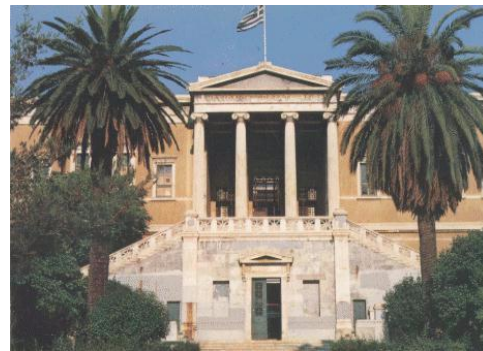


Ακτίνες laser στην οδοντιατρική

Ασφάλεια κατά τη χρήση των Laser

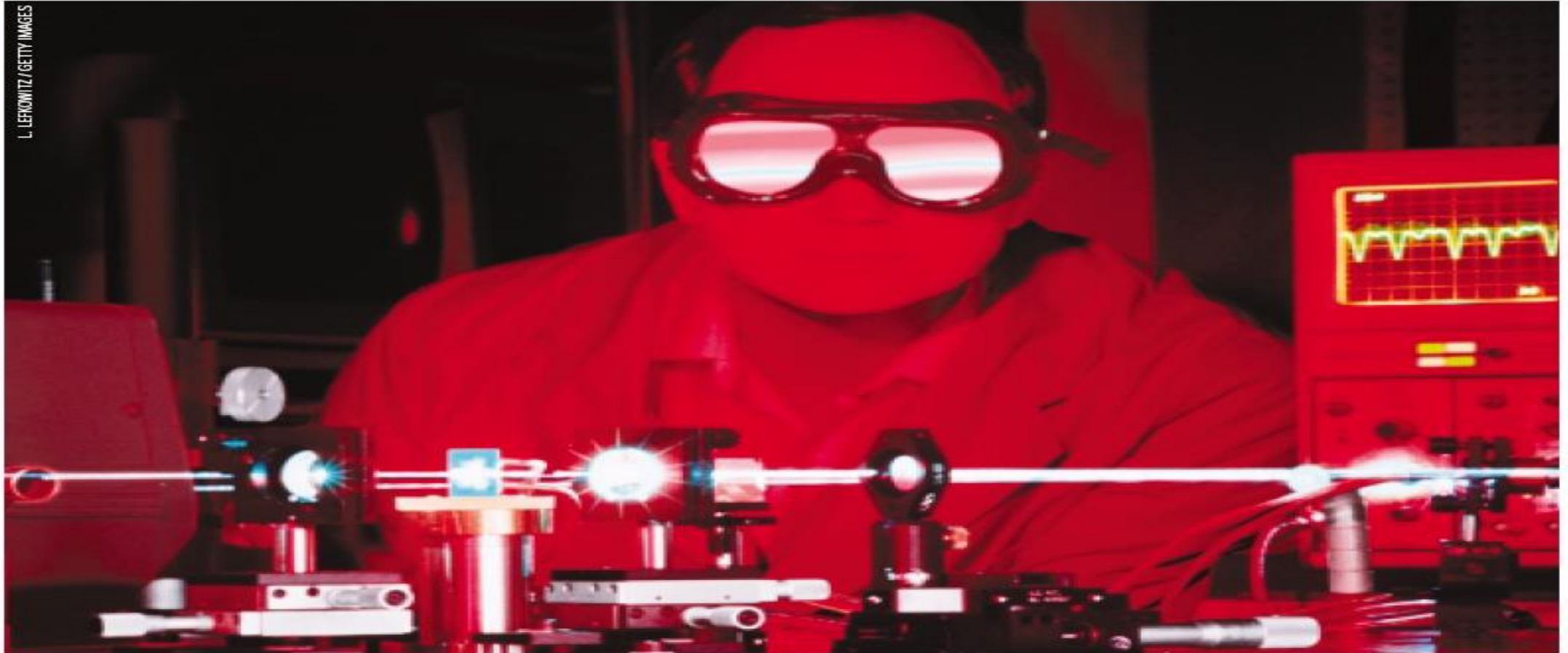
Σπυράτου Ελίνα

*Διδάκτωρ της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και
Φυσικών Επιστημών, Τομέας Φυσικής, Εθνικό Μετσόβιο
Πολυτεχνείο, Αθήνα*



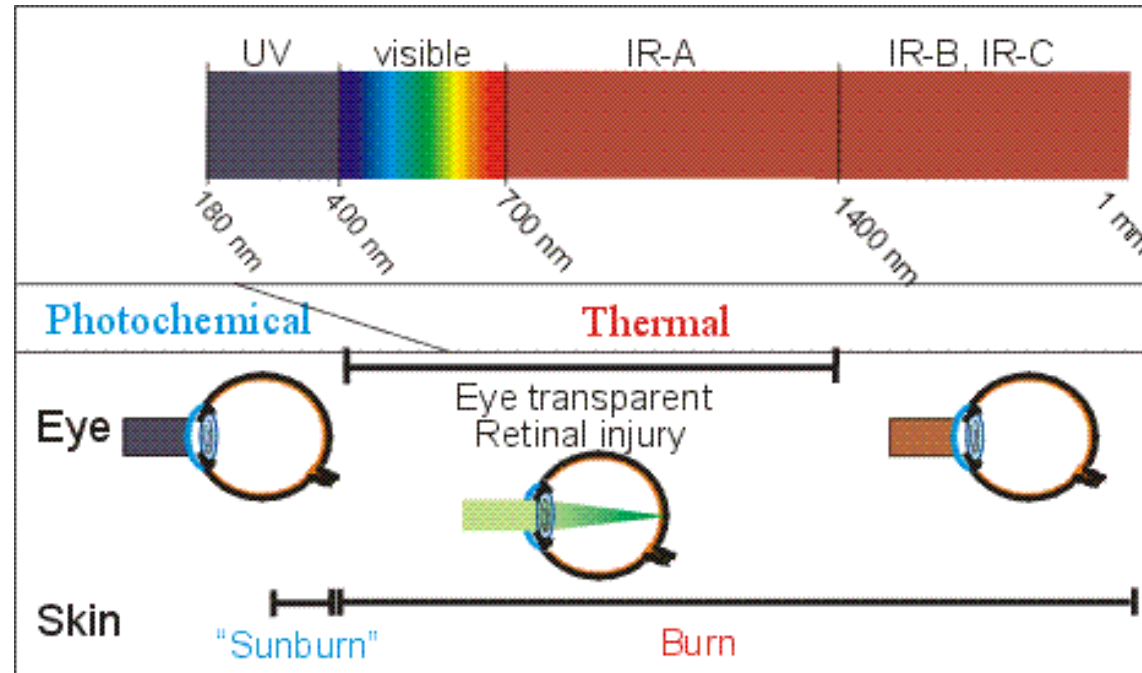
**Προαιρετικό μάθημα «ΑΚΤΙΝΕΣ LASER ΣΤΗΝ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ»
ΑΘΗΝΑ, 2018**

Ασφάλεια από τη δέσμη laser



✚ Θέματα ασφάλειας κατά τη χρήση της ακτινοβολίας laser

Οι κίνδυνοι από τα laser μπορούν να χωριστούν γενικά σε δύο κατηγορίες: σε αυτούς που προέρχονται από την ακτινοβολία και σε αυτούς που δεν προέρχονται από αυτή, όπως είναι οι ηλεκτρικοί και οι χημικοί κίνδυνοι.



✚ *Τμήμα του φάσματος της Η/Μ ακτινοβολίας που έχει άμεση σχέση με την ασφάλεια laser.*



❖ Κίνδυνοι σε χώρους λειτουργίας laser



❖ Μόλυνση της “ατμόσφαιρας” του χώρου από:

- Προϊόντα του συστήματος αερίων του laser (ενεργό αέριο, σύστημα ψύξης, παράγωγα κ.ά.)
- Καπνούς προερχόμενους από την απανθράκωση ή την αποδόμηση (εξάτμιση) ιστών, κύρια στις χειρουργικές εφαρμογές

*Υπάρχουν ζωντανά κύτταρα
στα “καυσαέρια” μιας επέμβασης laser;*

❖ Κίνδυνοι από τα ηλεκτρικά συστήματα του laser

- ηλεκτροσόκ, εγκαύματα, θάνατος (τροφοδοτικά υψηλής ισχύος, συσσωρευτές, ηλεκτρο-οπτικά συστήματα, διαμορφωτές κ.λ.π.)



❖ Κίνδυνοι σε χώρους λειτουργίας laser

❖ Κίνδυνοι από τους κρυογονικούς ψύκτες των διατάξεων laser

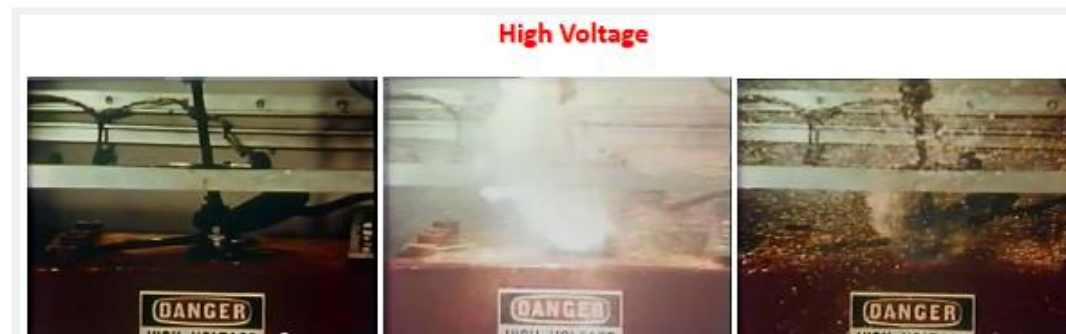
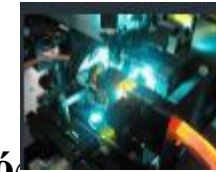
(υγρό άζωτο, υγρό ήλιο, τα οποία είτε είναι εκρηκτικά είτε προκαλούν δύσπνοια)

❖ Κίνδυνοι πυρκαϊάς

(σύστημα πυκνωτών, έκρηξη εύφλεκτων αερίων ή διαλυτών, στατικός ηλεκτρισμός σε πλαστικούς σωλήνες, συστήματα οπτικής άντλησης, κ.λ.π.),

Και φυσικά...

❖ Κίνδυνοι από άμεση ή έμμεση έκθεση στη δέσμη laser!!!





Κίνδυνοι σε χώρους λειτουργίας laser



Summary of laser hazards



- High Voltage, current, power (separate training required)



- Chemical Hazards (MSDS – separate training required)
 - F2 , Cl2 gas
 - Explosion hazards
 - Cryogenic hazards



- Concentrated light (primary focus of laser safety)
 - Fire hazard
 - Skin, Clothing EYE HAZARD



Marine labs?

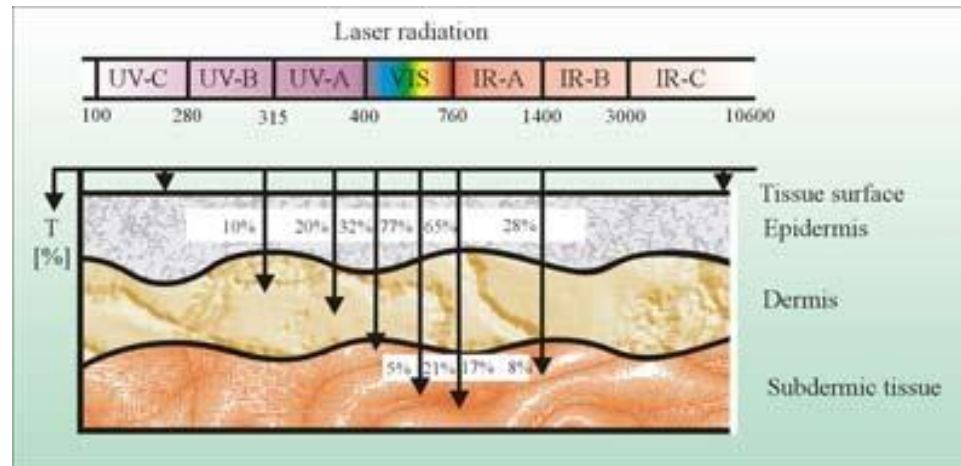
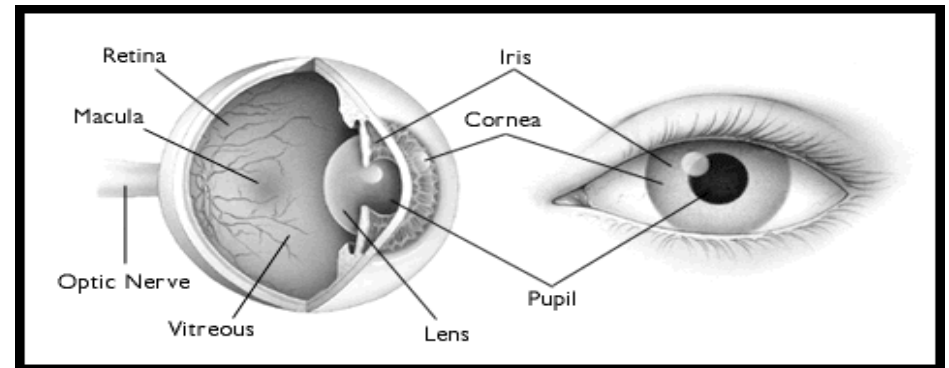


Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser



❖ Οφθαλμοί και δέρμα οι πύλες εισόδου της ακτινοβολίας στο σώμα

- ❖ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser
 - κίνδυνοι στα μάτια -



- ❖ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser
 - κίνδυνοι στο δέρμα -





✚ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στα μάτια



Το μάτι είναι το πιο ευαίσθητο όργανο του ανθρώπου στο φως. Όπως ακριβώς **ένας μεγεθυντικός φακός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συγκεντρωθεί το φως του ήλιου και να καεί ένα κομμάτι από χαρτί ή ξύλο**, έτσι και οι φακοί στο ανθρώπινο μάτι συγκεντρώνουν τη δέσμη του laser σε μία μικροσκοπική κηλίδα που μπορεί να κάψει τον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού. Μια δέσμη με μικρή απόκλιση καθώς μπαίνει στο μάτι μπορεί να εστιαστεί σε μια κηλίδα διαμέτρου 10-20 μ m.



Download from Dreamstime.com
2128111
Epsilon1 / Dreamstime.com

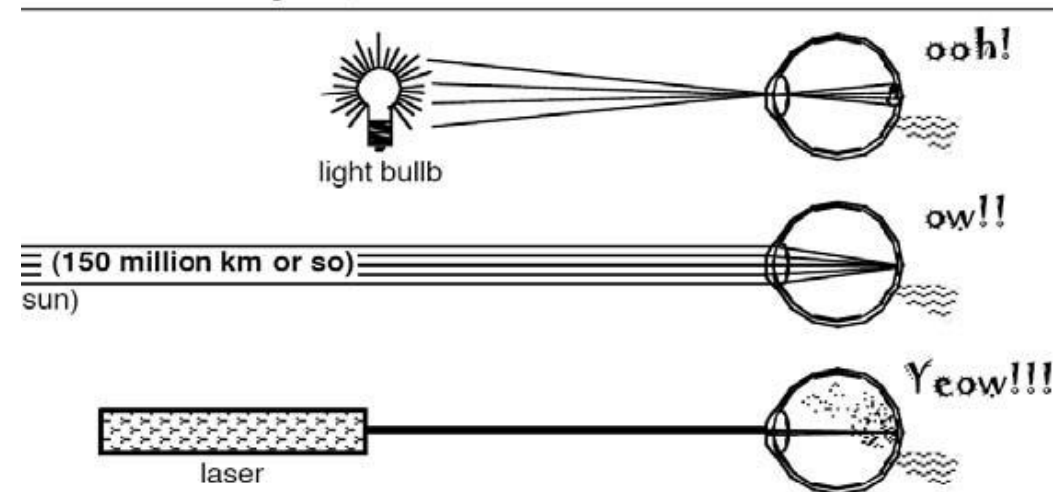
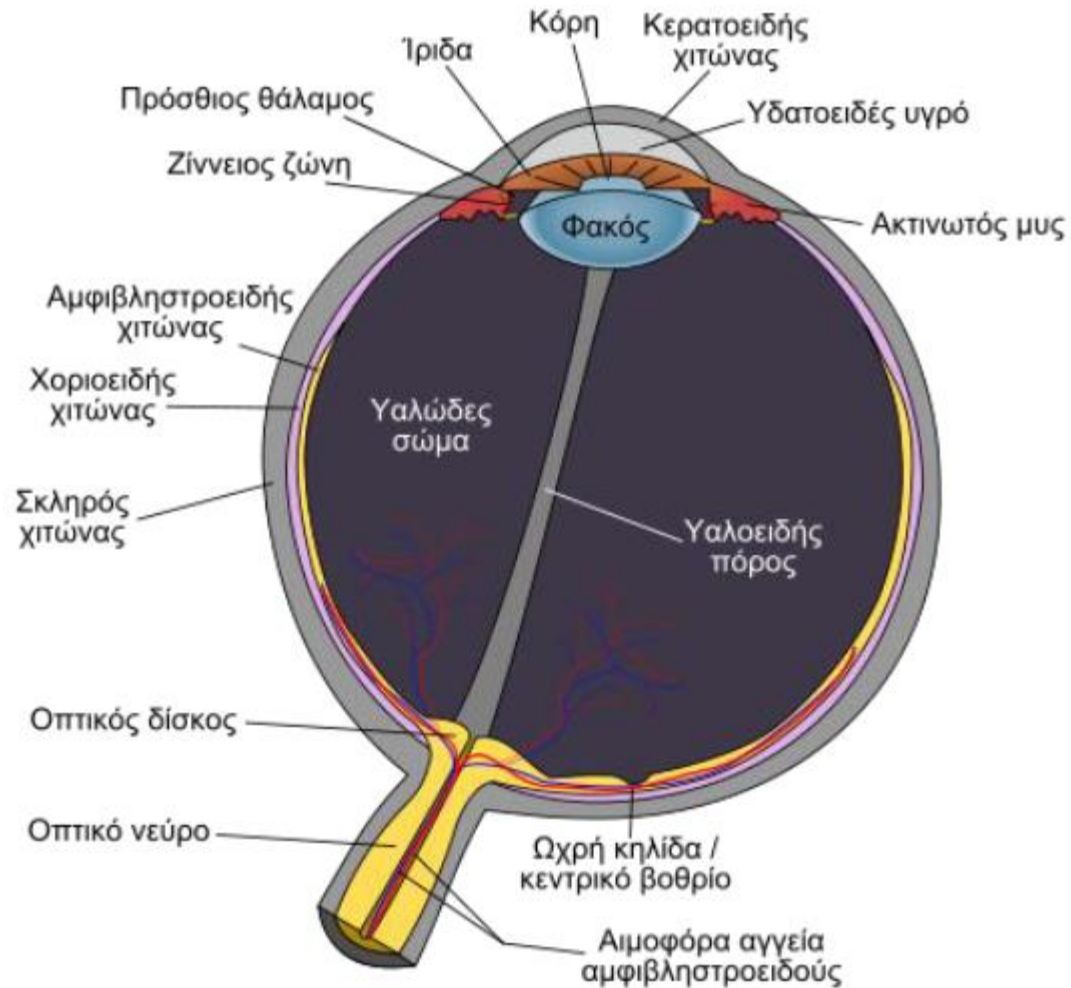


Figure 1-1: Retina Illumination by a light-bulb, the sun, and a laser.



✚ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στα μάτια -

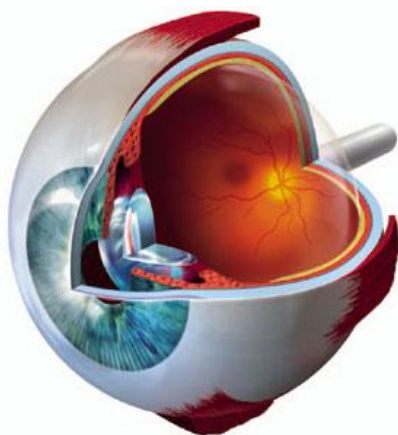




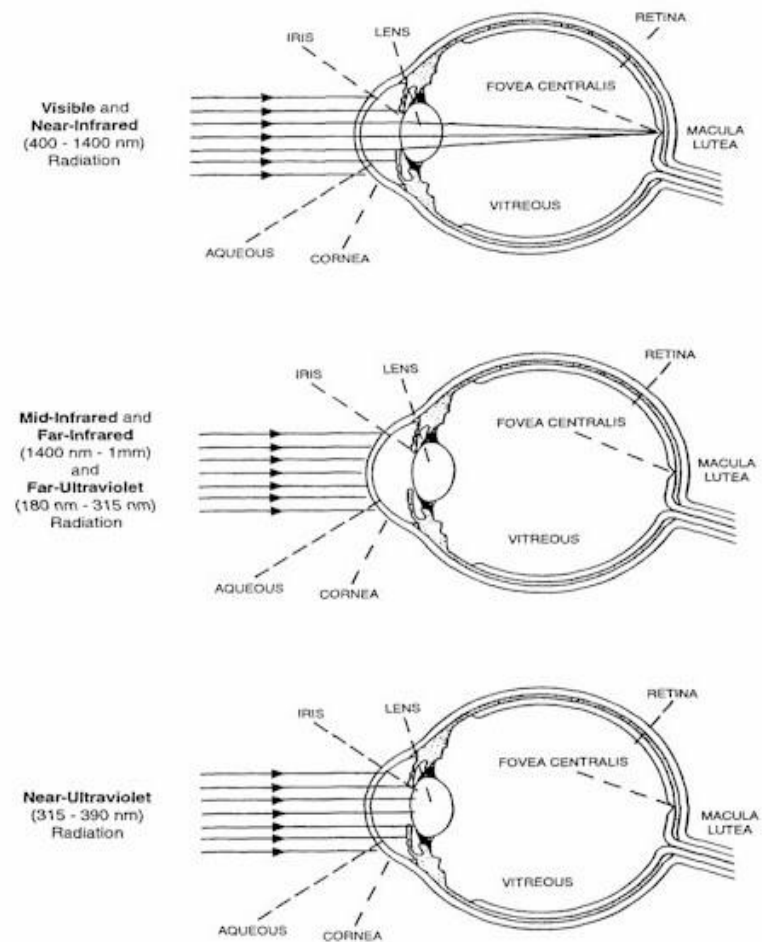
⚡ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στα μάτια -



Διάδοση φωτός στους οφθαλμούς



OCULAR ABSORPTION SITE vs WAVELENGTH



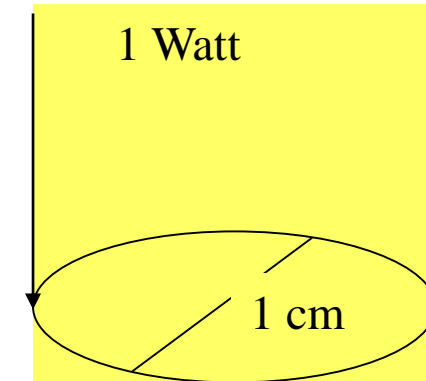


Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - μερικές χρήσιμες έννοιες

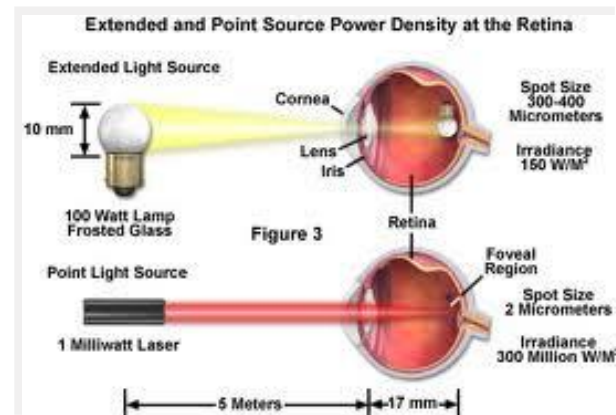


Λόγω διατήρησης της ενέργειας, η **πυκνότητα ενέργειας** (που ορίζεται ως η ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας) ή αντίστοιχα η **πυκνότητα ισχύος** της δέσμης του laser αυξάνεται όσο το μέγεθος της κηλίδας μειώνεται, όταν παρεμβάλλονται οπτικά μέσα εστίασης της δέσμης.

Έτσι, μια δέσμη με μικρή απόκλιση καθώς μπαίνει στο μάτι μπορεί να εστιαστεί σε μια **κηλίδα διαμέτρου 10-20μm**. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια της δέσμης μπορεί να μεγαλώσει μέχρι και 100.000 φορές. Π.χ., εάν η πυκνότητα ισχύος της δέσμης όταν εισέρχεται στο μάτι είναι **1mW/cm²**, η **εστιασμένη ακτινοβολία** στον αμφιβληστροειδή χιτώνα θα είναι **100W/cm²**.



Η πυκνότητα ισχύος ορίζεται ως ο λόγος της φωτεινής ισχύος προς την διατομή της δέσμης και εκφράζεται στο σύστημα μονάδων SI με $W m^{-2}$.



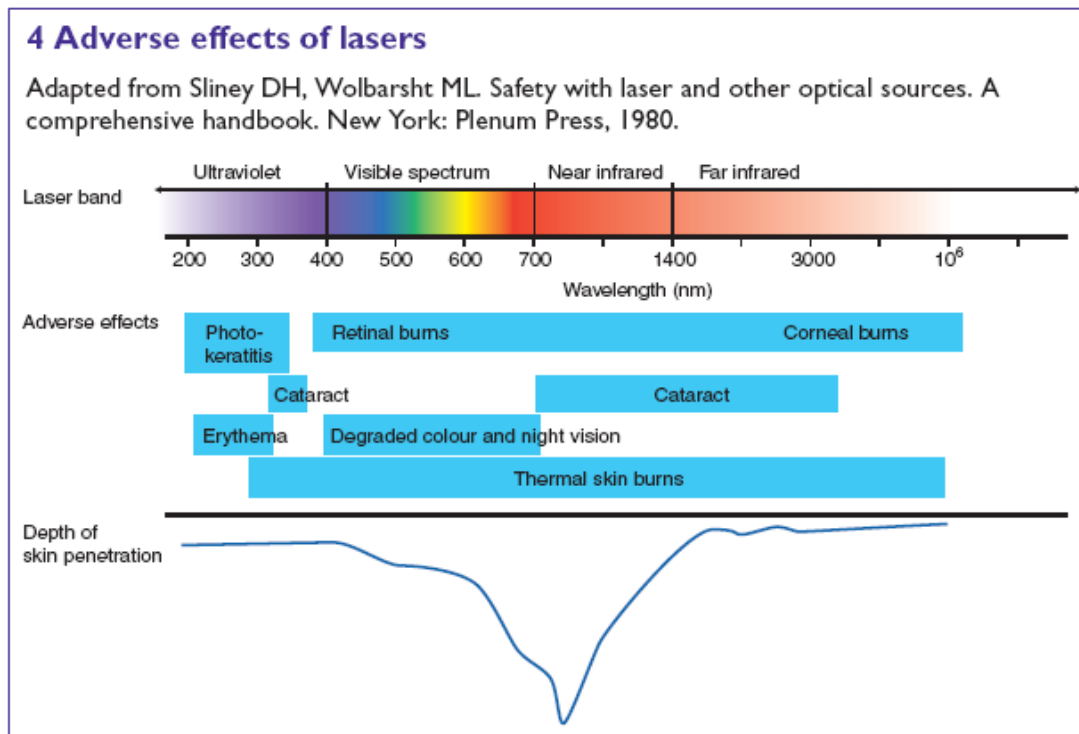


Διάφοροι παράγοντες που καθορίζουν το βαθμό του τραύματος στο μάτι από ακτινοβολία laser



- **Το μέγεθος της κόρης του ματιού (pupil)**- Η σμίκρυνση της διαμέτρου της κόρης του ματιού μειώνει το ποσό της συνολικής ενέργειας που μεταφέρεται στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδή. Το μέγεθος της κόρης κυμαίνεται - σε διάμετρο - από 2mm σε έντονο φωτισμό, μέχρι τα 8mm σε σκοτάδι.
- **Ο βαθμός του χρωματισμού**- Περισσότερος χρωματισμός (μεγαλύτερη συγκέντρωση μελανίνης) οδηγεί σε μεγαλύτερη απορρόφηση θερμότητας.
- **Η διάρκεια του παλμού**- Όσο μικρότερος ο χρόνος (ns σε σχέση με ms), τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα για τραυματισμό.
- **Ο ρυθμός επαναληπτικότητας των παλμών**- Όσο γρηγορότερος ο ρυθμός, τόσο μικρότερη η πιθανότητα για απώλεια της θερμότητας και θερμική αποκατάσταση των ιστών.
- **Μήκος κύματος**- Καθορίζει το που εναποτίθεται η ενέργεια και σε τι ποσοστό διαπερνάει τα οπτικά μέσα.

Βιολογική δράση κατά την έκθεση του οφθαλμού και του δέρματος στα διάφορα μήκη κύματος της ακτινοβολίας laser



Φασματική περιοχή ακτινοβολίας	Φωτοβιολογική δράση Οφθαλμός	Φωτοβιολογική δράση Δέρμα
Υπεριώδες C (200 nm - 280 nm)	Φωτο-κερατίτιδα	Ερύθημα (sunburn) Καρκίνος δέρματος Επιταχυνόμενη γήρανση του δέρματος
Υπεριώδες B (280 nm - 315 nm)	Φωτο-κερατίτιδα	Αυξημένο «μαύρισμα»
Υπεριώδες A (315 nm - 400 nm)	Φωτοχημικός καταρράκτης	Μαύρισμα Έγκαυμα δέρματος
Ορατό (400 nm - 780 nm)	Φωτοχημική και θερμική βλάβη του αμφιβληστροειδούς	Μαύρισμα Αντιδράσεις φωτοευαισθησίας Έγκαυμα δέρματος
Υπέρυθρο A (780 nm - 1400 nm)	Καταρράκτης και έγκαυμα αμφιβληστροειδούς	Έγκαυμα δέρματος
Υπέρυθρο B (1,4μm – 3,0 μm)	Έγκαυμα κερατοειδούς, αναλαμπές υδατοειδούς, καταράκτης	Έγκαυμα δέρματος
Υπέρυθρο C (3,0 μm - 1000 μm)	Έγκαυμα κερατοειδούς (αποκλειστικά)	Έγκαυμα δέρματος



☒ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στα μάτια και στο δέρμα



Ενδοδέσμια έκθεση σημαίνει ότι το μάτι ή επιδερμίδα εκτίθεται απευθείας σε ολόκληρη ή σε μέρος της δέσμης. Το μάτι ή επιδερμίδα τότε, εκτίθεται πιθανότατα σε όλη την ισχύ της ακτινοβολίας.



Όψη άμεσης ακτίνας. Αυτός ο τύπος είναι και ο πιο επικίνδυνος



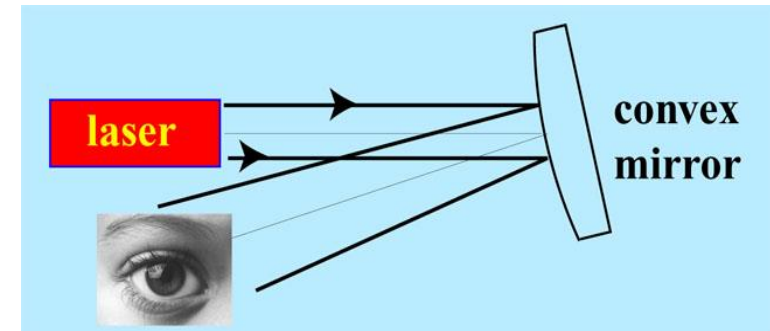
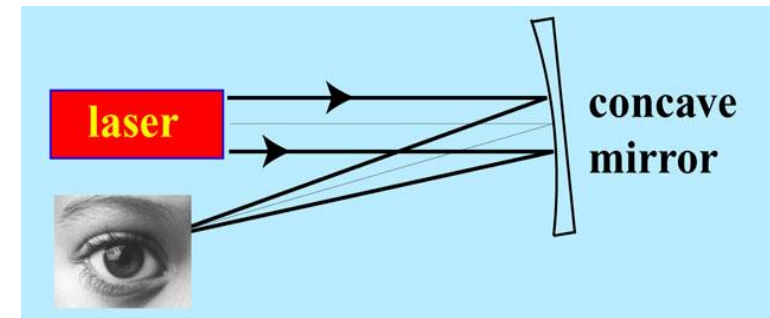
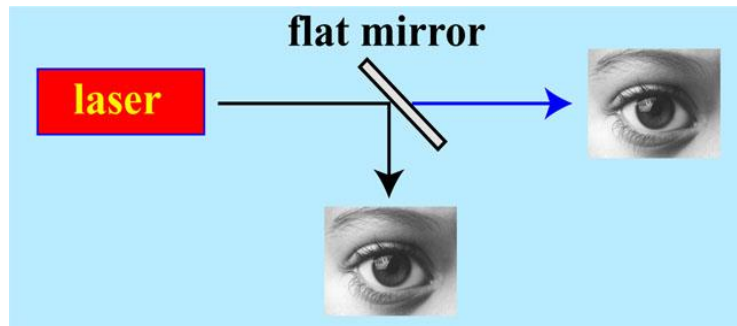
Fig. 1 The part of the optical spectrum visible to the human eye.



✚ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στα μάτια και στο δέρμα



Οι κατοπτρικές ανακλάσεις από κατοπτρικές επιφάνειες μπορεί να είναι σχεδόν τόσο επιζήμιες, όσο η έκθεση σε απευθείας δέσμη, ιδιαίτερα αν η επιφάνεια είναι επίπεδη.



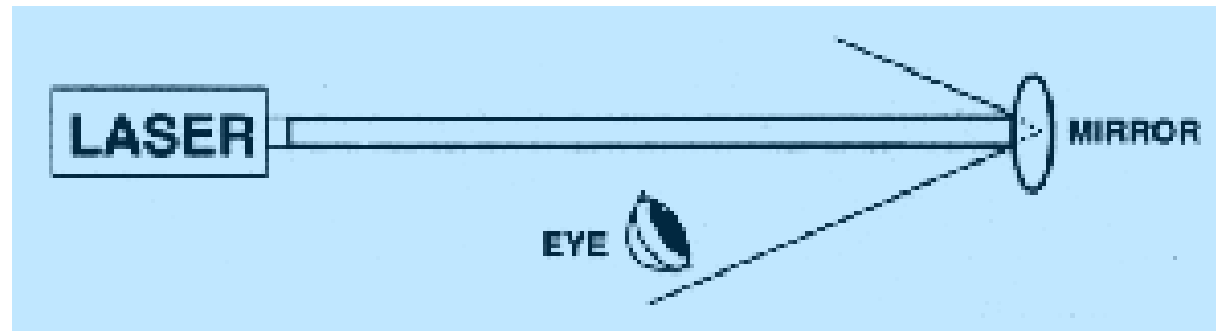
Όψη μιας κατοπτρικά ανακλώμενης (δευτερεύουσας) ακτίνας από μια επίπεδη ή καμπύλη επιφάνεια ανάκλασης.



✚ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στα μάτια και στο δέρμα



Οι κυρτές κατοπτρικές επιφάνειες διευρύνουν τη δέσμη έτσι ώστε, ενώ το εκτιθέμενο μάτι ή δέρμα δεν απορροφά όλη την ισχύ της δέσμης, υπάρχει μεγαλύτερη περιοχή για πιθανή έκθεση.



*Όψη μιας κατοπτρικά ανακλώμενης (δευτερεύουσας) ακτίνας από **μια καμπυλωτή επιφάνεια ανάκλασης** (λιγότερο επικίνδυνη από αυτή μιας επίπεδης πηγής ανάκλασης).*

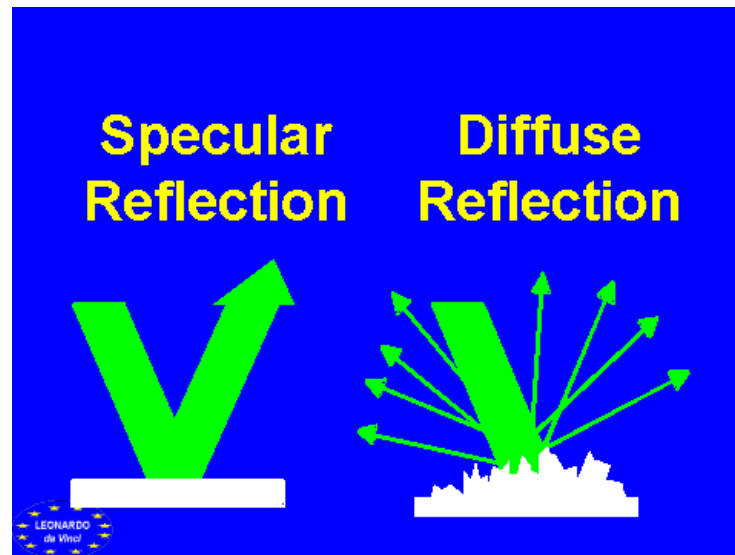


☒ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στα μάτια και στο δέρμα



ΠΡΟΣΟΧΗ!!

Η εμφάνιση μιας επιφάνειας που μοιάζει με καθρέπτη ποικίλλει με το μήκος κύματος, έτσι **η επιφάνεια μπορεί να μοιάζει με καθρέπτη σε κάποια μήκη κύματος άλλα όχι σε κάποια άλλα**. Κάποιος μπορεί να δεχτεί κατοπτρικές αντανακλάσεις από μια καμπυλωτή επιφάνεια αλλά ο κίνδυνος είναι σίγουρα λιγότερος από αυτόν της επίπεδης επιφάνειας.





✚ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στα μάτια και στο δέρμα



Μια **σκεδάζουσα** επιφάνεια είναι μια επιφάνεια η οποία ανακλά τη δέσμη του laser σε πολλές κατευθύνσεις. Οι κατοπτρικές επιφάνειες που δεν είναι εντελώς επίπεδες όπως τα κοσμήματα ή τα μεταλλικά εργαλεία, μπορεί να προκαλέσουν διάχυτες ανακλάσεις της δέσμης (**σκέδαση της ακτινοβολίας**). Αυτές οι ανακλάσεις δεν μεταφέρουν την πλήρη ισχύ ή ενέργεια της αρχικής δέσμης, αλλά μπορούν ακόμα να είναι επιζήμιες, ιδιαίτερα για laser με υψηλή ισχύ. Τέτοιες ανακλάσεις από laser της τάξης 4 είναι ικανές να ξεκινήσουν ανάφλεξη ή/και πυρκαγιά.





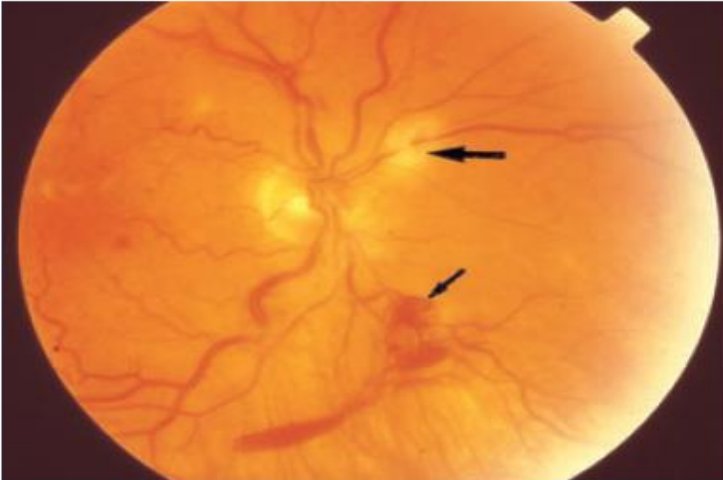
✚ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στα μάτια και στο δέρμα



Τα συμπτώματα ενός εγκαύματος το μάτι περιλαμβάνουν συνήθως πονοκέφαλο λίγο μετά από την έκθεση στην ακτινοβολία, υπερβολικό δάκρυσμα και ξαφνική εμφάνιση στροβιλιζόμενων κύκλων. Αυτοί προκαλούνται από νεκρά κύτταρα ιστών, τα οποία αποσυνδέονται από τον αμφιβληστροειδή και τον χοριοειδή χιτώνα και επιπλέουν στο υαλώδες υγρό. Το έγκαυμα στον κερατοειδή προκαλεί ένα αίσθημα σαν ύπαρξη άμμου στο μάτι.

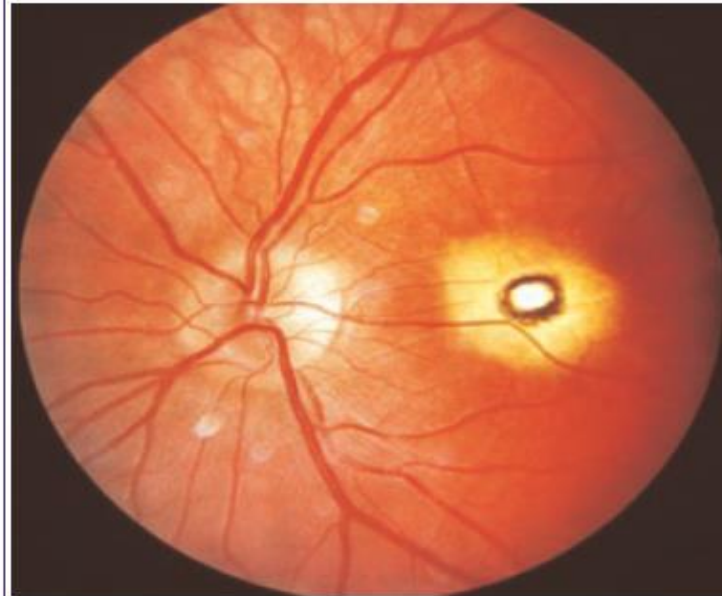
■ Ασφάλεια από τη δέσμη laser

6 Retinal injury by laser



This fundus photograph of a patient's eye shows the effect of a laser on the retina (white retinal oedema) with incipient central retinal vein occlusion (note dilated tortuous veins and scattered small retinal haemorrhages). The superior lesion (large arrow) was caused by high energy argon laser directed to rupture the retinal vein and Bruch's membrane (between the retina and underlying choroid) in order to induce a chorio-retinal venous shunt. The inferior lesion (small arrow) produced a preretinal haemorrhage. Laser weapons would produce comparable lesions.

5 Sun burn of the eye



A 22-year-old stared at the sun while under the influence of lysergic acid (LSD) and suffered a blinding burn to his macula with gross permanent blinding. He remains legally blind as a result. Lasers are capable of producing similar injuries even more quickly than sunlight.

Example of eye damage



Figure 7. Multiple small laser burns with minimal hemorrhage.

Experience has demonstrated that most laser injuries go unreported for 24–48 hours by the injured person. This is a critical time for treatment of the injury.

<http://www.adtdl.army.mil/cgi-bin/atdl.dll/fm/8-50/INTRO.htm>

Παράδειγμα βλάβης οφθαλμού από laser με μικρή διάρκεια παλμού



Τραυματισμένη περιοχή

Αιμορραγία

Προκλήθηκε από 3 mJ, 20 ns,
IR laser, ΜΗ χρησιμοποίηση
προστατευτικών γυαλιών

EYE INJURY BY Q-SWITCHED LASER

Retinal Injury produced by four pulses from a Nd:YAG laser range finder.

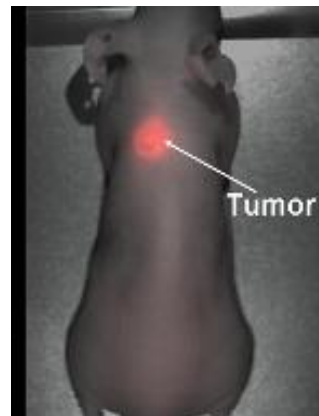
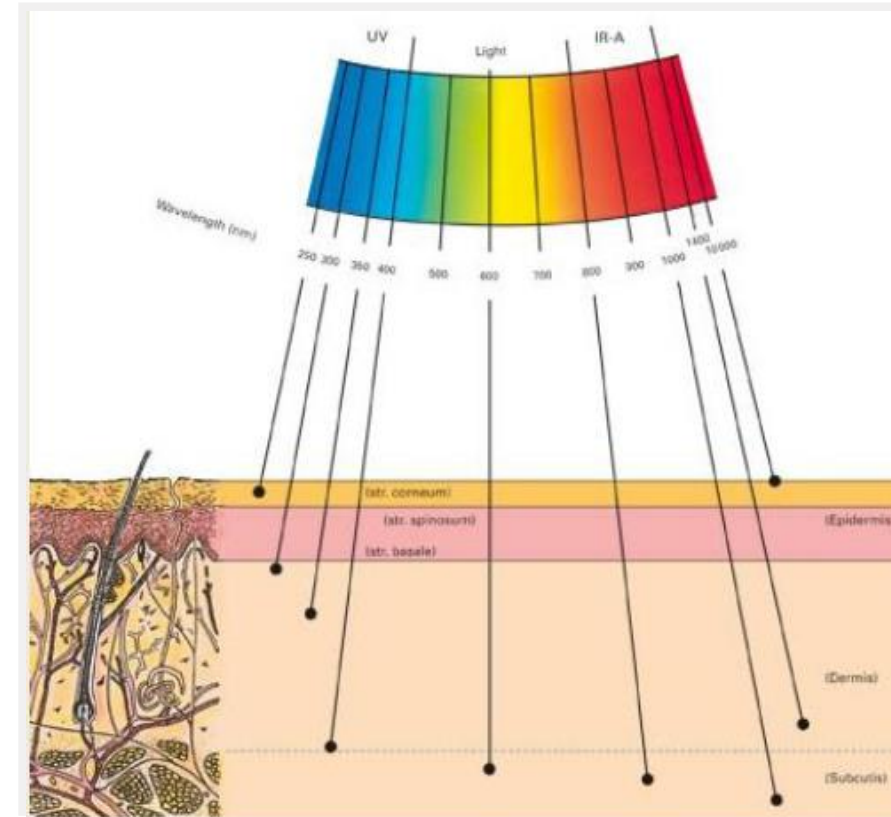
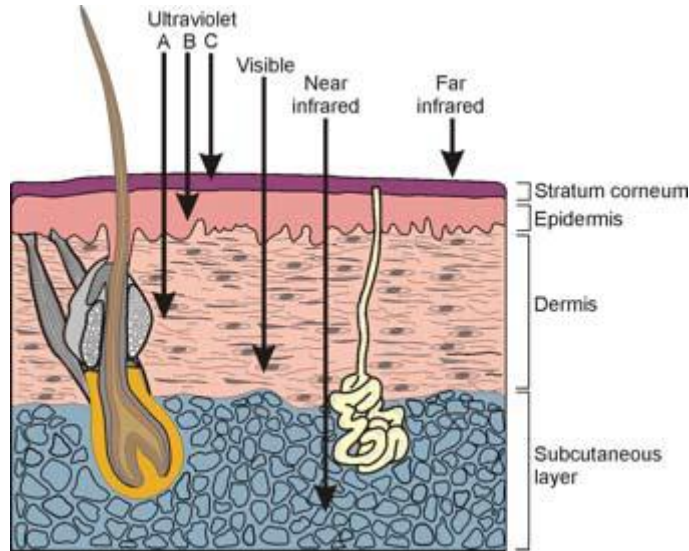




⚡ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στο δέρμα -



Διάδοση φωτός στο δέρμα



Το βάθος διείσδυσης της οπτικής ακτινοβολίας στο δέρμα.

<http://www.waldmann.com>

ΕΓΚΑΥΜΑ ΣΤΟ ΔΕΡΜΑ ΑΠΟ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ CO₂ LASER (SKIN BURN FROM CO₂ LASER EXPOSURE)



**Accidental exposure to partial reflection of 2000 W CO₂ laser beam
from metal surface during cutting**

✚ Παράδειγμα ατυχήματος από εφαρμογή της ακτινοβολίας laser στο δέρμα

610

YU ET AL.



Fig. 1. Bilateral lower eyelid laser burns on postoperative day.

D
1,06
and
exci
hist
The
ener
3–5
epid
57°C
atur
to a
the
thic
tiss
olys



Fig. 2. Dermal burn persisting 23 days after percutaneous laser blepharoplasty.

Lasers in Surgery and Medicine 41:609–611 (2009)

Bilateral Eyelid Dermal Burn from Subcutaneous Diode Laser Lipolysis Blepharoplasty

Dylan Yu, MD,^{1†} Brian Biesman, MD,^{2*} and Jemshed A. Khan, MD^{1†}

¹Kansas University School of Medicine, Kansas City, Kansas

²Vanderbilt University Medical Center, Nashville, Tennessee



Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων



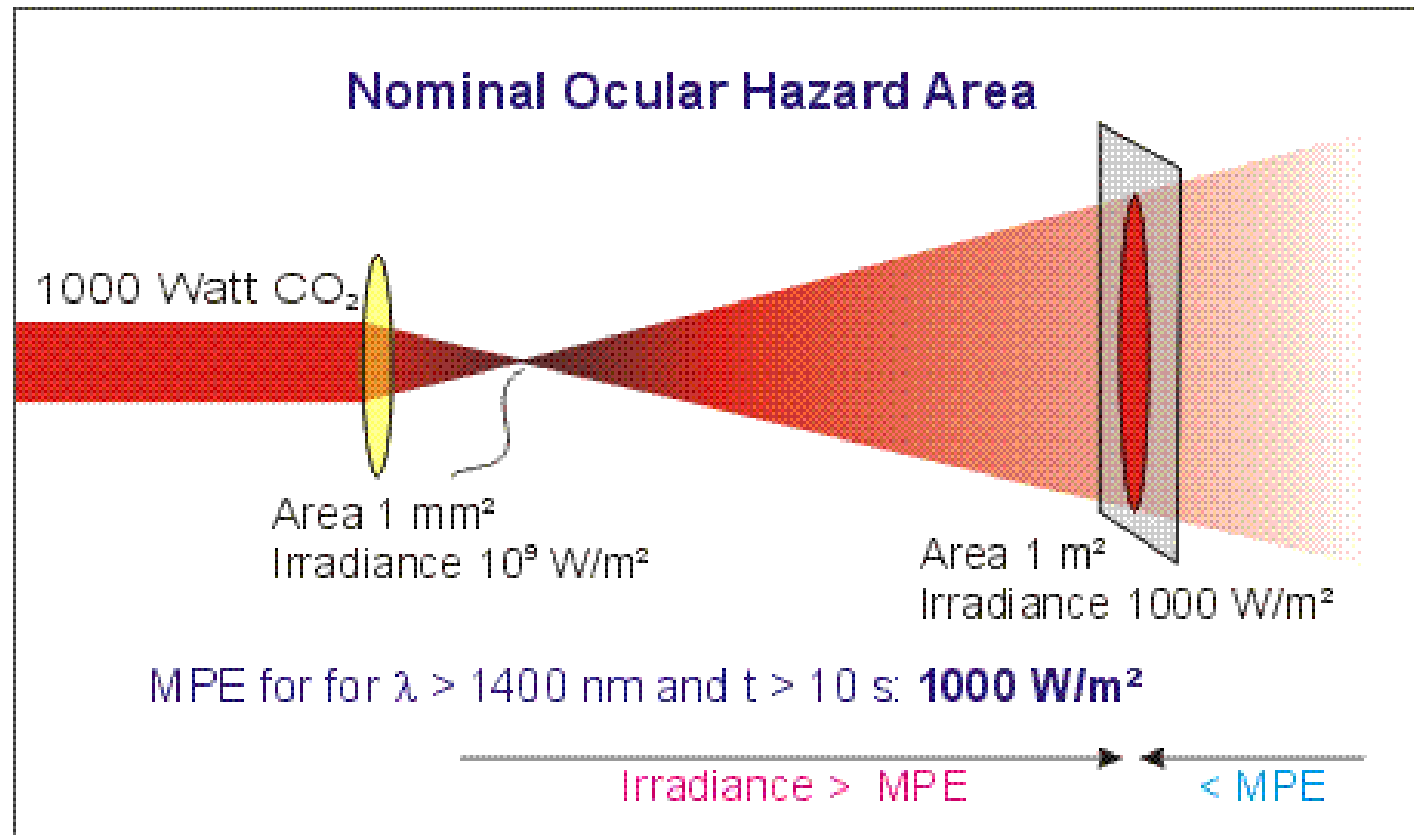
Ονομαστική ζώνη κινδύνου (Nominal Hazard Zone, NHZ): Ο όρος «Ονομαστική Ζώνη Κινδύνου» (NHZ) είναι πάρα πολύ σημαντικός σε κάθε τι που αφορά την ασφάλεια κατά τη χρήση των laser.

- Ορίζεται ως η **ζώνη μέσα στην οποία η ακτινοβολία του laser μπορεί να είναι επικίνδυνη** για το μάτι ή για το σώμα.
- Το μέγεθος αυτής της ζώνης εξαρτάται από τον τρόπο που η ακτινοβολία των laser φτάνει τον παρατηρητή: είτε μέσω της απευθείας έκθεσης στη δέσμη (το NHZ μπορεί να είναι αρκετά εκατοντάδες μέτρα) είτε με κάποιο τύπο ανάκλασης της δέσμης (το NHZ μπορεί να είναι δέκατα του μέτρου).

Στη συνέχεια δίνονται ορισμένα παραδείγματα υπολογισμού της ονομαστικής ζώνης κινδύνου για τα μάτια (Nominal Ocular Hazard Zone, NOHZ) για διάφορους τύπους διάδοσης μιας δέσμης.

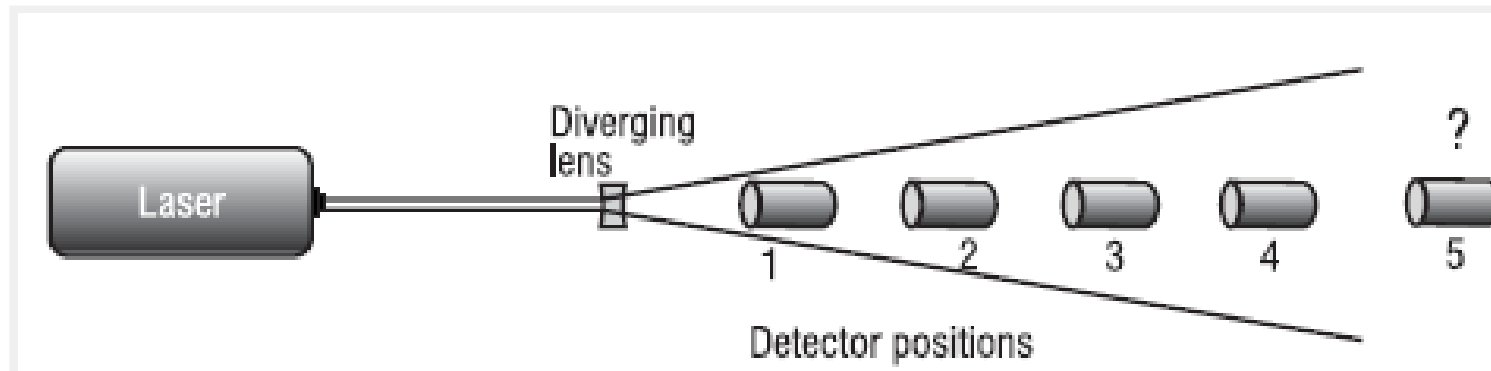
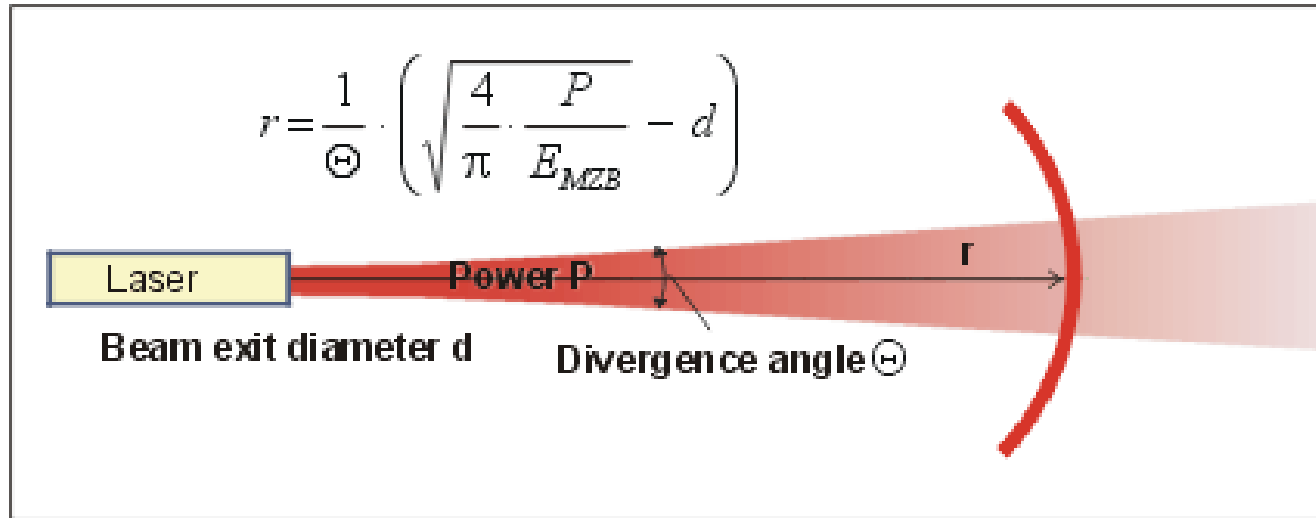


Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων





Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων

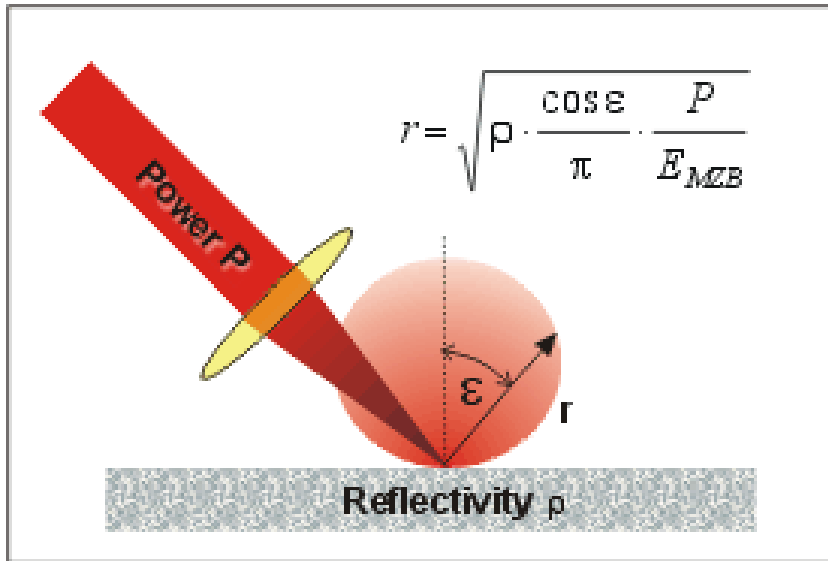




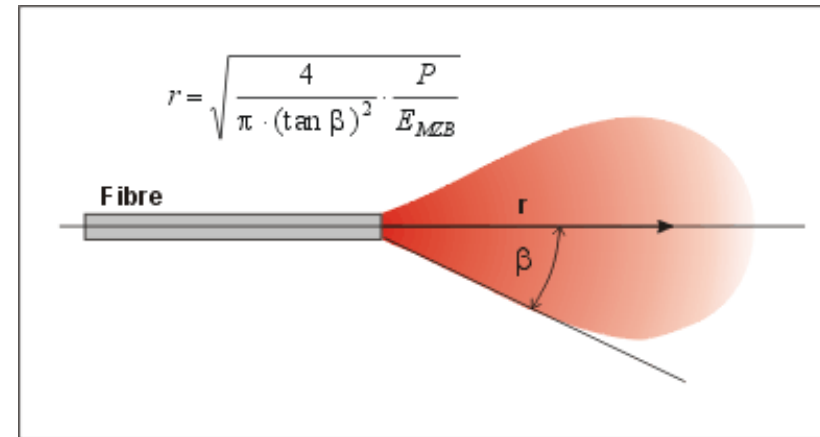
Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων



- Case 3. NOHD calculation for diffuse reflection from a rough surface.



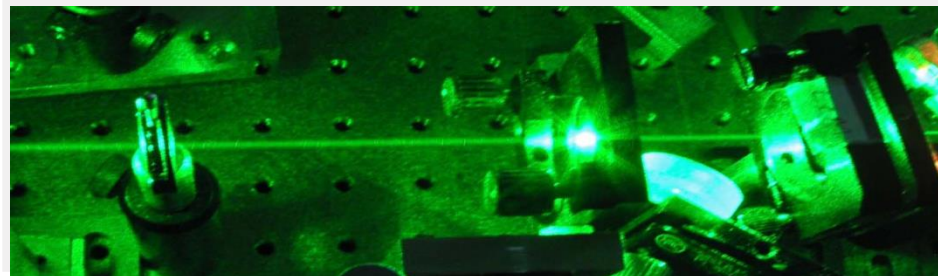
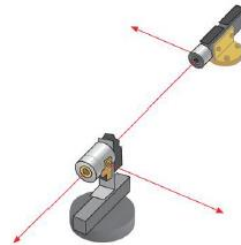
- Case 4. NOHD for a fibre with half divergence angle β





✚ Ταξινόμηση διατάξεων Laser

- Για την ταξινόμηση των συσκευών laser πρέπει να γνωρίζουμε:
 - Το μήκος κύματος του Laser
 - Τη διάρκεια έκθεσης
 - Τις συνθήκες παρακολούθησης της δέσμης
- Κάθε κατηγορία laser έχει μια σειρά από μέτρα ελέγχου ασφάλειας που θα πρέπει οι κατασκευαστές και οι χρήστες να εφαρμόζουν



Ταξινόμηση διατάξεων Laser

Κλάσεις	Θέματα Ασφάλειας
Κλάση 1	Ασφαλές
Κλάση 1M	Ασφαλές όταν δεν χρησιμοποιούνται οπτικά όργανα
Κλάση 2	Ορατά lasers - Ασφαλή για τυχαία έκθεση (< 25 ms)
Κλάση 2M	Ορατά lasers - Ασφαλή για τυχαία έκθεση (< 25 ms) χωρίς τη χρήση οπτικών οργάνων
Κλάση 3R	Μη ασφαλή - Χαμηλό ρίσκο
Κλάση 3B	Επικίνδυνα - Η έκθεση μέσω διάχυτης ανάκλασης είναι ασφαλής
Κλάση 4	Επικίνδυνα – Η έκθεση μέσω διάχυτης ανάκλασης είναι επίσης επικίνδυνη – Κίνδυνος πυρκαγιάς





(α) Τάξη I

Η τάξη I περιλαμβάνει συσκευές που δεν εκπέμπουν επιζήμια για τους οφθαλμούς επίπεδα ακτινοβολίας και, επομένως, τα laser που ανήκουν σε αυτήν εξαιρούνται πρακτικά από μέτρα ασφαλείας. Παρόλα αυτά, καλό είναι η άσκοπη έκθεση σε αυτά να αποφεύγεται, αν και σε γενικές γραμμές είναι ασφαλή κάτω από λογική και προβλέψιμη χρήση. Το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο έκθεσης σε δέσμη της τάξης αυτής είναι $0,98\text{mW}$. Εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιούνται τα laser της τάξης αυτής είναι τα compact disc (CD) player, οι εκτυπωτές laser και τα CD ROM players.

(β) Τάξη II

Τα laser της δεύτερης τάξης εκπέμπουν ακτινοβολία στην ορατή περιοχή και έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν βλάβη στα μάτια μέσα από χρόνια έκθεση. Γενικά, το ανθρώπινο μάτι ανοιγοκλείνει μέσα σε $0,25\text{s}$ όταν εκτεθεί σε τέτοιου είδους laser. Αυτή η αντίδραση παρέχει ικανοποιητική προστασία. Ωστόσο, είναι δυνατό, να ξεπεραστεί αυτό το ανοιγοκλείσιμο των βλεφάρων και να κοιτάζει κανείς την ακτινοβολία από το laser για χρονικό διάστημα αρκετό να προκαλέσει βλάβη στο μάτι. Η μέγιστη εξερχόμενη ισχύς είναι 1mW και το μήκος κύματος $400\text{-}700\text{nm}$. Εφαρμογές που συναντά κανείς τέτοια laser είναι σε ευθυγραμμίσεις και στους σαρωτές των ταμείων των υπερκαταστημάτων, ενώ αντιπροσωπευτικό είναι το laser He-Ne που χρησιμοποιείτε σχεδόν παντού. Δεν απαιτούνται ιδιαίτερες προφυλάξεις για τυχαία έκθεση, εκτός από την οφειλόμενη προσοχή στη σκόπευση της δέσμης και στο να μην τη δει κανείς απευθείας.



(γ) Τάξη IIα (δεν χρησιμοποιείται από το πρότυπο ANSI Z136)

Τα laser αυτής της τάξης προορίζονται για ειδικούς σκοπούς και δεν κρίνεται σκόπιμη η παρατεταμένη επαφή με τα μάτια. Η ισχύς τους είναι μικρότερη από 1mW. Προκαλούν βλάβη σε επαφή με τα μάτια για 1s και οι περισσότεροι αναγνώστες bar-code ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

(δ) Τάξη IIIα

Στην τάξη αυτή, τα laser είναι γενικά ακίνδυνα όταν τα κοιτάζουμε στιγμιαία με γυμνό μάτι, αλλά θέτουν μεγάλο κίνδυνο για τα μάτια όταν κοιταχθούν μέσα από οπτικά όργανα όπως μικροσκόπια και κιάλια. Ισχύουν περίπου τα ίδια με τα της τάξης II αλλά τα laser της τάξης IIIα είναι συνεχούς λειτουργίας, έχουν μέγιστη ισχύ εξόδου 5mW και ακτινοβολία μικρότερη από 25Wm^{-2} , ενώ εκπέμπουν και αυτά στο ορατό. Πάνω από τα 4μm συμπεριφέρονται όπως η τάξη I και χρησιμοποιούνται κυρίως σε χειρουργικές διατάξεις και σε στυλοδείκτες (pointer pens).

(ε) Τάξη IIIβ

Η ακτινοβολία των laser της τάξης IIIβ μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό σε απευθείας επαφή με το ανθρώπινο μάτι ή από κατοπτρική ανάκλαση. Αντίθετα, η επαφή με διάχυτα ανακλώμενη σε αντικείμενα ακτινοβολία είναι γενικά ασφαλής, υπό την προϋπόθεση η απόσταση του ματιού από την ανακλώμενη επιφάνεια να είναι μεγαλύτερη από 13cm και η διάρκεια της έκθεσης να είναι μικρότερη από 10s. Τα laser αυτά δίνουν ισχύ 0.5W και μπορεί να εκπέμπουν στο ορατό ή στο μη-ορατό (μήκη κύματος μεγαλύτερα από 315 nm). Παράδειγμα αποτελούν τα laser He-Ne που χρησιμοποιούνται σε ορισμένα ερευνητικά εργαστήρια, καθώς και ορισμένα laser ημιαγωγών για εφαρμογές στη φυσιοθεραπεία.



(στ) Τάξη IV

Η τάξη αυτή συμπεριλαμβάνει όλα τα laser με ισχύ πάνω από 500mW σε συνεχή λειτουργία. Θέτουν κινδύνους για τραυματισμούς στα μάτια και στο δέρμα καθώς και κίνδυνο ανάφλεξης εύφλεκτων υλικών. Το κοίταγμα της δέσμης, ακόμη και ύστερα από διάχυτη ανάκλαση, μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό στα μάτια και στο δέρμα. Όλα τα μέτρα ασφαλείας για αυτήν την τάξη πρέπει να τηρούνται πολύ αυστηρά.

(ζ) Τάξη 1M (IEC μόνο)

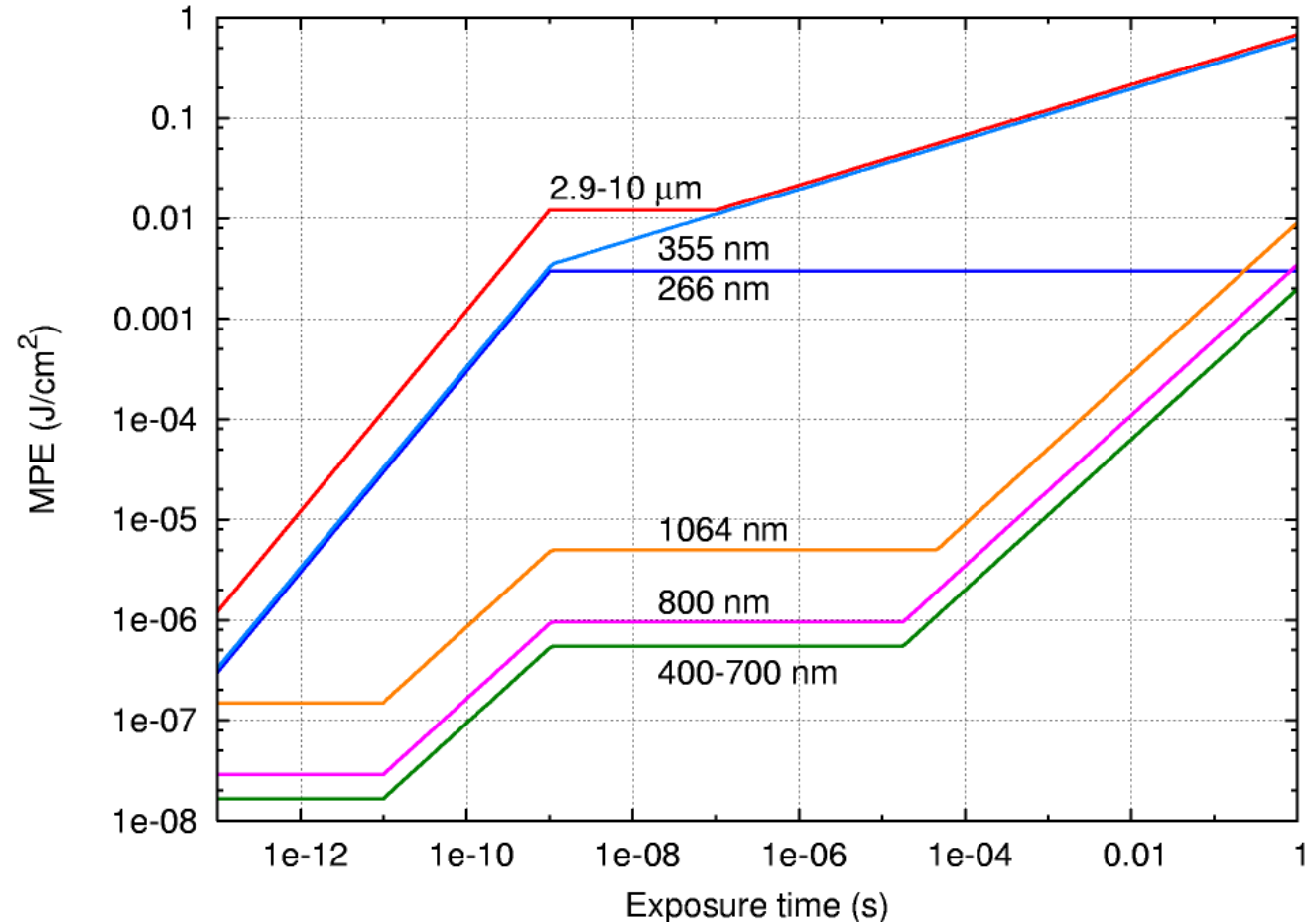
Στην τάξη αυτή ανήκουν προϊόντα laser τα οποία είναι ασφαλή για το γυμνό μάτι χωρίς προσθήκη οπτικών στοιχείων. Μία ετικέτα πάνω τους θα έλεγε χαρακτηριστικά: “μην κοιτάζετε απευθείας μέσα από μεγενθυντικούς φακούς ή μικροσκόπια” για μια αποκλίνουσα δέσμη και “μην κοιτάζετε απευθείας μέσα από κυάλια ή μικροσκόπια” για ευθυγραμμισμένη δέσμη. Εκπέμπουν σε μήκος κύματος 302nm-4μm.

(η) Τάξη 2M (IEC μόνο)

Η τάξη αυτή περιορίζεται σε laser με μήκος κύματος 302nm -4μm τα οποία είναι ασφαλή στην επαφή με το γυμνό μάτι για 0,25s. Δεν είναι ασφαλή κάτω από ορισμένες συνθήκες όρασης με οπτικά βοηθήματα.



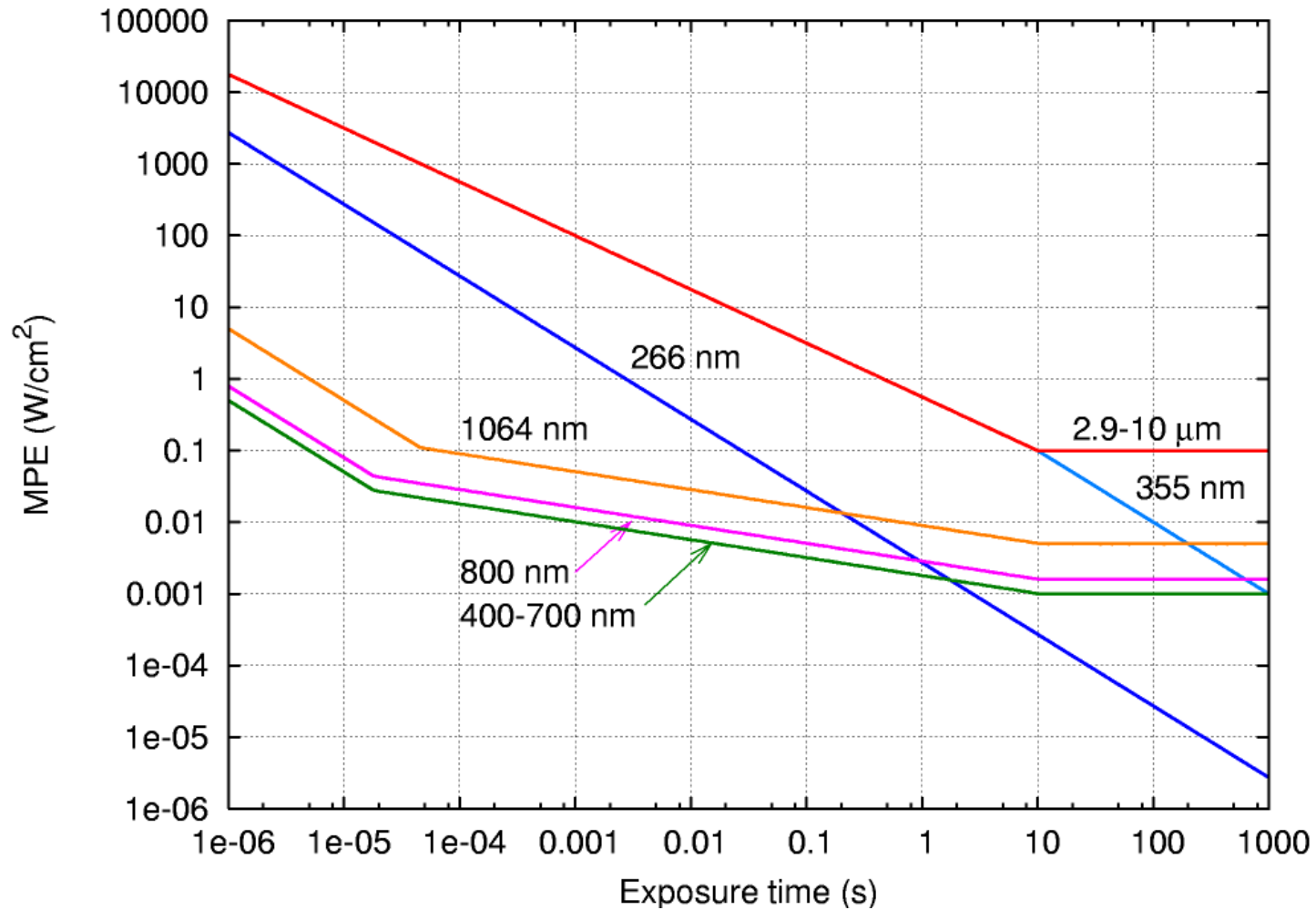
Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων



Maximum permissible exposure (MPE) at the cornea for a collimated laser beam according to IEC 60825, as energy density versus exposure time for various wavelengths



■ Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων



MPE as power density versus exposure time for various wavelengths



■ Ασφάλεια από τη δέσμη laser – πρότυπα



Maximum Permissible Exposure (MPE) Summary of Five MPE Examples for CW Lasers

Laser Type	Eye or Skin MPE	MPE [W/cm ²]	Exposure Duration
CO ₂	Eye	0.100	10 s or longer
Visible	Eye	0.00255	0.25 s
Nd:YAG	Eye	0.0050	10 s or longer
CO ₂	Skin	0.100	10 s or longer
Nd:YAG	Skin	1.00	10 s or longer



❖ Ασφάλεια από τη δέσμη laser – πρότυπα



Διάφοροι οργανισμοί έχουν θεσπίσει πρότυπα ασφαλείας για χρήση laser, όπως:

↪ § Το Βρετανικό Ινστιτούτο προτύπων (British Standards Institute). Όπως είναι κατανοητό τα πρότυπα αυτά έχουν τον κωδικό BSI και κυριότερος εκπρόσωπος αυτών που αφορούν την ασφάλεια των laser είναι το BSI 4803.

↪ § Η Διεθνής Ευρωπαϊκή Σύμβαση (International European Convention) με κωδικό IEC.

↪ Στην Ελλάδα τα πρότυπα εκείνα που έχουν πιο μεγάλη εφαρμογή είναι αυτά της IEC. Ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛ.Ο.Τ) έχει υιοθετήσει πολλά από τα παραπάνω πρότυπα και πιο πολύ τα πρότυπα της IEC.

↪ Κάποια από τα παραπάνω πρότυπα είναι μεταφρασμένα στα ελληνικά από αντίστοιχα πρότυπα σε αγγλική γλώσσα (όπως για παράδειγμα το EN 60825-1 που προέρχεται από το αντίστοιχο IEC 825-1 και είναι μεταφρασμένο λόγω της μεγάλης σημασίας του) αλλά η πλειονότητα είναι κατευθείαν σε αγγλική γλώσσα.



❏ Ασφάλεια από τη δέσμη laser – πρότυπα



↪ Το Εθνικό Αμερικανικό Ινστιτούτο Προτύπων (**American National Standards Institute**). Τα πρότυπα αυτά έχουν τον κωδικό **ANSI** και συγκεκριμένα κάποια χαρακτηριστικά πρότυπα ANSI σχετικά με την ασφάλεια των laser είναι τα:

Κωδικός προτύπου	Θέμα
ANSI Z136.1	Ασφαλής χρήση των λέιζερ
ANSI Z136.2	Ασφαλής χρήση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων οπτικών ινών που χρησιμοποιούν διόδους λέιζερ και πηγές LED
ANSI Z136.3	Ασφαλής χρήση των λέιζερ σε εγκαταστάσεις υγείας
ANSI Z136.5	Ασφαλής χρήση των λέιζερ σε εκπαιδευτικά ιδρύματα
ANSI Z136.6	Ασφαλής χρήση των λέιζερ στο ύπαιθρο

Δευτέρα, 30 Δεκεμβρίου, 2013 | 17:40

Ανάκληση φακού "LED με LASER" από τη Γενική Γραμματεία Καταναλωτή

Η Γενική Γραμματεία Καταναλωτή ανακοινώνει ότι η εταιρεία TIGER HELLAS A.E., σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Τεχνικού Ελέγχου, προχωρά ανάκληση προϊόντος «Φακός LED με LASER» μάρκας Tiger με κωδικό 1300250 και γραμμοκώδικα 0200013002507.

Το εν λόγω προϊόν είναι φακός LED με 8 LED φωτάκια και ένα δείκτη LASER, συσκευασμένος σε διαφανές πλαστικό και στη συσκευασία του αναγράφεται η κατηγορία του LASER ως «κατηγορία 1».

Σύμφωνα με εργαστηριακό έλεγχο η μετρούμενη ισχύς του συγκεκριμένου λείζερ είναι 7.0 mW και υπερβαίνει τη μέγιστη ισχύ λείζερ κατηγορίας 1 (0.39) με το συντελεστή 18. Με βάση τη μέτρηση της κατηγορίας του το εν λόγω λείζερ ανήκει στην κατηγορία 3B και όχι στην κατηγορία 1, όπως αναφέρεται στη συσκευασία του. Η μετρούμενη δέσμη λείζερ δεν πληρεί τις τεχνικές προδιαγραφές ασφαλείας που ορίζει το πρότυπο EN 60825-1:2007 για μια κατηγορία 3B device λείζερ.



Υπουργική Απόφαση, Αριθ. Φ1-806 του Υπουργείου Ανάπτυξης (ΦΕΚ/Β/921/27.08.1998) «Περί απαγόρευσης διάθεσης στη αγορά προϊόντων LASER».

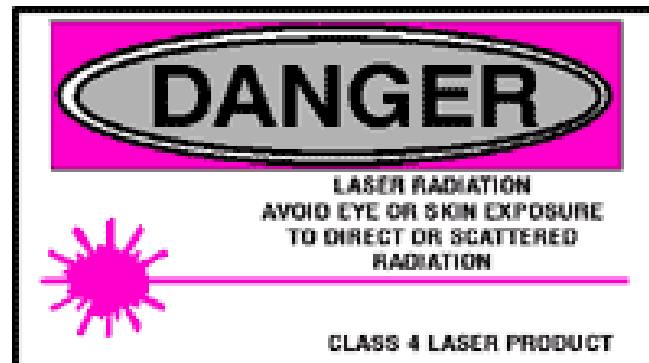
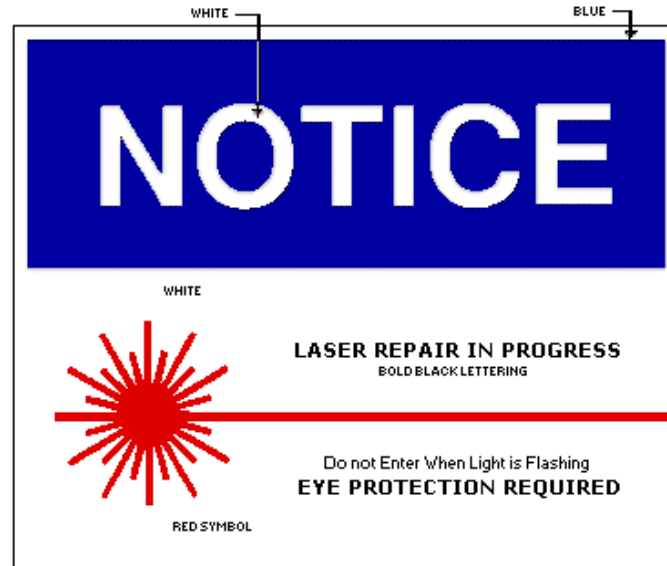


Μέτρα προστασίας – Προειδοποιητικά σήματα





✚ Μέτρα προστασίας – Προειδοποιητικά σήματα





✚ Μέτρα προστασίας — Γυαλιά





Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων

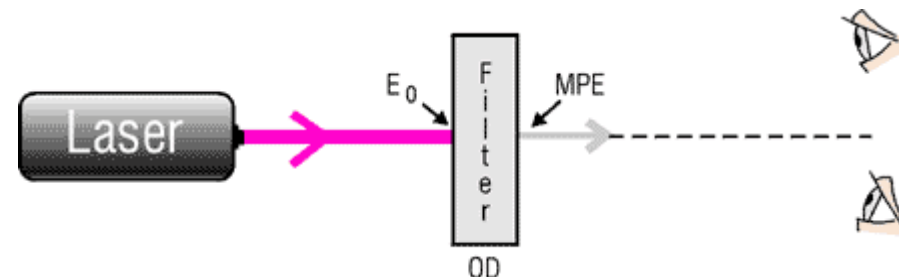


Οπτική Πυκνότητα (Optical Density, OD): Η οπτική πυκνότητα, OD, χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της κατάλληλης προστασίας του ματιού με ειδικά γυαλιά. Η οπτική πυκνότητα είναι ένα μέτρο της εξασθένησης που υφίσταται η ακτινοβολία περνώντας μέσα από ένα φίλτρο και δίνεται από μια λογαριθμική συνάρτηση με τον παρακάτω τύπο:

$$OD = \log_{10} \left(\frac{E_0}{MPE} \right)$$

όπου ο λόγος μέσα στην αγκύλη είναι το αντίστροφο της εξασθένησης (ή η απορροφητικότητα) και η τιμή E_0 της εξόδου του laser είναι η προβλεπόμενη χειρότερη περίπτωση συνθηκών έκθεσης (σε J/cm^2 ή W/cm^2) και η MPE εκφράζεται στις ίδιες μονάδες με το E_0 .

Πρακτικά, ως απορρόφηση θεωρούμε το λόγο της προσπίπτουσας ισχύος laser προς τη διερχόμενη, όπου, προφανώς, για ικανοποιητική προστασία θέλουμε η διερχόμενη φωτεινή ένταση να είναι μικρότερη ή ίση της MPE.





Μέτρα προστασίας — Γυαλιά

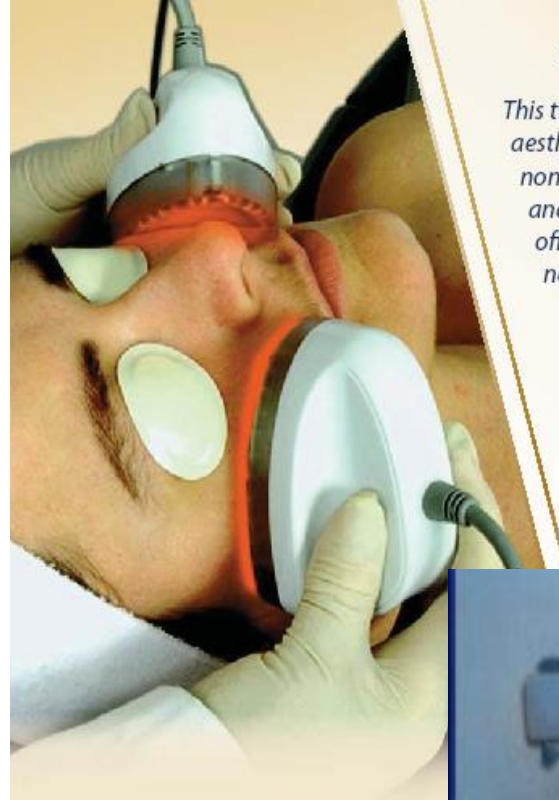
$$OD_{\lambda} = -\log_{10} T = -\log_{10} \left[\frac{I}{I_0} \right]$$

optical density	transmission
0	1
1	0.1
2	0.01
3	0.001
4	0.0001
5	0.00001
6	0.000001





Μέτρα προστασίας – Γυαλιά και Επιθέματα

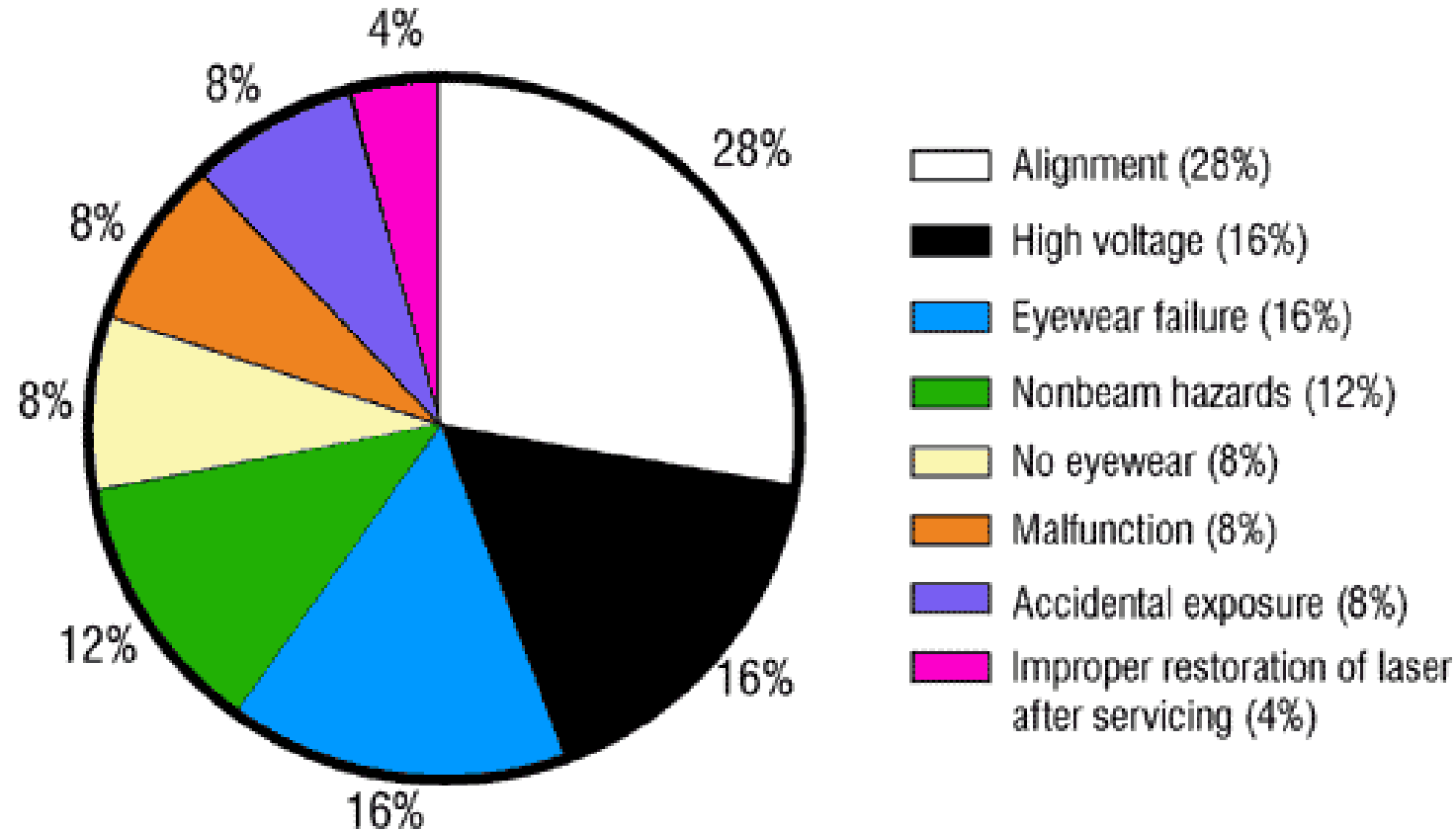




❖ As in all aspects of laboratory, field, classroom, or industrial safety, the best measures are a positive attitude and common sense.



Causes of Laser Accidents Percentage of Occurrence





Εγκαύματα στα μάτια



Δεκάδες Μοσχοβίτες τυφλώθηκαν από λέιζερ σε ρείβ πάρτι

Τουλάχιστον 29 νέοι έμειναν σχεδόν τυφλοί από ισχυρές ακτίνες λέιζερ που χρησιμοποιήθηκαν σε ρείβ πάρτι έξω από τη Μόσχα, ανακοίνωσαν οι υπηρεσίες Υγείας της πόλης.

«Όλοι έχουν εγκαύματα στον αμφιβληστροειδή, οι ουλές είναι ορατές. Η απώλεια όρασης σε ορισμένα περιστατικά φτάνει το 80%, αλλά η αποκατάστασή της είναι αδύνατη» δήλωσε στην εφημερίδα Kommersant οφθαλμίατρος που εξέτασε τους ασθενείς.

Όπως αναμεταδίδει το Reuters, το ρείβ πάρτι Aquamarine πραγματοποιήθηκε στις 5 Ιουλίου στο Κιρζάχ, 80χλμ. βορειοανατολικά της Μόσχας. Λίγες ημέρες αργότερα, νεαροί που είχαν πάει στο φεστιβάλ άρχισαν να εμφανίζονται στα νοσοκομεία.

«Είδα αμέσως μια κηλίδα όπως όταν κοιτάς κατευθείαν τον ήλιο» ανέφερε στην εφημερίδα ένας ρείβερ. «Τρεις ημέρες αργότερα αποφάσισα να πάω στο νοσοκομείο. Με εξέτασαν, με ρώτησαν αν είχα πάει στο φεστιβάλ και μου έκαναν αμέσως εισαγωγή. Δεν πήγα καν στο σπίτι να πάρω τα πράγματά μου». Οι ιδιοκτήτες μιας υπηρεσίας οπτικοακουστικών συστημάτων δήλωσαν στο Reuters ότι το δυστύχημα οφείλεται στην «ασχετοσύνη» των τεχνικών, καθώς χρησιμοποίησαν λέιζερ υπερβολικά υψηλής ισχύος.





❖ Ασφάλεια από τη χρήση laser - Ο ρόλος του Φυσικού Νοσοκομείων



Στις περισσότερες χώρες, έχει θεσμοθετηθεί η ειδικότητα του **Φυσικού της Ιατρικής στο χώρο των μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών** και ειδικότερα στο χώρο των εφαρμογών των laser, βιοϊατρικών και μη.

Σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες προβλέπεται ο **Σύμβουλος Προστασίας από τα Laser**, ενώ σε επιμέρους χώρους βιοϊατρικών εφαρμογών των Laser (π.χ. οφθαλμολογικό ιατρείο, γυναικολογικό, νευροχειρουργικό κ.ά.) ορίζεται ο **Επιβλέπων για την Προστασία από τα Laser**.



- Ο Σύμβουλος Προστασίας από τα Laser συνεργάζεται με την επιτροπή Ακτινοπροστασίας για τη θέσπιση και τήρηση των κανόνων ασφαλείας σε νοσοκομειακούς χώρους εφαρμογής Laser
- Ο Επιβλέπων για την Προστασία από τα Laser πρέπει να επιτηρεί τη σωστή εφαρμογή των μέτρων προστασίας (γυαλιά, υγροί επίδεσμοι/επιθέματα, φωτεινά σήματα κ.λ.π.)

❖ Ασφάλεια από τη χρήση laser - Ο ρόλος του Φυσικού Νοσοκομείων

Για τον καθορισμό των μέτρων ελέγχου που πρέπει να εφαρμοστούν πρέπει να συνυπολογίζει ο Φυσικός, ο υπεύθυνος για την ασφάλεια από τα laser, όχι μόνον την τάξη και την περιοχή εφαρμογής του laser αλλά και κάποια επιπλέον στοιχεία, όπως π.χ.:

- ❖ το πλήθος και την τάξη ενός εκάστου laser
- ❖ την τοποθεσία του laser στο περιβάλλον εργασίας
- ❖ την παρουσία απληροφόρητου, μη ειδικευμένου προσωπικού
- ❖ τη μονιμότητα ή όχι της πορείας διάδοσης της δέσμης laser
- ❖ την παρουσία αντικειμένων που συμπεριφέρονται είτε ως κατοπτρικές ή ως διάχυτα ανακλαστικές επιφάνειες στην πορεία της δέσμης
- ❖ τη χρήση οπτικών διατάξεων όπως είναι οι φακοί, τα μικροσκόπια και άλλα

Τα μέτρα ελέγχου διακρίνονται σε δύο τύπους:

- **διοικητικός έλεγχος** (κυρίως διαδικασίες),
- **ηλεκτρομηχανολογικός έλεγχος** (π.χ. διαφράγματα για διακοπή της δέσμης).

Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2006/25/EC

'Artificial Optical Radiation'



Social Europe



3075

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

Τεύχος Πρώτο

Αρ. Φύλλου 145

1 Σεπτεμβρίου 2010

ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 82
Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (τεχνητή οπτική ακτινοβολία) σε συμμόρφωση με την οδηγία 2006/25/ΕΚ.

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις του άρθρου 1 παρ. 1, 2, 3 και 5 του ν.1338/1983 (ΦΕΚ Α' 34), όπως η παρ. 1 τροποποιήθηκε με το άρθρο 6 του ν.1440/1984 (ΦΕΚ Α' 70), του άρθρου 3 του ν.1338/1983 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 65 του ν.1892/1990 (ΦΕΚ Α' 101), του άρθρου 4 του ίδιου νόμου 1338/1983, όπως τελικώς ισχύει μετά την τροποποίησή του με το άρθρο 48 του ν.3427/2005 (ΦΕΚ Α' 312).

2. Τις διατάξεις του άρθρου δεύτερου του ν.2077/1992 «Κύρωση της συνθήκης για την Ευρωπαϊκή Ένωση και των σχετικών πρωτοκόλλων και δηλώσεων που περιλαμβάνονται στην τελική Πράξη» (ΦΕΚ Α' 136).

3. Τις διατάξεις των άρθρων 41 και 79 παρ. 1 του «ΚΩΔΙΚΑ ΝΟΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ» (Κ.Ν.Υ.Α.Ε.), που κυρώθηκε με το άρθρο πρώτο του ν.3553/2010 «Κύρωση του Κώδικα νόμων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων» (ΦΕΚ Α' 84).

4. Την υπ' αριθ. 6/94.72099 γνώμη του Συμβουλίου Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (Σ.Υ.Α.Ε.).

5. Τις διατάξεις του άρθρου 90 του Κώδικα που κυρώθηκε με το άρθρο πρώτο του π.δ. 63/2005 «Κωδικοποίηση της νομοθεσίας για την Κυβέρνηση και τα κυβερνητικά όργανα» (ΦΕΚ Α' 89).

6. Ότι με την εφαρμογή των διατάξεων του παρόντος δεν θα προκληθεί πρόσθετη δαπάνη σε βάρος του κρατικού προϋπολογισμού ή προϋπολογισμού π.δ.δ.

7. Την υπ' αριθ. 129/2010 γνωμοδότηση του Συμβουλίου Επικρατείας μετά από πρόταση των Υπουργών Εσωτερικών, Αποκέντρωσης και Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης, Οικονομικών, Οικονομίας, Ανταγωνιστικότητας και Νομισματικής Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Εργασίας και Κοινωνικής Ασφάλισης και Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης αποφασίζουμε:

ΤΜΗΜΑ Ι ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Άρθρο 1 (άρθρο 1 οδηγίας) Σκοπός και πεδίο εφαρμογής

1. Σκοπός του παρόντος διατάγματος είναι η αναμείωση της ελλειψικής νομοθεσίας περί ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων προς τις διατάξεις της οδηγίας 2006/25/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 5ης Απριλίου 2006 (Ε.Ε. L 114/38/0742/006) «Παρά των ελασμάτων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (τεχνητή οπτική ακτινοβολία) (δύομηνη έκθεση ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 18 παρ. 1 της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ)».

Το παρόν προεδρικό διάταγμα εφαρμόζεται στον δημόσιο και ιδιωτικό τομέα και καθορίζει τις ελάχιστες προδιαγραφές όσον αφορά στην προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους για την ασφάλεια και την υγεία τους, οι οποίοι προκύπτουν ή ενδέχεται να προκύψουν λόγω της έκθεσης σε τεχνητή οπτική ακτινοβολία κατά την εργασία τους.

2. Οι διατάξεις του παρόντος διατάγματος αφορούν στους κινδύνους για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων, που οφείλονται σε δυσμενή αποτελέσματα στα μάτια και το δέρμα λόγω έκθεσης σε τεχνητή οπτική ακτινοβολία.

3. Ο ΚΩΔΙΚΑΣ ΝΟΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ» (Κ.Ν.Υ.Α.Ε.) εφαρμόζονται πλήρως στους τομείς που αναφέρονται στην παρ. 1, με την επιφύλαξη των αυστηρότερων ή/και ειδικότερων διατάξεων του παρόντος διατάγματος.

Άρθρο 2 (άρθρο 2 οδηγίας) Ορισμοί

Για τους σκοπούς του παρόντος διατάγματος ισχύουν οι ακόλουθοι ορισμοί:

α) οπτική ακτινοβολία: κάθε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην περιοχή μήκους κύματος μεταξύ 100nm και 1mm. Το φάσμα της οπτικής ακτινοβολίας υποδιαιρείται σε υπεριώδη ακτινοβολία, ορατή ακτινοβολία και υπέρυθη ακτινοβολία:

1) υπεριώδη ακτινοβολία: οπτική ακτινοβολία στην περιοχή μήκους κύματος μεταξύ 100nm και 400nm. Η



ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



•Rockwell Laser Industries, Laser Incident Database, William J. Ertle, Kevin M. Donnelly,

•«LASER SAFETY MICRO-COURSE», by LASER-PROFESSIONALS Inc.(Experience Makes the Difference).

Web Sources

- www.fda.gov/cdrh/
- www.laserinstitute.org
- www.osha.gov/SLTC/laserhazards
- <http://www.rli.com/resources/accident.aspx> or accidents@rli.com

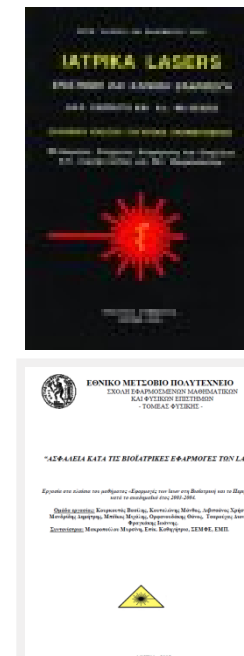




ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. “Ιατρικά lasers: Επιστήμη και κλινική εφαρμογή”, G. Carruth and A. McKenzie, μετάφραση, σύγχρονη ενημέρωση και επιμέλεια Α.Α. Σεραφετινίδης και Μ.Ι. Μακροπούλου, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 1994.
2. Κουρκουτάς Βασίλης, Κουταλώνης Μάνθος, Λιβιτσάνος Χρήστος, Μανδρίδης Δημήτρης, Μπέικος Μιχάλης, Ορφανουδάκης Θάνας, Τσαρούχας Διονύσης, Φραγκάκης Ιωάννης και Μακροπούλου Μυρσίνη, “ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ LASER”, Εργασία στα πλαίσια του μαθήματος «Εφαρμογές των laser στη Βιοϊατρική και το Περιβάλλον», ακαδημαϊκό έτος 2003-2004, ΣΕΜΦΕ - ΕΜΠ.
3. Sliney D, Wolbarsht W. Safety with Lasers and Other Optical Sources. Plenum Press, New York, 1981.
4. "Laser safety." Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikimedia Foundation, Inc. 2004. 8 November 2010.
5. Πολλά άρθρα ανασκόπησης, ιστοσελίδες και βιβλία.

Προσοχή!! E:\Laser_Safety_genika\Πιστοποιημένο Σεμινάριο Τεχνικού Ασφαλείας Laser (Laser Safety Course).mht





ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



Web Pages and Free Online Tutorials

1. The Physics Classroom: *Specular vs. Diffuse Reflection*

<http://www.glenbrook.k12.il.us/GBSSCI/PHYS/Class/refln/u1311d.html>

2. The Physics Classroom: *Anatomy of the Eye*

<http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/Phys/Class/refrn/u1416a.html>

3. Princeton University: *Laser Safety Training Guide*

<http://web.princeton.edu/sites/ehs/laserguide/index.htm>

4. University of Illinois at Urbana-Champaign: *Laser Safety Training Tutorial*

<http://www.ehs.uiuc.edu/rss/lasers/index.aspx?tbID=lsr>

5. Sam's Laser FAQ: *What is a Laser and How Does It Work?*

<http://www.repairfaq.org/sam/laserfaq.htm#faqwil>

6. Sam's Laser FAQ: *Laser Safety*

<http://www.repairfaq.org/sam/lasersaf.htm#saftoc>

7. U.S. Army CHPPM: *Lasers and Their Effects on the Human Eye*

<http://chppm-www.apgea.army.mil/laser/Publications/Fact%20Sheets/250130498.pdf>