.χ. για λαμπτήρα πυράκτωσης είναι περίπου 1000 ώρες.
- ! Το φάσμα εκπομπής του λαμπτήρα, π.χ. 4000 - 5000 Å.
- ! Η θερμοκρασία χρώματος του λαμπτήρα, π.χ. 3000 °K.
- ! Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης του λαμπτήρα, π.χ. Ra = 84.
- ! Οι διαστάσεις του λαμπτήρα, π.χ. μήκος σωλήνα φθορισμού 1,2 m.

Οι λαμπτήρες διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής της φωτεινής ακτινοβολίας

που εκπέμπουν. Πρακτικά έχουμε δύο κύρια είδη: τους λαμπτήρες πυράκτωσης και τους λαμπτήρες εκκένωσης.

Λαμπτήρες πυράκτωσης

Δίνουν ευχάριστο, θερμό λευκό φως, επειδή έχουν θερμοκρασία χρώματος 2800 °K. Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης των λαμπτήρων αυτών είναι σχεδόν 100, δηλαδή αποδίδουν τα χρώματα με άριστη ποιότητα. Δεν απαιτούν για την λειτουργία τους καμία βοηθητική συσκευή.

Οι λαμπτήρες αυτοί στηρίζουν τη λειτουργία τους στο φαινόμενο της θέρμανσης μεταλλικού νήματος, γι' αυτό και έχουν μικρή σχετικά διάρκεια ζωής. Κατά τη λειτουργία του λαμπτήρα, έχουμε μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα και ακτινοβολία φωτός εντός του ορατού φάσματος.

Έχουν μικρό κόστος και είναι εύκολοι στην τοποθέτηση, γι' αυτό και έχουν μεγάλο πεδίο εφαρμογών, κυρίως σε εσωτερικούς χώρους. Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε διάφορους τύπους, όπως: κανονικοί κώδωνες, λαμπτήρες κεριά, λαμπήρες με καθρέφτη και διακοσμητικοί λαμπήρες με ισχύ από 25 - 200 W.

Η παραγόμενη φωτεινή ροή είναι 200 - 2500 lm και η φωτιστική τους απόδοση χαμηλή, 15 lm / W. Το ηλεκτρικό τους κύκλωμα απαιτεί μόνο λυχνιολαβή και ακροδέκτες.

Οι λαμπήρες πυράκτωσης αλογόνου αποτελούν την εξέλιξη των συμβατικών λαμπήρων πυράκτωσης. Συγκρινόμενοι με τους συμβατικούς λαμπήρες πυράκτωσης, έχουν διπλάσια τουλάχιστον διάρκεια ζωής. Όταν λειτουργούν με χαμηλή τάση (π.χ. 12V) έχουν διάρκεια ζωής 3000 - 5000 ώρες, ενώ όταν λειτουργούν με την τάση του δικτύου (230V), έχουν διάρκεια ζωής 2000 ώρες. Παρέχουν φωτισμό 60 - 44000 lm, με απόδοση μέχρι 25 lm / W. Όσον αφορά το ηλεκτρικό τους

κύκλωμα, απαιτείται μόνο λυχνιολαβή και ακροδέκτες. Για τη λειτουργία των λαμπήρων χαμηλής τάσης απαιτείται επιπλέον μετασχηματιστής στα 6, 12 ή 24 V.

Λαμπήρες φθορισμού

Οι λαμπήρες φθορισμού είναι λαμπήρες εκκένωσης ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης, με τοιχώματα καλυμμένα από φθορίζουσα ουσία. Όταν στο λαμπήρα ασκηθεί η κατάλληλη τιμή τάσης, στο εσωτερικό του λαμπήρα προκαλείται εκκένωση αερίου, από την οποία παράγεται υπεριώδης (αόρατη) ακτινοβολία. Για τη μετατροπή της αόρατης ακτινοβολίας σε ορατή, η εσωτερική επιφάνεια του γυάλινου σωλήνα καλύπτεται με φθορίζουσες ουσίες, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την υπεριώδη ακτινοβολία σε ακτινοβολίες του ορατού φάσματος.

Το είδος της φθορίζουσας ουσίας καθορίζει και το φάσμα του εκπεμπόμενου φωτός.

Με κατάλληλο συνδυασμό των διαφόρων φθορίζουσών ουσιών πετυχαίνονται διάφορες αποχρώσεις του παραγόμενου φωτός. Το παραγόμενο φως μπορεί να είναι θερμό, ενδιάμεσο, ψυχρό. Οι λαμπήρες φθορισμού έχουν ευρεία εφαρμογή σε γραφεία, καταστήματα και βιομηχανικούς χώρους.

Το ηλεκτρικό κύκλωμα των λαμπήρων φθορισμού περιλαμβάνει μαγνητικό μπάλαστ με εκκινητή (στάρτερ) ή ηλεκτρονικό μπάλαστ.

Οι συμπαγείς λαμπήρες φθορισμού (εξοικονόμησης ενέργειας) αποτελούν την εξέλιξη των λαμπήρων φθορισμού τα τελευταία χρόνια. Έχουν κύρια χαρακτηριστικά τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το μεγάλο χρόνο ζωής.

Οι λαμπήρες φθορισμού παρουσιάζουν **πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα** σε σχέση με τους λαμπήρες πυράκτωσης.

Πλεονεκτήματα:

- 1.** Έχουν πολλαπλάσια φωτιστική απόδοση (lm/W) και υπερδιπλάσιο χρόνο ζωής (2500 ώρες λειτουργίας). Αυτό σημαίνει οικονομική λειτουργία.
- 2.** Κατά τη λειτουργία τους, δεν αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες, χαρακτηριστικό που τους καθιστά κατάλληλους για το φωτισμό τροφίμων χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος αλλοίωσής τους.
- 3.** Η ποικιλία και η ένταση του φωτισμού των λαμπτήρων φωτισμού επιτρέπουν τη χρήση τους σε πλήθος εφαρμογών στο χώρο της φωτεινής διακόσμησης.
- 4.** Οι λαμπτήρες φθορισμού παρουσιάζουν μικρή λαμπρότητα, με αποτέλεσμα τον περιορισμό στο ελάχιστο του ανεπιθύμητου φαινομένου της θάμβωσης. Αυτό συμβαίνει γιατί το εκπεμπόμενο από αυτούς φως εκπέμπεται από μεγάλη επιφάνεια.

Μειονεκτήματα:

- 1.** Για τη λειτουργία τους, οι λαμπήρες φθορισμού απαιτούν την τοποθέτηση τους σε κατάλληλα φωτιστικά σώματα. Αυτό έχει σα συνέπεια τη μεγάλη αρχική δαπάνη εγκατάστασης.
- 2.** Επειδή κατά τη λειτουργία τους δημιουργούνται παράσιτα, απαιτείται η χρήση ειδικής διάταξης απόσβεσής τους.
- 3.** Για την απρόσκοπτη λειτουργία τους απαιτείται η κατάλληλη ηλεκτρολογική συνδεσμολογία διαφόρων εξαρτημάτων (ντουί, μπάλαστ, σάρτερ).
- 4.** Αν δε γίνει η κατάλληλη επιλογή λαμπτήρα με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, όπως για παράδειγμα το είδος της εργασίας, τότε ο φωτισμός θα υστερεί, κυρίως στην απόδοση των χρωμάτων.

Οι λαμπήρες φθορισμού, λόγω των πλεονεκτημάτων τους, τυχάνουν ευρείας εφαρμογής σε διάφορους χώρους και για

διάφορες ανάγκες. Λόγω της υστέρησης τους όμως στο δείκτη χρωματικής απόδοσης και του «ψυχρού» φωτισμού που εκπέμπουν, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή πριν επιλεγούν, για να χρησιμοποιηθούν σε ένα χώρο. Απαιτείται για κάθε περίπτωση ο κατάλληλος συνδυασμός δείκτη χρωματικής απόδοσης, θερμοκρασίας φωτισμού και στάθμης φωτισμού, για την επίτευξη αποδοτικού και ευχάριστου φωτισμού.

Ανάλογα με τις διάφορες εφαρμογές, χρησιμοποιούνται λαμπήρες ατμών υδραργύρου, ατμών νατρίου και άλλοι, που έχουν κατά περίπτωση ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα.

Φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων

Τα φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων

κατατάσσονται σε κατηγορίες:

- I Ανάλογα με το ποσοστό της φωτεινής ροής η οποία διαχέεται προς τα κάτω.
- I Ανάλογα με το βαθμό προστασίας του φωτιστικού σώματος έναντι του νερού και της σκόνης.
- I Ανάλογα με τον τύπο της ηλεκτρικής μόνωσης του φωτιστικού σώματος.

Με τον **άμεσο** φωτισμό, ποσοστό μεγαλύτερο του 90% της φωτεινής ροής των λαμπήρων στέλνεται άμεσα προς τα κάτω στο επίπεδο εργασίας. Οι απώλειες από απορρόφηση τοίχων και οροφής είναι μικρές.

Με τον **έμμεσο** φωτισμό, ποσοστό μεγαλύτερο του 90% της φωτεινής ροής των λαμπήρων στέλνεται προς την οροφή, όπου μετά από ανάκλαση επιστρέφει στο επίπεδο εργασίας. Ο φωτισμός αυτός έχει μεγάλες απώλειες λόγω απορρόφησης στην οροφή και στους τοίχους. Επίσης, δημιουργεί μια αίσθηση χαλαρότητας και ενδείκνυται για χώρους αναμονής.

Ο **ομοιόμορφος φωτισμός** αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση.

Ο κάθε χώρος εργασίας ή διαμονής απαιτεί

κατά περίπτωση μια ελάχιστη ποσότητα φωτισμού σε Lux. Ο ηλεκτρολόγος - εγκαταστάτης θα πρέπει να έχει υπόψη τις φωτιστικές απαιτήσεις συγκεκριμένων χώρων, ώστε από αυτές να κάνει την κατάλληλη επιλογή λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων.

Μελέτες φωτισμού με τη μέθοδο της φωτεινής ροής (Favie)

Η μελέτη φωτισμού με τη μέθοδο της φωτεινής ροής (Favie) βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ακολουθούμε εννέα (9) βήματα κάνοντας χρήση σχετικών πινάκων.

1ο Βήμα:

Καθορίζεται η απαιτούμενη τιμή φωτισμού E του χώρου σε Lux, από σχετικό πίνακα.

2ο Βήμα:

Επιλέγεται το κατάλληλο φωτιστικό σώματος (με τους λαμπτήρες του).

3ο Βήμα:

Επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος λαμπτήρα (με τη φωτεινή ροή του σε lumen). Λαμβάνεται υπόψη η θερμοκρασία χρώματος του λαμπτήρα και ο δείκτης χρωματικής απόδοσης αυτού.

Εάν η φωτεινή ροή κάθε λαμπτήρα είναι Φ_{λ} και το κάθε φωτιστικό σώμα έχει λ λαμπτήρες, τότε η φωτεινή ροή του κάθε φωτιστικού σώματος είναι $\Phi_{\Sigma} = \lambda \Phi_{\lambda}$

4ο Βήμα:

Υπολογίζεται ο δείκτης χώρου k .

$$k = (2 l + 8 w) / 10 h$$

όπου: l = το μήκος του χώρου που πρόκειται να φωτιστεί

w = το πλάτος του χώρου

h = η κατακόρυφη απόσταση του επιπέδου εργασίας από το φωτιστικό σώμα.

(Ως επίπεδο εργασίας λαμβάνεται συνήθως οριζόντιο επίπεδο το οποίο απέχει από το δάπεδο 80 εκατοστά. Αυτή η απόσταση αντιστοιχεί στο σύνηθες ύψος των γραφείων, θρανίων, πάγκων εργασίας κ.λπ.).

5ο Βήμα:

Υπολογίζεται ο συντελεστής συντήρησης μ , από τους πίνακες.

Ο συντελεστής συντήρησης της εγκατάστασης είναι συνδυασμός του βαθμού ρύπανσης του χώρου (ελαφρά, μέση ή υψηλή) που βρίσκεται το φωτιστικό σώμα και της περιόδου καθαρισμού του, δηλαδή αν καθαρίζεται κάθε ένα, δύο, ή τρία έτη.

6ο Βήμα:

Εύρεση του συντελεστή χρησιμοποίησης η για καινούριες εγκαταστάσεις, από τους πίνακες. Ο συντελεστής χρησιμοποίησης βρίσκεται σε συνάρτηση με το συντελεστή απόδοσης του φωτιστικού ν (με κατανομή % της φωτεινής ροής προς τα κάτω), το δείκτη χώρου k και τους συντελεστές ανάκλασης της οροφής r_c και των τοίχων r_w .

7ο Βήμα:

Υπολογίζεται η απαιτούμενη φωτεινή ροή Φ του χώρου για τη ζητούμενη τιμή φωτισμού E . Πρώτα, βρίσκουμε τη φωτεινή ροή Φ_o από τη σχέση $\Phi_o = E S / \eta$ σε lumen. Η τιμή αυτή, επειδή ισχύει μόνο για καινούργια εγκατάσταση, θα πρέπει να αυξηθεί ανάλογα με την τιμή του συντελεστή συντήρησης μ .

Οπότε $\Phi = \Phi_o \mu$.

8ο Βήμα:

Υπολογίζουμε τον αριθμό των απαιτούμενων φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων,

$$N_{\Phi} = \Phi / \Phi_{\Sigma} \quad \text{και} \quad N_{\lambda} = N_{\Phi} \times \lambda$$

9ο Βήμα:

Τοποθέτηση φωτιστικών.

Λαμβάνεται υπόψη η συμμετρία του χώρου και οι διαστάσεις του κάθε φωτιστικού σώματος.

Συχνά, για την υλοποίηση των φωτοτεχνικών μελετών, χρησιμοποιούνται κατάλληλα λογισμικά προγράμματα διαφόρων εταιρειών, μέσω των οποίων ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να βλέπει, εκτός από τα πολικά διαγράμματα του

φωτιστικού και του λαμπτήρα, την τιμή του φωτισμού σε κάθε σημείο του χώρου (επίπεδο εργασίας, πλαϊνός τοίχος, οροφή κ.λπ.).

Τα προγράμματα έχουν τη δυνατότητα της τρισδιάστατης απεικόνισης του χώρου όπου είναι αναρτημένα τα φωτιστικά, προτείνουν καλύτερες λύσεις και κάνουν πλήρεις οικονομοτεχνικές μελέτες.

Για το φωτισμό των οδών και των σιράγγων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη μελέτη που γίνεται από ειδικευμένους ηλεκτρολόγους μηχανικούς.

8 Ερωτήσεις - Ασκήσεις

Ομάδα Α:

(Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας)

1. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, κατά τη διάδοσή της, αποτελείται από δύο μεταβαλλόμενα πεδία, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό, τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

2. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εκπέμπεται κατά τη διάρκεια της διέγερσης των ατόμων.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

3. Το Angstrom είναι μονάδα μέτρησης του μήκους κύματος μιας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

4. Το ολικό φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών περιλαμβάνει τις ακτίνες Χ.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

5. Το ολικό φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών είναι υποσύνολο του ορατού φάσματος.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

6. Το φάσμα του ορατού φωτός περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, την ερυθρή και υπέρυθη ακτινοβολία.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

7. Η κόκκινη και η πράσινη ακτίνα φωτός έχουν το ίδιο μήκος κύματος.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

8. Το λευκό φως συνίσταται από όλα τα μήκη κύματος που αποτελούν τη φωτεινή ακτινοβολία.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

9. Το κόκκινο φως έχει μικρότερο μήκος κύματος από το κίτρινο.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

10. Η ακτινοβολία που δεν είναι αντιληπτή από το μάτι δεν επηρεάζει το υπόλοιπο σώμα μας.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

11. Όσο μικρότερη είναι η τάση λειτουργίας ενός λαμπήρα πυράκτωσης, τόσο πιο «ζεστή» εντύπωση δίνει το φως του.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

12. Όταν προοδευτικά αυξάνουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος, το πρώτο φως που θα εκπέμψει το σώμα αυτό είναι το ιώδες.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

13. Μια φωτεινή δέσμη είναι αποκλίνουσα,

όταν όλες οι ακτίνες της κατευθύνονται προς ένα σημείο.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

14. Εκπομπή φωτός συμβαίνει μόνο όταν ένα σώμα θερμανθεί πάνω από τους 525°C .

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

15. Η φωτεινή ενέργεια μιας πηγής αναφέρεται μόνο στην ορατή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

16. Αν δέσμη από παράλληλες ακτίνες προσπέσει σε τραχεία επιφάνεια, εξακολουθεί να μένει παράλληλη και μετά την πρόσπτωση.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

17. Το μπετόν έχει μεγαλύτερο συντελεστή ανάκλασης από το μάρμαρο.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

18. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα προτιμούμε σκούρα ρούχα, γιατί έχουν μεγάλο συντελεστή ανάκλασης του φωτός.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

19. Η μεταβολή στο πάχος του έγχρωμου φίλτρου προκαλεί και μεταβολή του χρώματος της ακτινοβολίας.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

20. Μια λάμπα μπαγιονέτ μπαίνει σε βιδωτό ντουί.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

21. Η ένταση I μιας φωτεινής πηγής σε ένα σημείο του χώρου είναι ανεξάρτητη από την απόσταση του σημείου αυτού από τη φωτεινή πηγή.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

22. Ο φωτισμός E που προκαλεί μια φωτεινή πηγή σε ένα σημείο μιας επιφάνειας είναι τόσο μικρότερος όσο περισσότερο απέχει το σημείο της επιφάνειας από τη φωτεινή πηγή.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

23. Οι λαμπήρες πυράκτωσης έχουν μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης από τους λαμπήρες φθορισμού.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

24. Οι λαμπήρες πυράκτωσης έχουν υπερδιπλάσιο χρόνο ζωής από τους λαμπήρες φθορισμού.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

25. Οι λαμπήρες πυράκτωσης αποδίδουν καλύτερα τα χρώματα από τους λαμπήρες φθορισμού.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

26. Οι συμπαγείς λαμπήρες φθορισμού μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ντουί των κοινών λαμπήρων πυράκτωσης.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

27. Στην αίθουσα αναμονής ενός ιατρείου τα φωτιστικά σώματα πρέπει να είναι άμεσου φωτισμού.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

28. Οι λαμπήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης έχουν σχεδόν διπλάσιο βαθμό απόδοσης από τους λαμπήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

29. Οι ηλικιωμένοι έχουν ανάγκη μεγαλύτερης στάθμης φωτισμού σε lux.

α) Σωστό ☐ β) Λάθος ☐

Ομάδα Β:

(Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας)

1. Κατά τη διάρκεια έκθεσης στον ήλιο το καλοκαίρι προτιμούνται τα ρούχα με χρώμα:

α) κόκκινο β) πράσινο γ) μαύρο δ) άσπρο

2. Κατατάξτε τα παρακάτω υλικά ως προς το συντελεστή ανάκλασης, αρχίζοντας από το υλικό με το μεγαλύτερο συντελεστή:

μπετόν, αλουμίνιο, μάρμαρο, καθρέφτη, τούβλο.

3. Κατατάξτε τα παρακάτω χρώματα ως προς το συντελεστή ανάκλασης, αρχίζοντας από το χρώμα με το μεγαλύτερο συντελεστή:

κόκκινο, κίτρινο, άσπρο, πράσινο, μαύρο.

4. Δίπλα στον αριθμό του μεγέθους της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από την αντίστοιχη τιμή της δεύτερης στήλης:

Στήλη Α	Στήλη Β
1. Φωτεινή ροή 2. Λαμπρότητα 3. Ένταση φωτός 4. Φωτισμός επιφάνειας	α. 3,14 sterad β. 80 V γ. 100 lumen δ. 25 cd/m ² ε. 50 cd στ. 100 m ² ζ. 200 Lux

5. Δίπλα στον αριθμό της έννοιας της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από το μέγεθος ή τον τύπο της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

Στήλη Α	Στήλη Β
1. Φωτεινή απόδοση λαμπτήρα 2. Δείκτης χρωματικής απόδοσης λαμπτήρα 3. Θερμοκρασία χρώματος λαμπτήρα 4. Φωτεινή ροή λαμπτήρα	α. 200 lm β. 200 Lux γ. 3000 °C δ. 3000 °K ε. $R_a = 84$ στ. 4000 °A ζ. 15 lm/watt

6. Όταν για ένα λαμπτήρα αναφέρεται χρόνος ζωής 1000 ώρες, αυτό σημαίνει ότι ο λαμπτήρας:

- α) θα πάψει να ανάβει μετά από 1000 ώρες από την τοποθέτησή του
- β) επί 700 ώρες θα δίνει την ονομαστική του φωτεινή ροή και κατά τις επόμενες 300 ώρες, μειωμένη φωτεινή ροή
- γ) θα πάψει να ανάβει μετά από 1000 ώρες συνεχούς λειτουργίας
- δ) υπάρχει η προσδοκία ότι θα παραμένει αναμμένος για 1000 ώρες συνεχούς λειτουργίας

7. Δίπλα στον αριθμό των τεχνικών χαρακτηριστικών ενός λαμπτήρα της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από το μέγεθος ή την έννοια της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

Στήλη Α	Στήλη Β
1. 75 W 2. E27 3. 1030 lm 4. 220-230 V	α. Λάμπα μπαγιονέτ β. Τάση τροφοδοσίας γ. Χρόνος ζωής λαμπτήρα δ. Καταναλισκόμενη ισχύς ε. Βιδωτή λάμπα στ. Ένταση φωτισμού λαμπτήρα ζ. Φωτεινή ροή λαμπτήρα

8. Δίπλα στον αριθμό των τεχνικών χαρακτηριστικών ενός λαμπτήρα της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από την έννοια ή τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

Στήλη Α	Στήλη Β
1. 40 W 2. B22 3. CE 4. Energy E	α. Λαμπτήρας φθορισμού β. Λαμπτήρας πυράκτωσης μπαγιονέτ γ. Λαμπτήρας πυράκτωσης βιδωτός δ. Προϊόν που πληροί τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης ε. Λαμπτήρας με μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας στ. Λαμπτήρας με σχετική εξοικονόμηση ενέργειας ζ. Καταναλισκόμενη ισχύς

9. Κατατάξτε το φωτισμό των παρακάτω επιφανειών κατά τη διάρκεια ενός καλοκαιριάτικου μεσημεριού, αρχίζοντας από την επιφάνεια με το μεγαλύτερο φωτισμό:

κάτω από δέντρο, κάτω από τέντα, σε ανοιχτό χώρο,
σε δωμάτιο σπιτιού με παράθυρο προς το βορά.

10. Το συνημίτονο μιας γωνίας φ ισούται με τη μονάδα ($\sin\varphi=1$) όταν:

- α) $\varphi = 0^\circ$ β) $\varphi = 30^\circ$ γ) $\varphi = 60^\circ$ δ) $\varphi = 90^\circ$

11. Όταν μια φωτεινή δέσμη πέφτει κάθετα σε μια επιφάνεια (και φ είναι η γωνία που σχηματίζει η φωτεινή δέσμη με την κατακόρυφο του επιπέδου), τότε:

- α) $\sin\varphi = 0$ β) $\sin\varphi = 0,5$ γ) $\sin\varphi = 0,8$ δ) $\sin\varphi = 1$

12. Δίπλα στον αριθμό του λαμπτήρα πυράκτωσης της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

Στήλη Α	Στήλη Β
1. Λαμπτήρες με μπλε χρώμα 2. Λαμπτήρες με κίτρινο χρώμα 3. Λαμπτήρες κεριά 4. Λαμπτήρες μορφής ράβδου	α. Κατάλληλοι για πισίνες β. Δεν προσελκύουν τα έντομα γ. Για εσωτερικό φωτισμό επίπλων δ. Για φωτισμό πινάκων ζωγραφικής ε. Για διάβασμα στ. Για φωτιστικά σώματα τύπου πολυελαίου ζ. Για φωτισμό διαδρόμων

13. Δίπλα στον αριθμό του λαμπτήρα πυράκτωσης της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τη φράση της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

Στήλη Α	Στήλη Β
1. Λαμπτήρες καθρέφτη με σκληρό γυαλί και με τάση τροφοδοσίας 12V 2. Λαμπτήρες ανεστραμμένου καθρέφτη 3. Λαμπτήρες αλογόνων χαμηλής τάσης αλουμινίου 4. Λαμπτήρες αλογόνων μορφής κάψουλας	α. Κατάλληλοι για πισίνες β. Για φωτισμό δρόμων γ. Για φωτισμό φούρνων δ. Για ξύλινες ψευδοροφές ε. Για να αποφεύγεται το θάμπωμα στ. Για τοπική εργασία ζ. Για φωτισμό πάρκων

14. Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους κατά απαίτηση χρωματικής απόδοσης φωτισμού, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:

σχολείο, σκάλες, υφαντουργείο, χώρος στάθμευσης.

- 15.** Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους κατά απαίτηση χρωματικής απόδοσης φωτισμού, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:

κατοικία, χώρος ιατρικών εξετάσεων, μηχανουργείο, αποθήκη.

- 16.** Ένας ήδη τοποθετημένος λαμπτήρας φθορισμού τελευταία αναβοσβήνει συνεχώς και τα άκρα του είναι μαυρισμένα. Πιθανότερη αιτία γι' αυτό είναι:

- α) Λανθασμένη συνδεσμολογία
- β) Κατασκευαστική ατέλεια του λαμπτήρα
- γ) Προβληματικός εκκινητής
- δ) Ο λαμπτήρας έχει πλησιάσει στο τέλος της ζωής του

- 17.** Ένας ήδη τοποθετημένος λαμπτήρας φθορισμού τελευταία ανάβει με δυσκολία και ύστερα από πολλές προσπάθειες ανάμματος. Πιθανότερη αιτία γι' αυτό είναι:

- α) Κακή επαφή στο ντουί
- β) Ο λαμπτήρας έχει πλησιάσει στο τέλος της ζωής του
- γ) Προβληματικός εκκινητής
- δ) Ανεπαρκής τάση τροφοδοσίας

- 18.** Σε ένα λαμπτήρα φθορισμού φαίνεται μια φωτεινή στήλη να μετατοπίζεται με σπειροειδή κίνηση. Πιθανότερη αιτία γι' αυτό είναι:

- α) Κακή επαφή στο μπάλαστ
- β) Ο λαμπτήρας έχει πλησιάσει στο τέλος της ζωής του
- γ) Κατασκευαστική ατέλεια του λαμπτήρα
- δ) Ανεπαρκής τάση τροφοδοσίας

19. Δίπλα στον αριθμό του λαμπτήρα της πρώτης στήλης να προστεθεί το γράμμα από τις ιδιότητες της δεύτερης στήλης που ταιριάζει περισσότερο:

Στήλη Α	Στήλη Β
<ol style="list-style-type: none"> 1. Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης 2. Λαμπτήρες μαύρου φωτός 3. Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης 4. Φωτεινοί σωλήνες νέον 	<p>α. Η ποιότητα του φωτός που παράγουν είναι φτωχή, αλλά είναι φθινοί, με μεγάλη διάρκεια ζωής (μέχρι και 22000 ώρες) και χρησιμοποιούνται για το φωτισμό βιομηχανικών χώρων.</p> <p>β. Η ηλεκτρική συνδεσμολογία πρέπει να γίνεται από ειδικευμένους τεχνίτες, επειδή λειτουργούν σε πολύ υψηλές τάσεις λειτουργίας (6-15 kV)</p> <p>γ. Είναι οι λαμπτήρες εκκένωσης με το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης (200 lm/W). Αυτό, σε συνδυασμό με την παραγόμενη μονοχρωματική ακτινοβολία κίτρινου χρώματος, τους φέρνει πρώτους στις προτιμήσεις για φωτισμό δρόμων, σε ομιχλώδες περιβάλλον.</p> <p>δ. Το εκπεμπόμενο φως έχει χρώμα χρυσόλευκο και χρησιμοποιούνται για φωτισμούς εθνικών δρόμων, κεντρικών οδών εντός αστικών περιοχών και μνημείων.</p> <p>ε. Για το φωτισμό μεγάλων εξωτερικών επιφανειών, χρησιμοποιούνται προβολείς με λαμπτήρες από γυαλί χαλαζία και περιέχουν το ευγενές αέριο ξένον.</p> <p>στ. Είναι λαμπτήρες μικτού φωτισμού και συνδυάζουν χαρακτηριστικά λαμπτήρων πυράκτωσης και εκκένωσης</p> <p>ζ. Κατάλληλοι για ανίχνευση πλαστών χαρτονομισμάτων</p>

20. Το φωτιστικό σώμα που έχει τη μεγαλύτερη προστασία έναντι εισχώρησης ύδατος είναι αυτό που έχει δείκτη προστασίας:

α) IP 03 β) IP 31 γ) IP 44 δ) IP 35

21. Το φωτιστικό σώμα που έχει τη μεγαλύτερη προστασία έναντι εισχώρησης ξένων σωμάτων ή σκόνης είναι αυτό που έχει δείκτη προστασίας:

α) IP 03 β) IP 31 γ) IP 44 δ) IP 35

22. Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους ενός σπιτιού κατά απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε Lux, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:

α) διάδρομος

β) τοπικός φωτισμός για διάβασμα

γ) τοπικός φωτισμός για τραπέζι κουζίνας

δ) τοπικός φωτισμός για κρεβάτια παιδιών

--	--	--	--

23. Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους σχολείων κατά απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε Lux, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:

α) νηπιαγωγεία

β) δημοτικά σχολεία

γ) σχεδιαστήρια

δ) αίθουσα διδασκαλίας Ηλεκτρολογικού Τομέα

--	--	--	--

24. Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους νοσοκομείου κατά απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε Lux, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:

α) γραφεία γιατρών

β) χειρουργείο (τράπεζα εργασίας)

γ) οδοντιατρείο (πολυθρόνα)

δ) βιβλιοθήκη

--	--	--	--

25. Κατατάξτε τους παρακάτω χώρους καταστημάτων κατά απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε Lux, αρχίζοντας από το χώρο με την υψηλότερη απαίτηση:

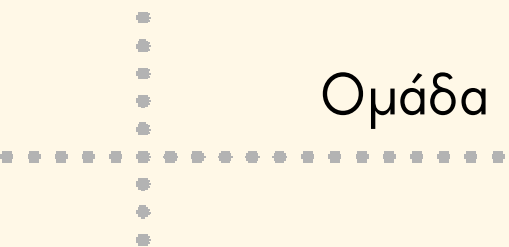
α) βιτρίνες στο κέντρο μεγάλων πόλεων (γενικός φωτισμός)

β) βιτρίνες στο κέντρο μεγάλων πόλεων (συμπληρωματικός με spots)

γ) βιτρίνες σε υπόλοιπους χώρους (γενικός φωτισμός)

δ) βιτρίνες σε υπόλοιπους χώρους (συμπληρωματικός με spots)

--	--	--	--



Ομάδα Γ:

1. Ποια είναι η φύση του φωτός σύμφωνα με την κβαντική θεωρία;
2. Πώς εξηγείτε, μετά την ύπαρξη καταιγίδας, την εμφάνιση του ουράνιου τόξου;
3. Πώς εξηγείτε τη διάδοση του φωτός σε ένα δωμάτιο, όταν το φως εισέρχεται μόνο από μια χαραμάδα της πόρτας;
4. Να αναφέρετε τους δύο νόμους της ανάκλασης του φωτός και να σχεδιάσετε παραδείγματα με διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης.
5. Τι συμβαίνει όταν ένα πουκάμισο φαίνεται μπλε;
6. Γιατί το καλοκαίρι ο ήλιος, αν και είναι μακρύτερα από τη γη από ό,τι με το χειμώνα, θερμαίνει περισσότερο την επιφάνειά της;
7. Ποιες είναι οι επιπτώσεις σε ένα λαμπτήρα πυράκτωσης, όταν τροφοδοτείται με χαμηλότερη τάση από την ονομαστική του;
8. Τι είδους λαμπτήρες χρησιμοποιούμε στους φωτισμούς τροφίμων και γιατί;
9. Ένας φίλος σας με καθρεφτάκι, από μακριά "ρίχνει τον ήλιο στα μάτια σας". Να ερμηνεύσετε το φαινόμενο με φωτομετρικά μεγέθη.
10. Όλοι οι λαμπτήρες σας θαμπώνουν, όταν τους κοιτάτε; Αιτιολογείστε.
11. Μια φίλη σας παραπονιέται ότι τα ρούχα που φοράει τώρα είχαν διαφορετική απόχρωση όταν τα διάλεξε στο κατάστημα. Πώς ερμηνεύετε το γεγονός;
12. Σχεδιάστε τη συνδεσμολογία δύο λαμπτήρων φθορισμού, ίδιας ισχύος, με κοινό μπάλαστ.
13. Πώς βελτιώνεται το φάσμα των λαμπτήρων ατμών υδραργύρου;
14. Γιατί το φως των λαμπτήρων ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης (μονοχρωματική ακτινοβολία κίτρινου χρώματος) είναι το πιο κατάλληλο για φωτισμό δρόμων με ομίχλη ή σκόνη;
15. Να αναφέρετε τις σχέσεις θερμοκρασίας χρώματος και στάθμης φωτισμού, για τη δημιουργία ευχάριστου αισθήματος.
16. Με τη βοήθεια πινάκων, να κάνετε τη φωτοτεχνική μελέτη μιας αίθουσας διδασκαλίας, διαστάσεων $9 \times 8 \times 4$ m. Ο κάθε μαθητής να χρησιμοποιήσει τα απαραίτητα στοιχεία για τη μελέτη, σύμφωνα με επιλογές που θα αιτιολογήσει.

Βιβλιογραφία

I Ελληνική

Δημόπουλος Φίλιππος, «Φωτοτεχνία - Τεχνική του φωτισμού», Εκδόσεις ιδίου, Αθήνα 1995.

Οικονομόπουλος Ιων Α, «Θεωρητική και εφαρμοσμένη φωτοτεχνία», Εκδόσεις Νίκου Μαυρομμάτη, Αθήνα 1976.

Optronics ΕΥΤ, Τεχνικό φυλλάδιο, 2000.

Πετρίδης ΑΒΕΕ, «Φωτισμός» (τεχνικό φυλλάδιο), εκτύπωση "Αρίων" Ο.Ε., 2000.

Τοπαλής Φραγκίσκος Β., «Φωτοτεχνία - Βασικές αρχές φωτομετρίας και μελέτες φωτισμού», ΕΜΠ, Αθήνα 1994.

Φωτεινόπουλος Βαγγέλης, «Φυσική - Οπτική», Εκδόσεις Αφοι Βλάσση, 1980.

I Ξένη

Marukellis S.A., «Lighting» εκδόσεις Quark Hi - Teck S.A 1999.

OSRAM, «Led in General Lighting», 2000.

OSRAM, «Indoor and Outdoor Lighting», Τεχνικό εγχειρίδιο, 2001.

Philips, «Lighting Manual», Εκδόσεις Philips Lighting B.V, 1993.

Philips, Τεχνικό εγχειρίδιο «Calculux for Windows», 1999.

Siemens, «Lighting Applications» Τεχνικό εγχειρίδιο, 2000.