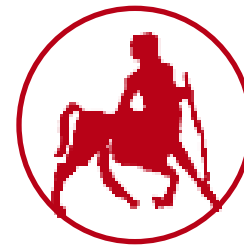


ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Α. Τσαγκρασούλης
Τμ. Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



Προσαρμογή σε λαμπρότητα



Μερικές τυπικές τιμές λαμπροτήτων (cd/m²)

Αστραπή	: $7 \cdot 10^{10}$
Ήλιος (zenith)	: $3.2 \cdot 10^9$
Ήλιος (horizon)	: $4.3 \cdot 10^5$
Λαμπτήρας πυράκτωσης 60W	: $1.2 \cdot 10^5$
Λαμπτήρας φθορισμού T8	: $1.1 \cdot 10^4$
Πανσέληνος	: $4.2 \cdot 10^3$
LCD monitor	: $2 \cdot 10^2$

Η λαμπρότητα προσαρμογής είναι καθοριστικής σημασίας στον σχεδιασμό.

Δεν υπάρχει ένας συγκεκριμένος τρόπος καθορισμού της αλλά εξαρτάται (μεταξύ άλλων) και απο τον τρόπο που παρατηρούμε το περιβάλλον.



**Σήραγγα: Συγκεκριμένη διεύθυνση παρατήρησης
Ενδιαφέρει η λαμπρότητα σε κώνο 20° (L20)**



**Γραφείο: Η λαμπρότητα προσαρμογής
Επηρεάζεται απο το σύνολο του οπτικού πεδίου**

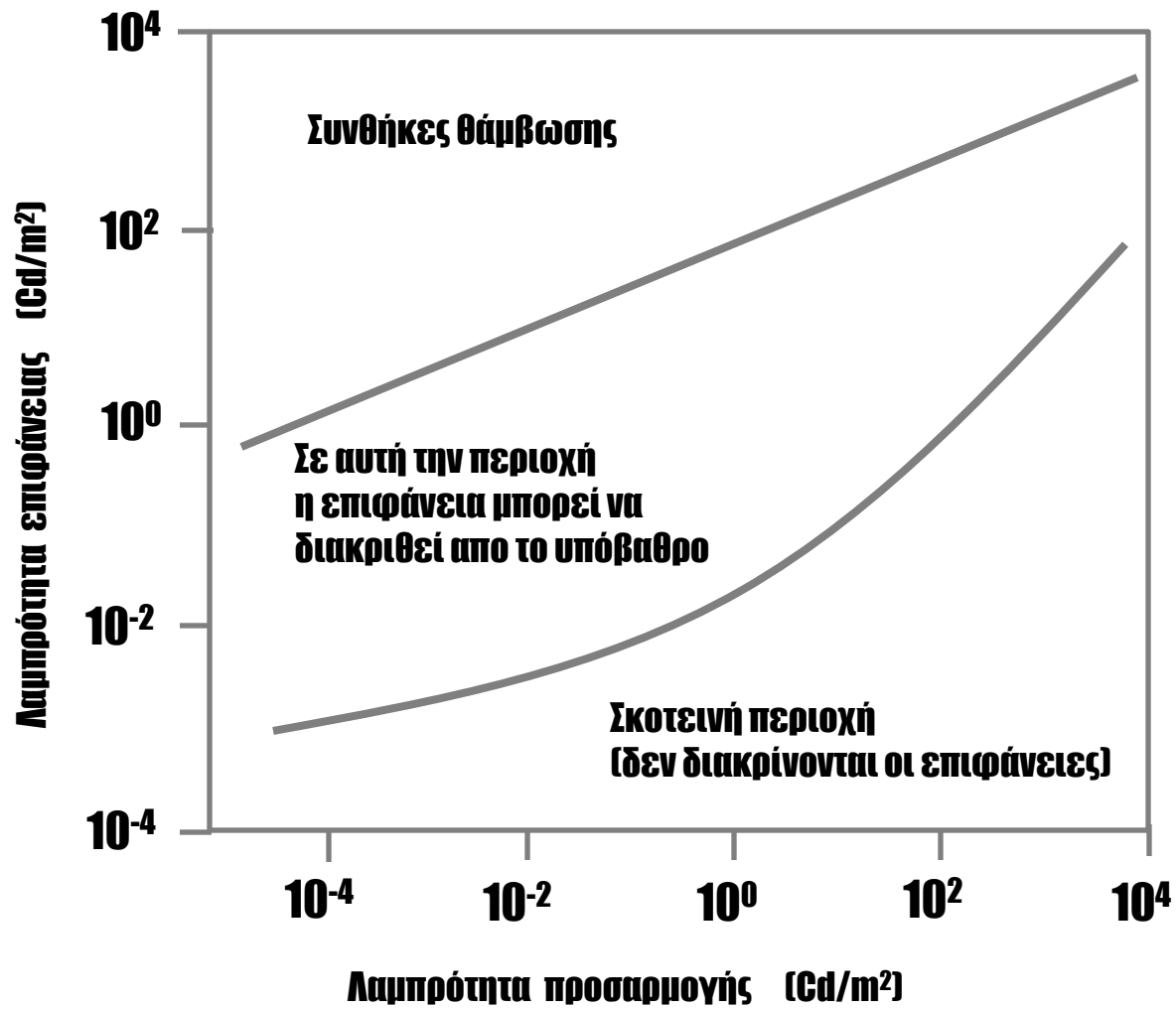
Η εύρεση μιας σχέσης που συνδέει το υποκειμενικό αίσθημα (φωτεινότητα, B) με το αντικειμενικό ερέθισμα (λαμπρότητα, L) παίζει σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό του φωτισμού των χώρων.

- **Νόμος Weber-Fechner (1860) : $B=a*\log(L)+b$**
- **Νόμος Stevens (1970) : $B= k*L^n$**

Όπου a,b, k, n σταθερές με το n (0.23-0.31)

**ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ : B και L ΔΕΝ είναι αναλογικά,
Δηλ. η «διπλάσια» αίσθηση δεν σημαίνει
διπλασιασμό των επιπέδων φωτισμού !**

Ανάλογα με την λαμπρότητα προσαρμογής διακρίνουμε αντικείμενα λόγω της λαμπρότητας τους μέσα σε κάποιο εύρος



Η λαμπρότητα προσαρμογής είναι μεγάλη, συνεπώς το εσωτερικό δεν είναι ορατό (λαμπρότητα μικρή)



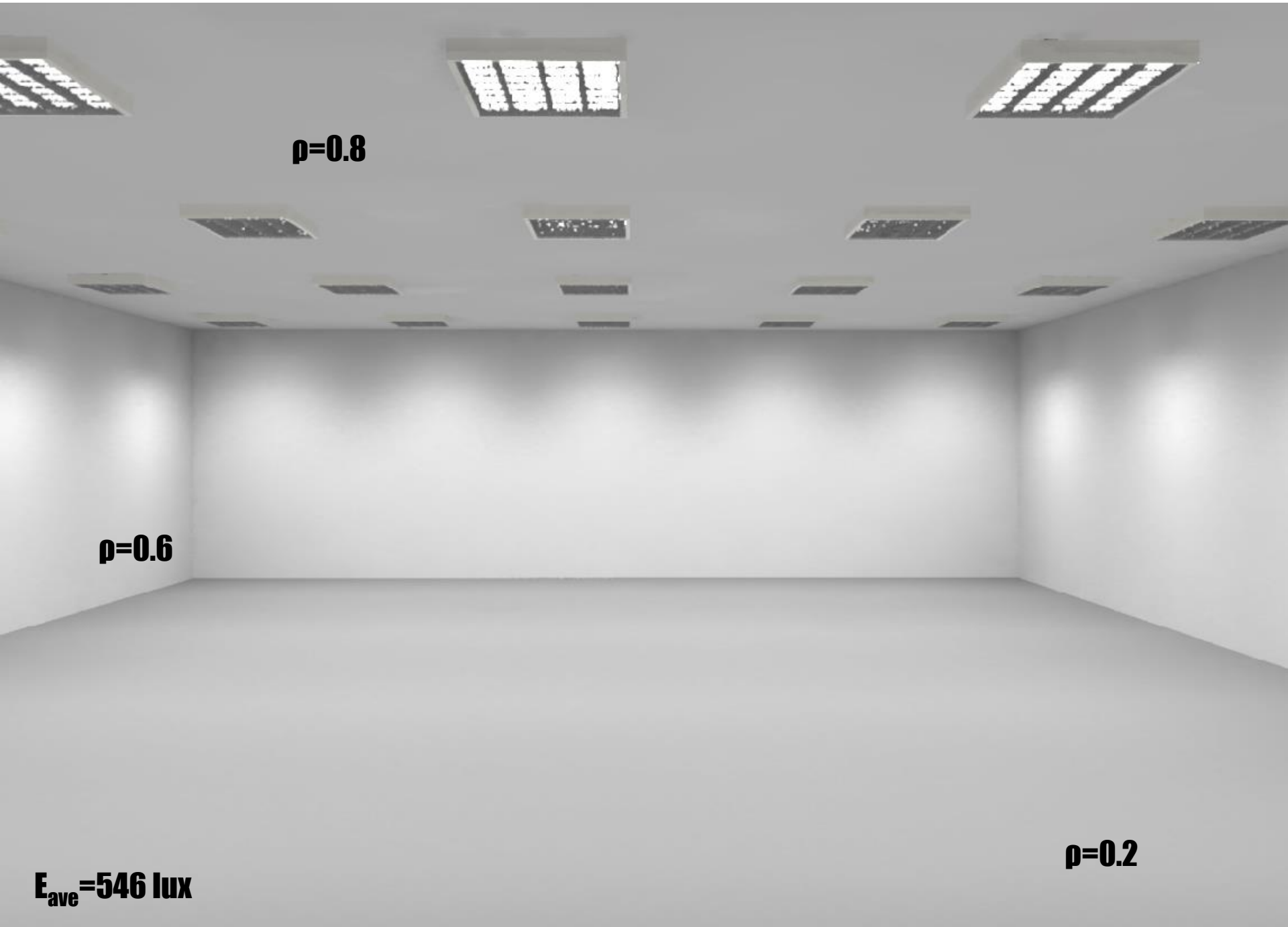
Παράδειγμα: Λαμπρότητες σε σημεία χώρου.....

$\rho=0.8$

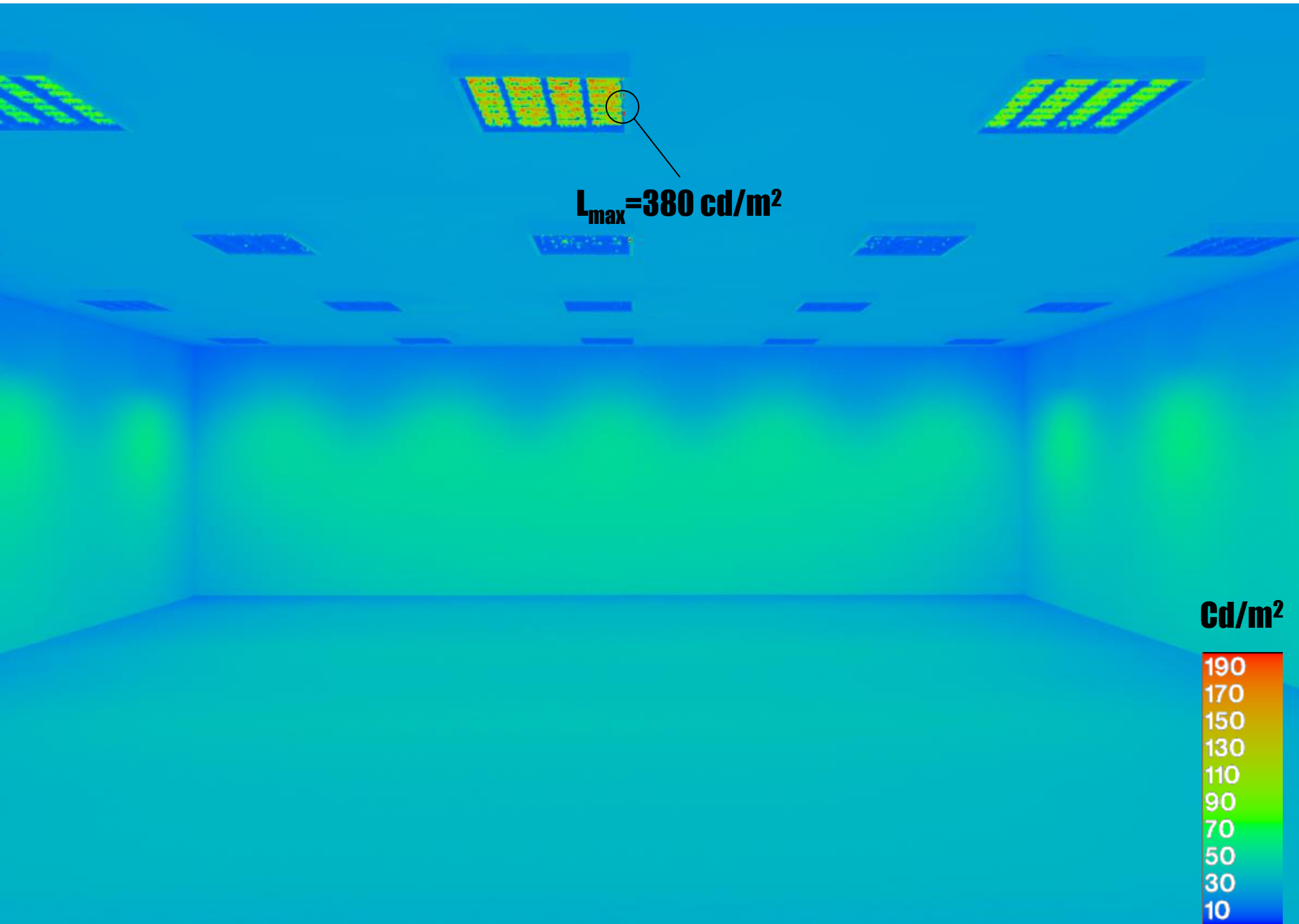
$\rho=0.6$

$\rho=0.2$

$E_{ave}=546 \text{ lux}$



Παράδειγμα: Λαμπρότητες σε σημεία χώρου....



**Αυτό που ενδιαφέρει σχεδιαστικά είναι η εκτίμηση
πότε ένας χώρος χαρακτηρίζεται «φωτεινός» ή όχι. Δηλ.
χρειαζόμαστε**

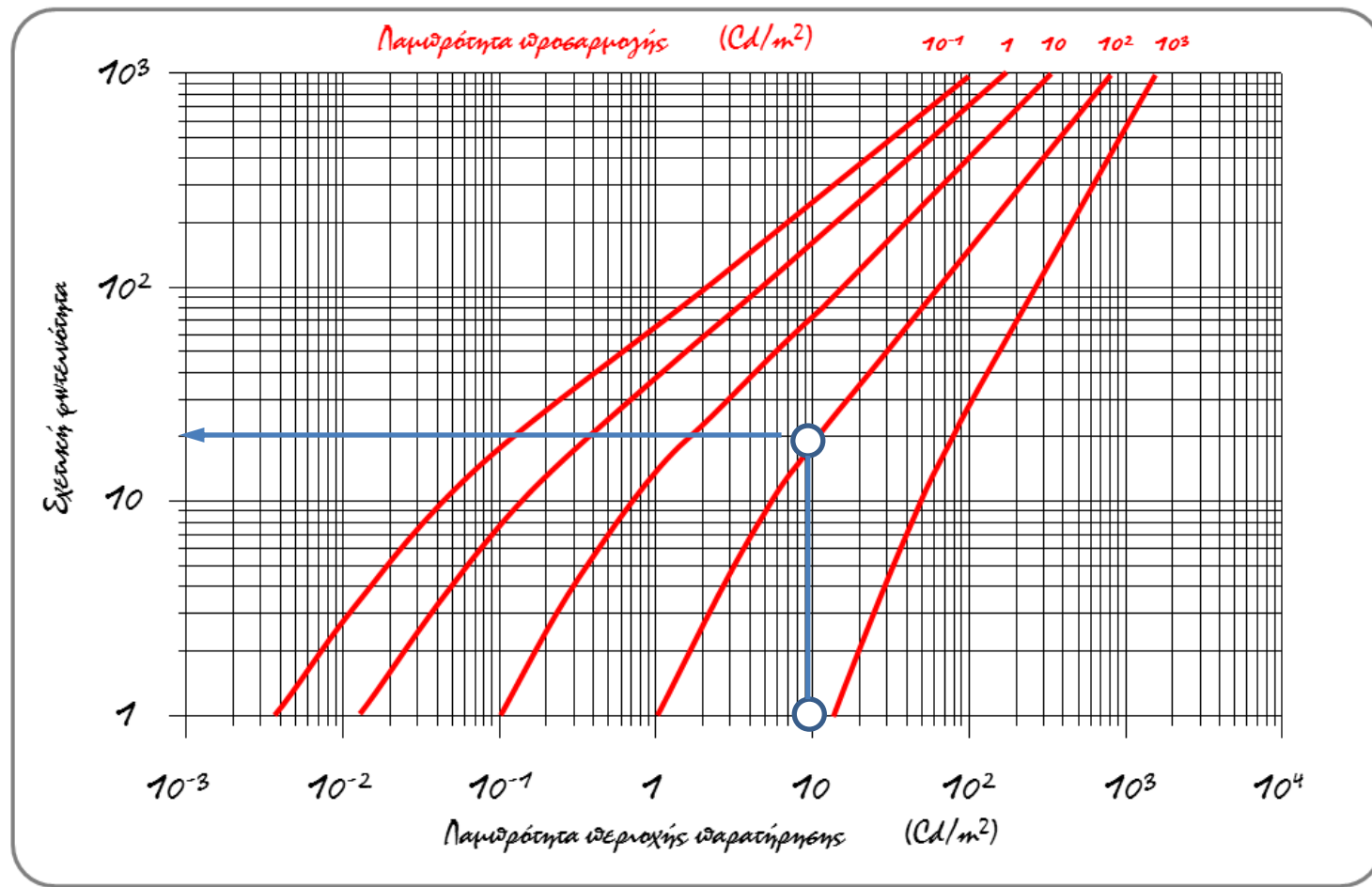
**μια εκτίμηση για την φωτεινότητα είτε μιας επιφάνειας είτε
πολλών επιφανειών ταυτόχρονα με διαφορετική
λαμπρότητα.**

Σχέση ανάμεσα στη φωτεινότητα και λαμπρότητα

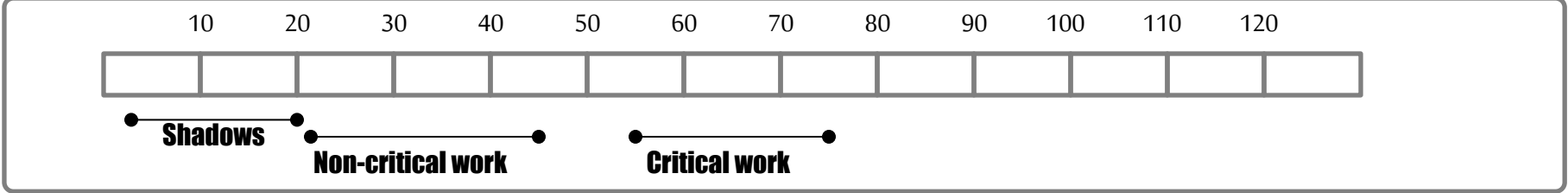
Λαμπρότητα προσαρμογής (Cd/m²) 10⁻¹ 1 10 10² 10³



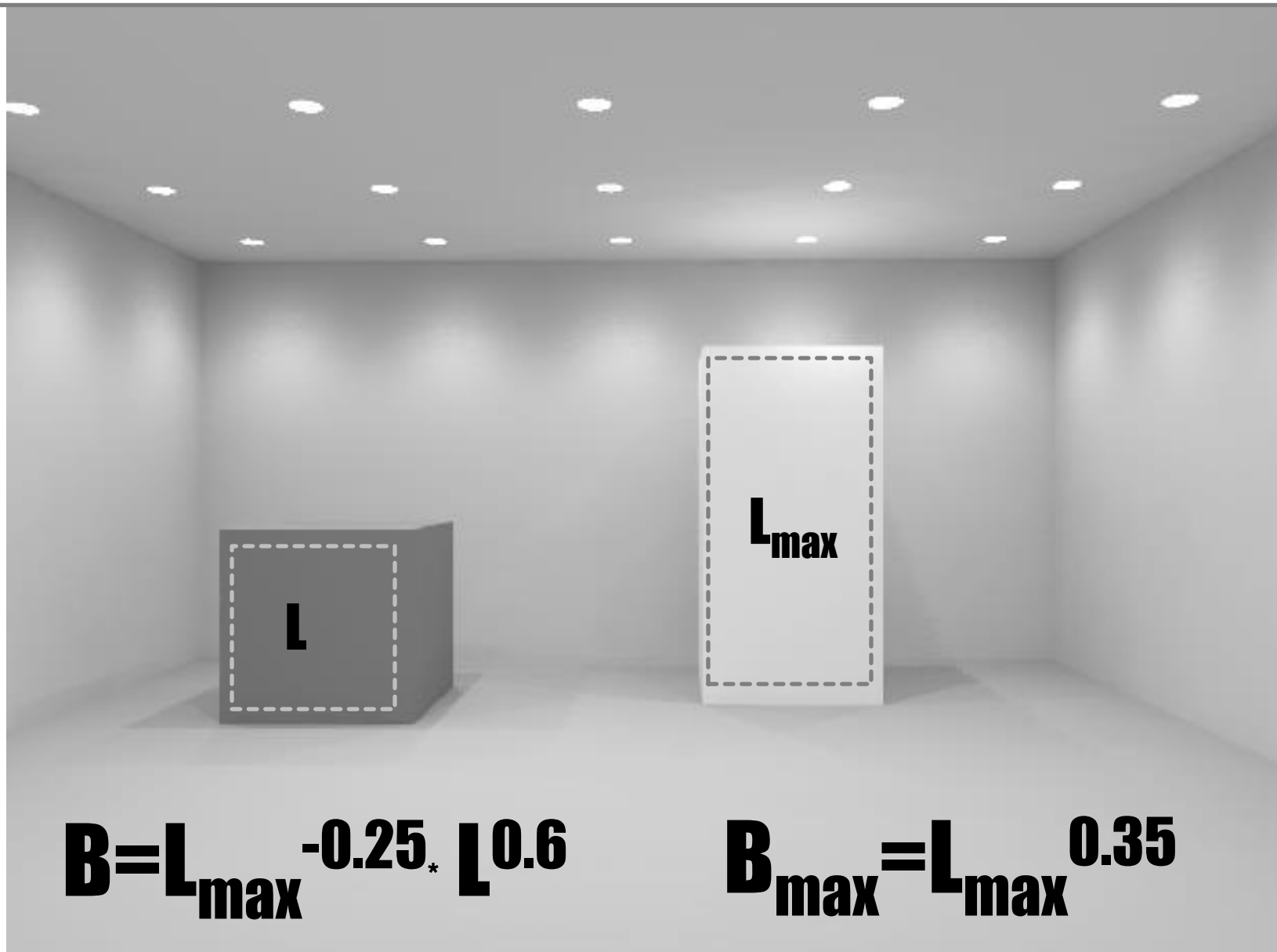
Πως χρησιμοποιείται ;



Εστω οτι λαμπρότητα προσαρμογής είναι $100 \text{ cd}/\text{m}^2$, και παρατηρούμε μια επιφάνεια (π.χ. τοίχο) με λαμπρότητα $10 \text{ cd}/\text{m}^2$. Απο το σχήμα υπολογίζουμε φωτεινότητα 20. Παρακάτω η κλίμακα σχετικής φωτεινότητας με την αίσθηση



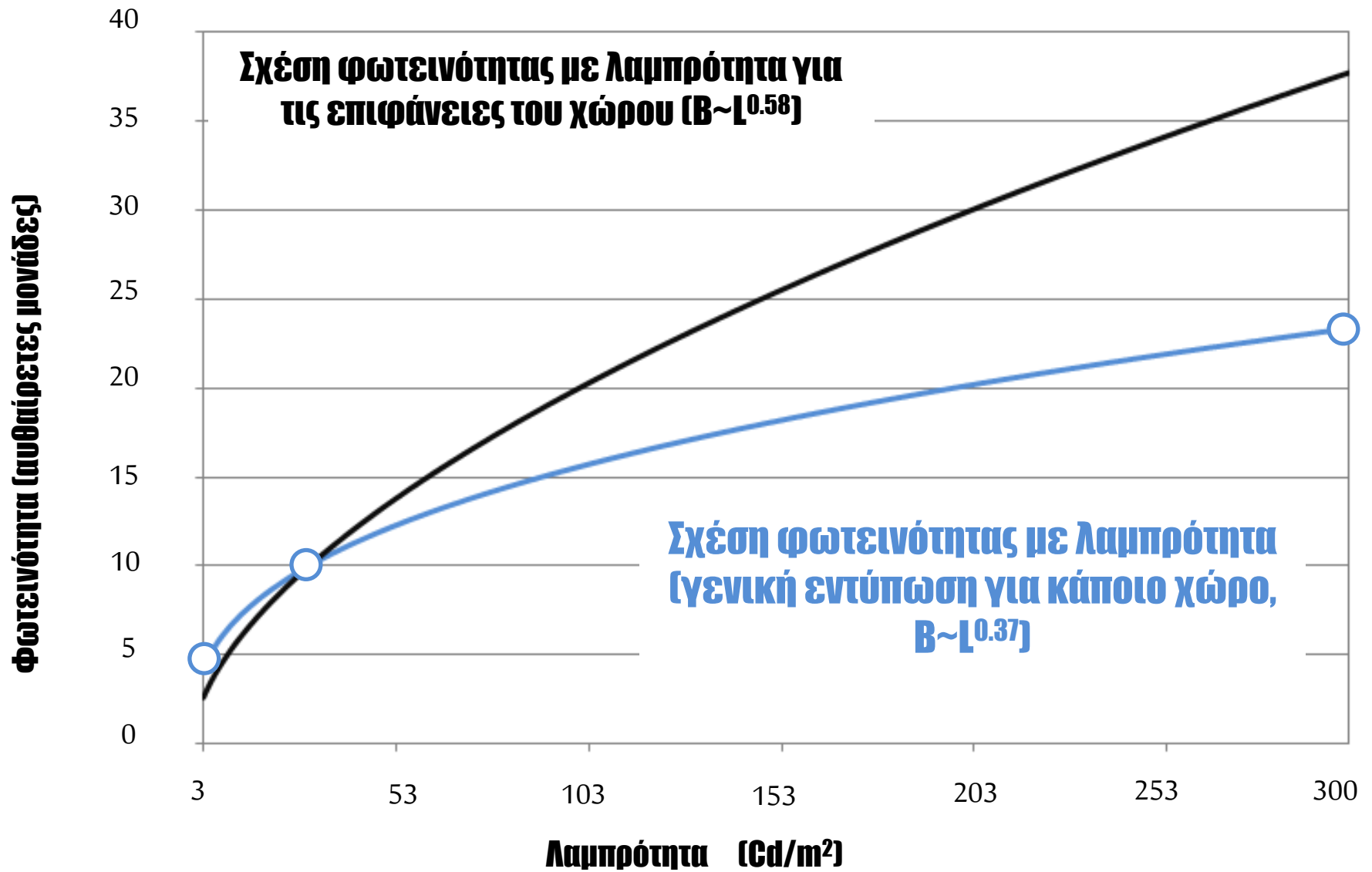
Σχέση ανάμεσα στη φωτεινότητα και λαμπρότητα



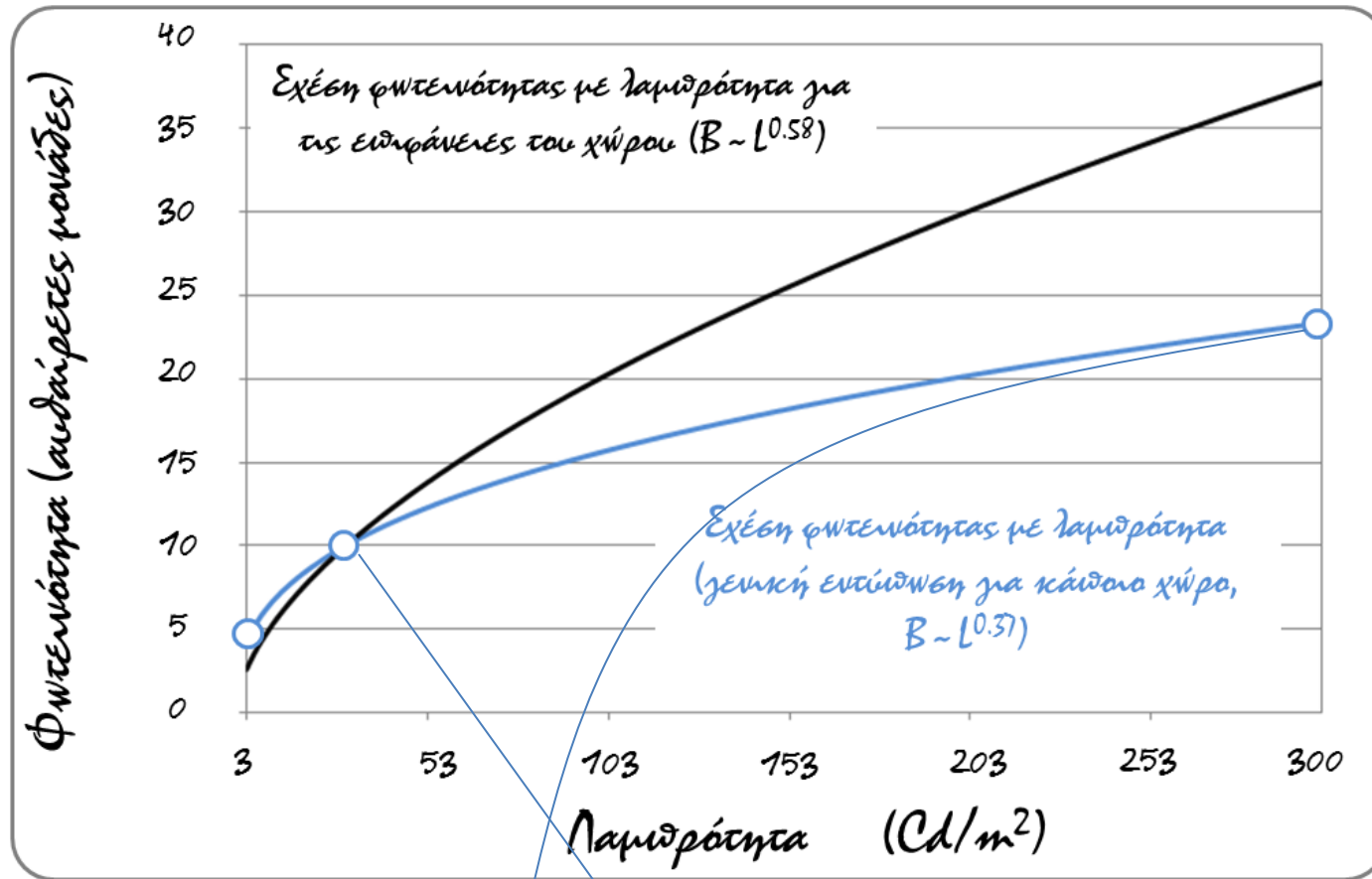
$$B = L_{\max}^{-0.25} \cdot L^{0.6}$$

$$B_{\max} = L_{\max}^{0.35}$$

Τι γίνεται όμως σε πραγματικούς χώρους ;

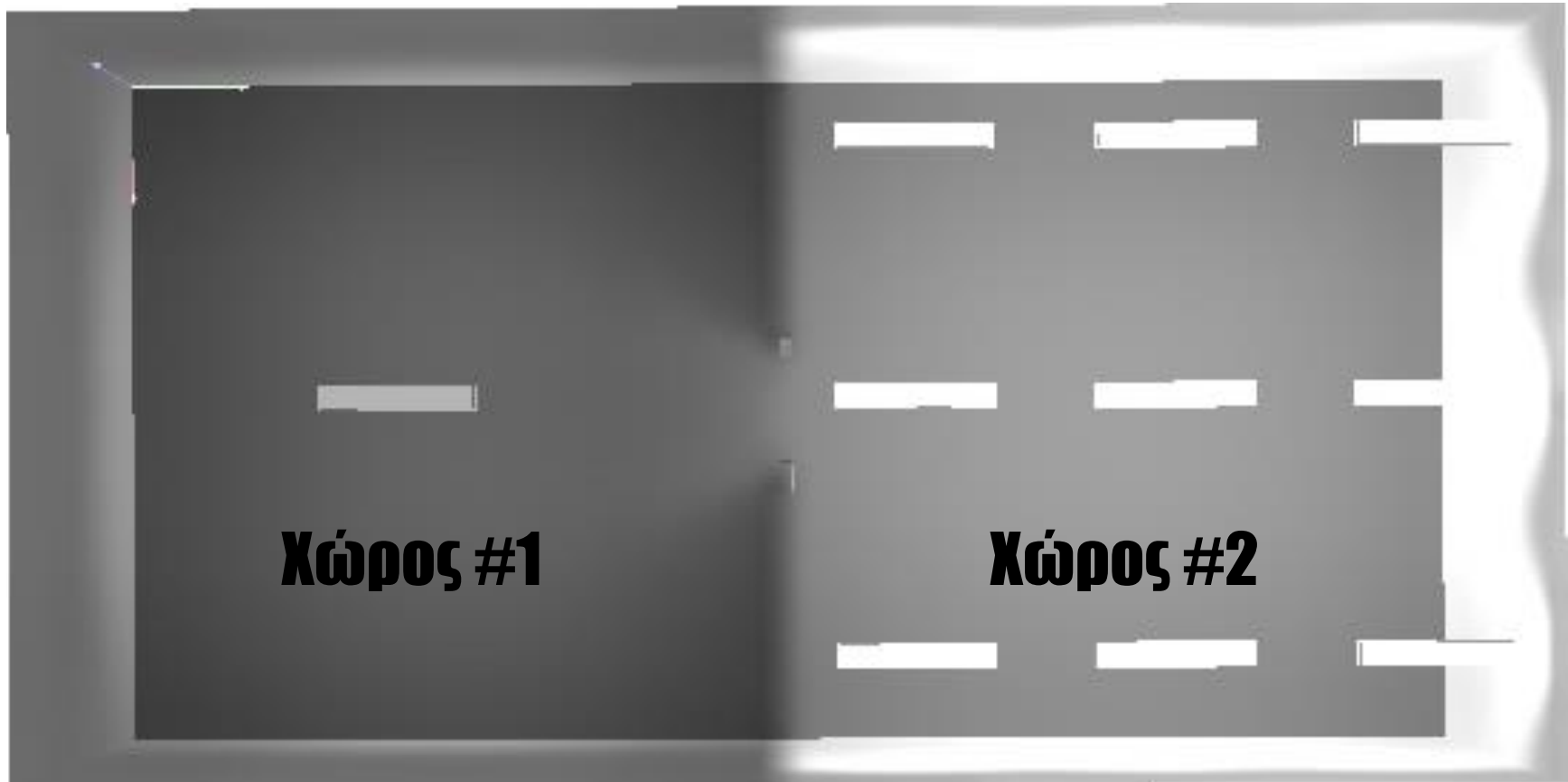


Πως χρησιμοποιείται ;



1. Εστω ότι η λαμπρότητα προσαρμογής είναι 30 cd/m^2 , τότε η φωτεινότητα του χώρου αντιστοιχεί σε 10 μονάδες. Αν λαμπρότητα αυξηθεί στα 300 cd/m^2 τότε η φωτεινότητα είναι 23 μονάδες. Βλέπετε ότι ο περίπου διπλασιασμός της αίσθησης (από 10-23) δεν αντιστοιχεί σε διπλασιασμό της λαμπρότητας.
2. Αν η λαμπρότητα προσαρμογής είναι πάλι 30 cd/m^2 , η σχέση όσον αφορά την φωτεινότητα ανάμεσα σε π.χ. δύο επιφάνειες με διαφορετική λαμπρότητα εκτιμάται με την βοήθεια της μαύρης καμπύλης.

Δηλ. μιλώντας πρακτικά ο διπλασιασμός της αίσθησης (δηλ. μέγιστη φωτεινότητα) οδηγεί σε περίπου οκταπλασιασμό της μέγιστης λαμπρότητας.



Η ιδιότητα αυτή είναι χρήσιμη ιδίως σε σχεδιασμό μουσείων που μπορεί να επιδιώκεται έντονη διαφοροποίηση των επιπέδων φωτισμού ανάμεσα σε γειτονικούς χώρους.

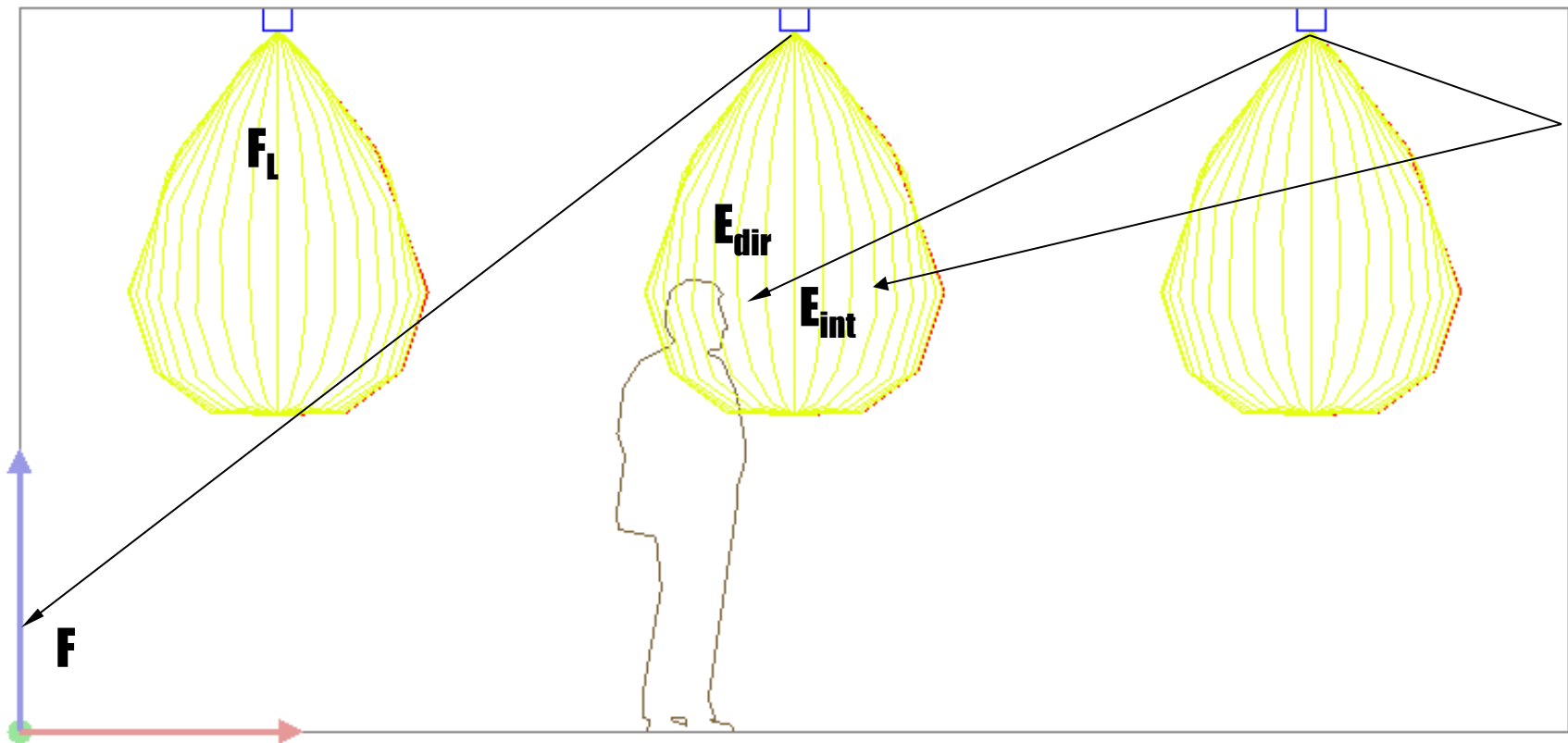
Πως χρησιμοποιείται ;

Η πρόταση του C. Cuttle για την εκτίμηση της λαμπρότητας προσαρμογής είναι η μέτρηση του φωτισμού στο επίπεδο του ματιού (χωρίς να ληφθεί υπόψη ο άμεσος φωτισός απο τα φώτα, βλ. εικόνα)

Λαμπρότητα προσαρμογής (cd/m²)	Κάθετος φωτισμός στο υψος του ματιού (lux)	Αίσθηση
3	10	Μόλις διακρίνονται χρώματα
10	30	Αμυδρός φωτισμός
30	100	Όριο για να χαρακτηριστεί "λαμπρός"
100	300	"Λαμπρός" χώρος
300	1000	Ιδιαίτερα "λαμπρός" χώρος

Επίδραση της ανακλαστικότητας των επιφανειών στην φωτεινότητα

Γενικά για να αποφασισθεί αν κάποιος χώρος δίνει την αίσθηση ότι είναι φωτισμένος επαρκώς χρειάζεται να αξιμηθεί η φωτεινότητα των διαφόρων επιφανειών που απαρτίζουν τον χώρο. Αυτός είναι και ο λόγος που ο φωτισμός στο επίπεδο του ματιού είναι χρήσιμη παράμετρος.



F_l = φωτεινή ροή που εκπέμπεται από τα φωτιστικά
 F = φωτεινή ροή που προσπίπτει στις επιφάνειες
 ρ_s = ανακλαστικότητα επιφανειών

Η φωτεινή ροή που εκπέμπεται απο τα φωτιστικά θα πρέπει να είναι ίση με τη απορροφούμενη ροή απο τις επιφάνειες του χώρου (αρχή διατήρησης της ενέργειας).

$$F_L = F \cdot (1 - \rho_s)$$

↓

$$F = \frac{F_L}{(1 - \rho_s)}$$

Έτσι η ένταση φωτισμού στις επιφάνειες θα είναι:

$$E = \frac{F_L}{A \cdot (1 - \rho_s)}$$

όπου A η συνολική έκταση των επιφανειών που απαιτίζουν τον χώρο

Η ένταση φωτισμού έχει ένα άμεσο και ένα έμμεσο τμήμα:

$$E = E_{dir} + E_{int}$$

Η άμεση ένταση φωτισμού E_{dir} υπολογίζεται ως εξής:

$$E = \frac{F_L}{A}$$

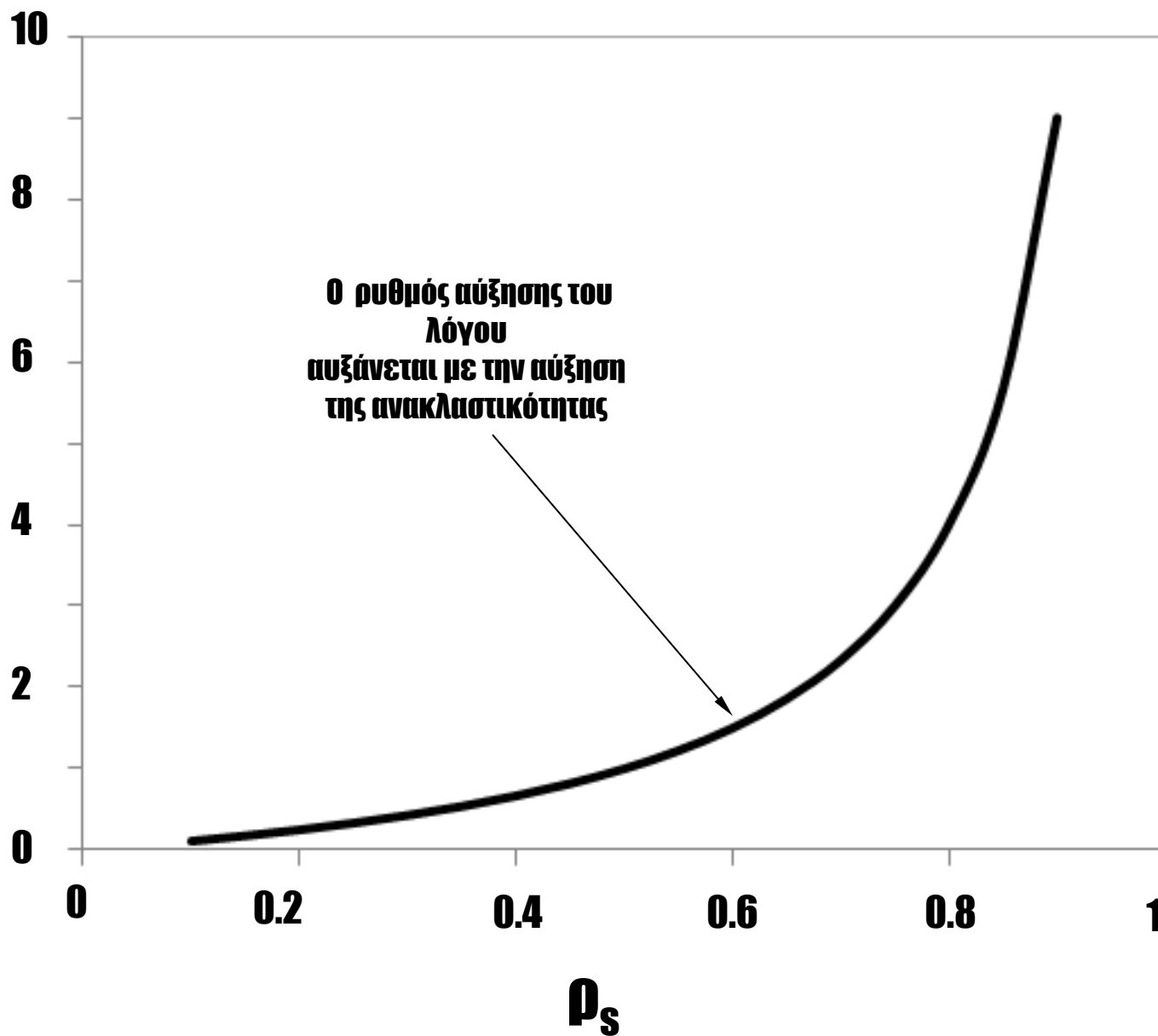
**Η αύξηση του λόγου αυτού
αυξάνει
και το E_{int}**

Έτσι :

$$E_{int} = \frac{F_L * \rho_s}{A * (1 - \rho_s)}$$

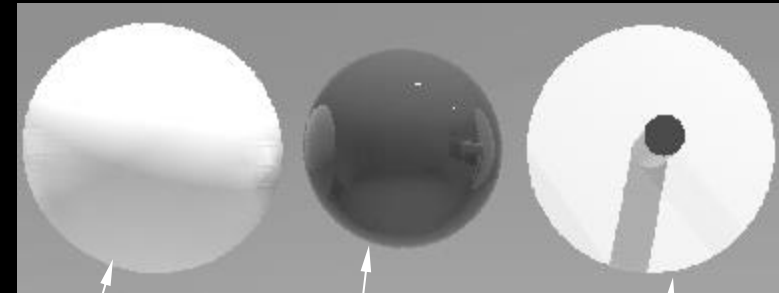
Χονδροειδώς αυτός είναι ο φωτισμός στο επίπεδο του ματιού (εξαιρουμένου του άμεσου φυσικά).

$$\frac{\rho_s}{(1-\rho_s)}$$



Ενας απλός τρόπος εκτίμησης/χαρακτηρισμού της «ροής» του φωτισμού.

Συνήθως ο φωτισμός εξετάζεται σαν δισδιάστατο μέγεθος (σε κάποια επιφάνεια). Όμως μπορεί να εξετασθεί σαν τρισδιάστατο (βλ. διανυσματικός φωτισμός). Ενας απλός τρόπος ώστε να συνδυασθεί η παρατήρηση με την κατάσταση που επικρατεί σε κάποιο χώρο μπορεί να πραγματοποιηθεί με χρήση τριών απλών κατασκευών.



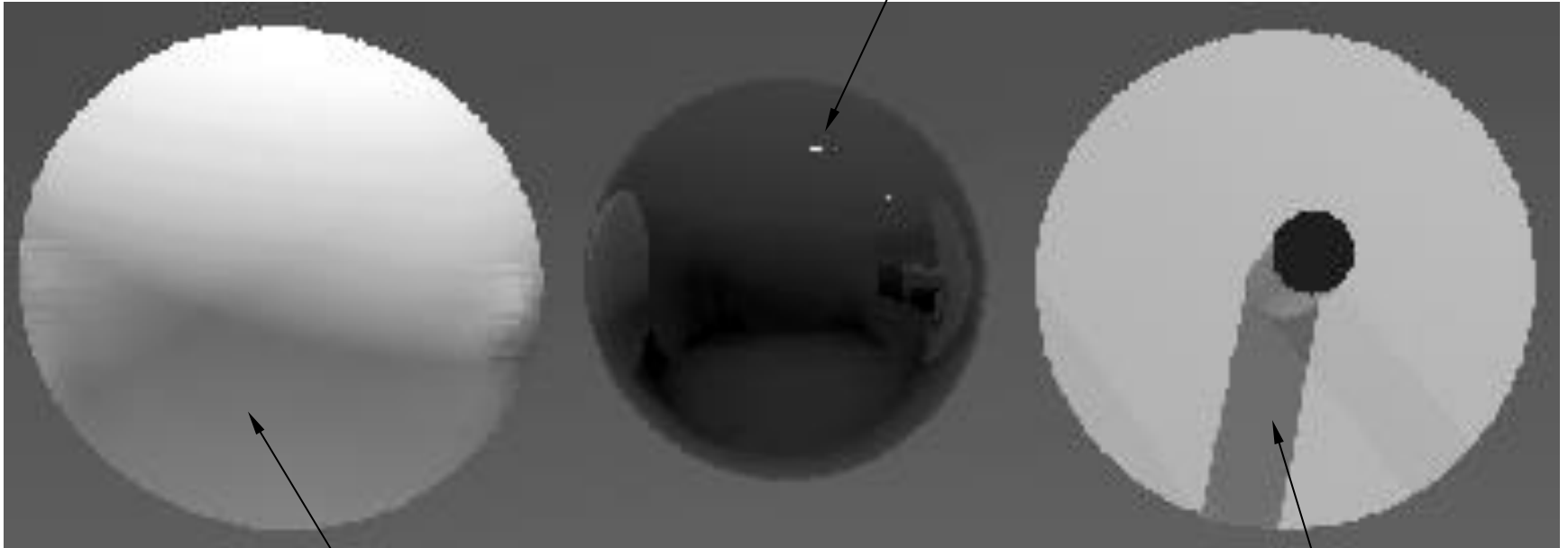
**Σφαίρα λευκή
διαχυτική**

**Σφαίρα μαύρη
στιλπνή**

**Λευκός δίσκος
με κυλινδρική
προεξοχή**

Ένας απλός τρόπος εκτίμησης/χαρακτηρισμού της «ροής» του φωτισμού.

Φαίνονται οι
θέσεις των
πηγών



Η ροή του φωτισμού φαίνεται
στην λευκή σφαίρα. Παρατηρήστε
της διαβάθμιση ανάμεσα στο πάνω
και στο κάτω μέρος της

Η ύπαρξη/ένταση σκιάς
καθορίζει την
κατευθυντικότητα του
φωτισμού. Π.χ. Σε φωτεινή
οροφή η σκιά δεν θα ήταν
ορατή