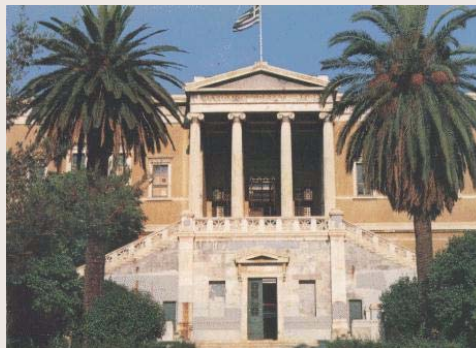




## **ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ LASER ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ :** **Ενότητα 12 – Ασφάλεια στις εφαρμογές των laser**

Μυρσίνη Μακροπούλου  
Αναπλ. Καθηγήτρια Τομέα Φυσικής, Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και  
Φυσικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα



**ΣΕΜΦΕ, 9ο εξάμηνο**  
**ΑΘΗΝΑ, Ακαδ. Έτος 2008-9**

7/11/2008

**ΠΙΝΑΚΑΣ I: Κυριότερες χρήσεις ορισμένων διατάξεων laser**

Τύπος Laser	Μήκος κύματος (μm)	Κυριότερες χρήσεις
Ruby	0,694	Δορυφορική μέτρηση απόστασης, Ιατρικές χρήσεις, Διατηρητική
Neodymium-YAG	1,064	Διάφορες επεξεργασίες μετάλλων, Συγκόλληση, Χαρακτική, Ιατρική χρήση (χειρουργική, οφθαλμιατρική), Στρατιωτικές χρήσεις (Μέτρηση απόστασης), LIDAR
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	10,6	Επεξεργασία μετάλλων, LIDAR, Χειρουργική χρήση, Radar, Σύντηξη
Nitrogen (N)	0,337	Έρευνα, φασματοσκοπία, Άντληση των Dye Laser
Argon Ion Gas	0,488 – 0,514 0,351 & 0,363	Χειρουργική Οφθαλμών, Οπτική χαρακτική, Laser Shows, Ιατρικές χρήσεις, Έρευνα
Helium Neon (HeNe)	0,632	Ευθυγραμμίσεις σε εργαστήρια, σε οικοδομικές εργασίες, Ολογραφία, VideoDisc
Helium Cadmium (HeCd)	0,422	Εκτυπωτές, Οθόνες, Έρευνα
GaAs	0,840	Επικοινωνίες, «Φάροι» υπερύθρου, CD-players, Laser Printers
Krypton Ion Gas	0,476 0,528 0,568 0,847	Διασκέδαση, Ολογραφία, Διαγνωστική, Οθόνες
Dye Lasers (Rhodamine 6G)	0,400-0,600	Φασματοσκοπία, Οφθαλμολογία, Ειδική Φωτογράφιση
Excimer – Xenon chloride (XeCl) Krypton fluoride (KrFl) Xenon fluoride (XeFl) Argon fluoride (ArFl)	308 nm 248 nm 350 nm 193 nm	Φωτολιθογραφία, Κατεργασία επιφανειών, Άντληση των Dye Laser, Έρευνα, Διαπλαστική χειρουργική

Πίνακας II: Είδη laser ανάλογα με το ενεργό υλικό τους

Τύπος	Laser	Μήκος Κύματος	Ισχύς Εξόδου
Αερίου	Helium Neon (He-Ne)	632,8 nm	CW μέχρι 100 mW
	Helium Cadmium (HeCd)	422 nm 325 nm	CW μέχρι 100 mW
	Argon Ion (Ar <sup>+</sup> )	488 και 514 nm plus blue lines	CW μέχρι 20 W
	Krypton Ion (Kr <sup>+</sup> )	647 nm 476 nm 528 nm	CW μέχρι 10 W
	Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	10,6 μm 9,6 μm	CW ή παλμικό, 50kW 200W CW
	Hydrogen Fluoride (HF)	2,70 μm	CW μέχρι 10kW Παλμικό μέχρι MW
	Nitrogen (N)	337,1 nm	Παλμικό μέχρι 1 MW
	Excimer – Xenon chloride (XeCl) Krypton fluoride (KrFl) Xenon fluoride (XeFl) Argon fluoride (ArFl)	308 nm 248 nm 350 nm 193 nm	Παλμικό μέχρι 10 MW
Στερεάς κατάστασης	Ruby	694,3 nm	Παλμικό μέχρι 10 GW
	Neodymium/YAG (Nd:YAC)	1064 και 1319 nm	Παλμικό ή CW μέχρι TW, 100W μέσος όρος CW
	Neodymium/Glass (Nd:Glas)	1064 nm	Παλμικό μέχρι GW
	Erbium	1,504	
Ημιαγωγών	Διάφορα υλικά GaAlAs InGaAsP	750 - 900 nm 100-1600 nm	CW (κάποια παλμικά) μ 50mW
Χρωστικής	Χρωστικής – Πάνω από διαφορετικές χρωστικές laser ενεργούν ενεργά μέσα laser	300 -1800 nm 1100-1600 nm	Παλμικό μέχρι 100 MW

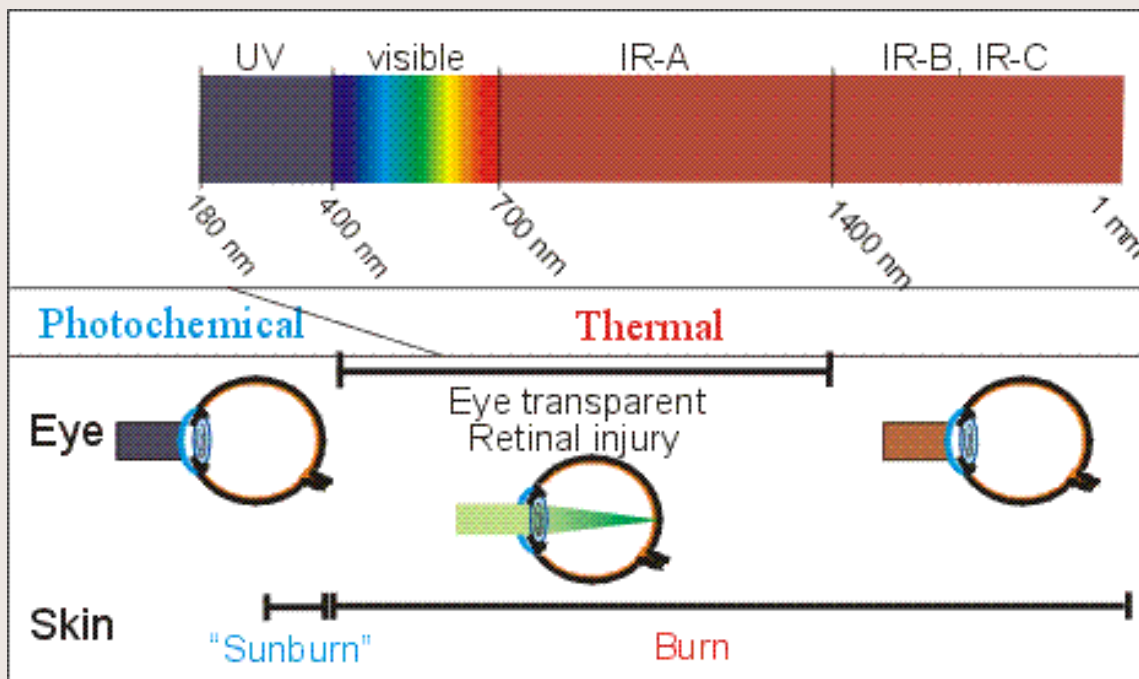
7/11/2008

# ■ Κίνδυνοι σε χώρους λειτουργίας laser

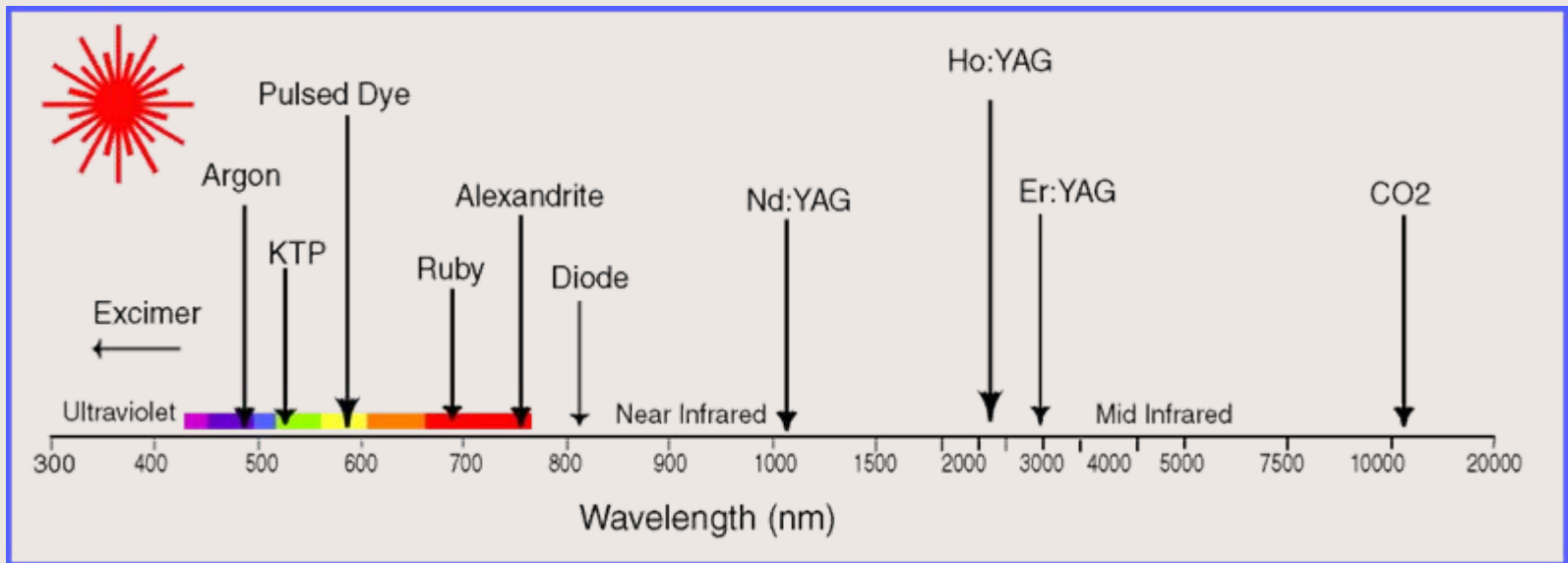
1. Μόλυνση της “ατμόσφαιρας” του χώρου από:
  - Προϊόντα του συστήματος αερίων του laser (ενεργό αέριο, σύστημα ψύξης, παράγωγα κ.ά.)
  - Καπνούς προερχόμενους από την απανθράκωση ή την αποδόμηση (εξάτμιση) ιστών, κύρια στις χειρουργικές εφαρμογές  
*Υπάρχουν ζωντανά κύτταρα στα “καυσαέρια” μιας επέμβασης laser;*
2. Κίνδυνοι από τα ηλεκτρικά συστήματα του laser
  - ηλεκτροσόκ, εγκαύματα, θάνατος (τροφοδοτικά υψηλής ισχύος, συσσωρευτές, ηλεκτρο-οπτικά συστήματα, διαμορφωτές κ.λ.π.)
3. 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*
4. Κίνδυνοι από άμεση ή έμμεση έκθεση στη 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.



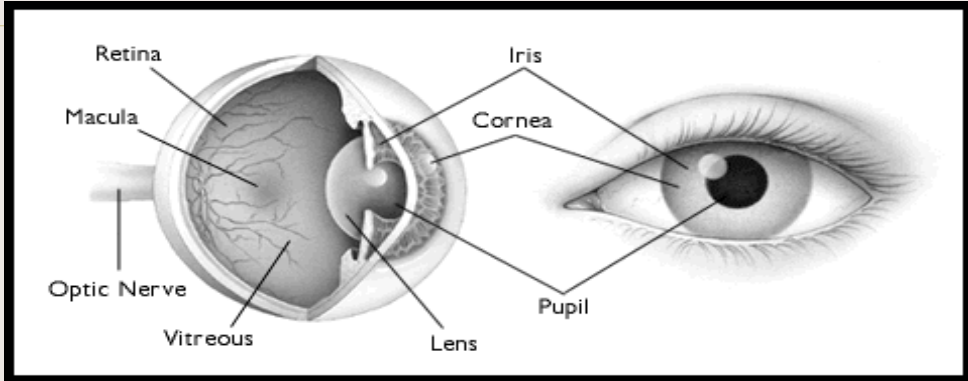
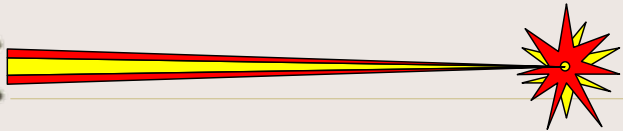
☞ *Τμήμα του φάσματος της Η/Μ ακτινοβολίας που έχει άμεση σχέση με την ασφάλεια laser.*



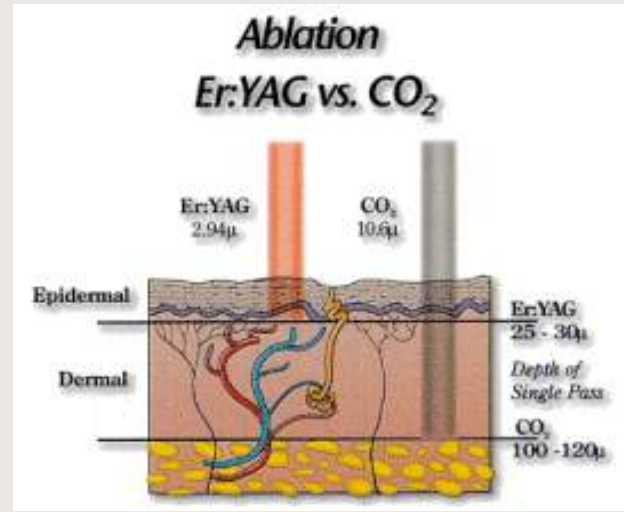
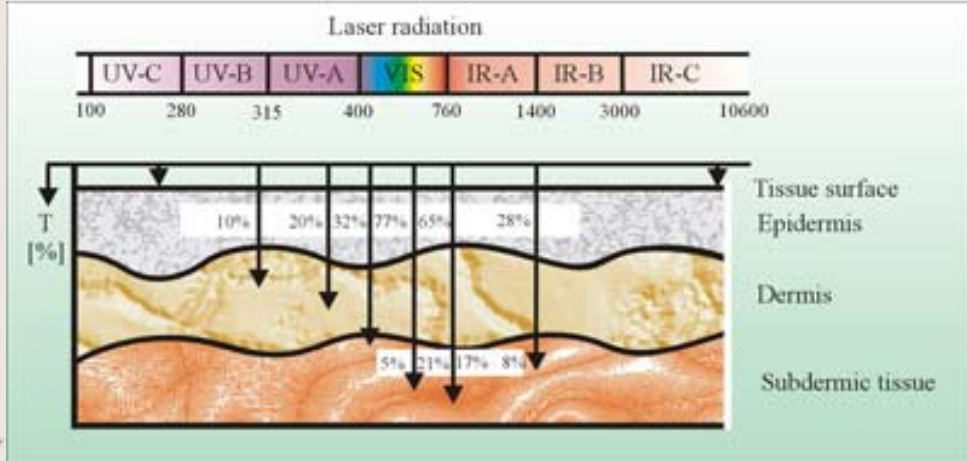
*Τα πλέον γνωστά ιατρικά laser σε σχέση με το κυριότερο μήκος κύματος εκπομπής τους στο φάσμα της Η/Μ ακτινοβολίας.*



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



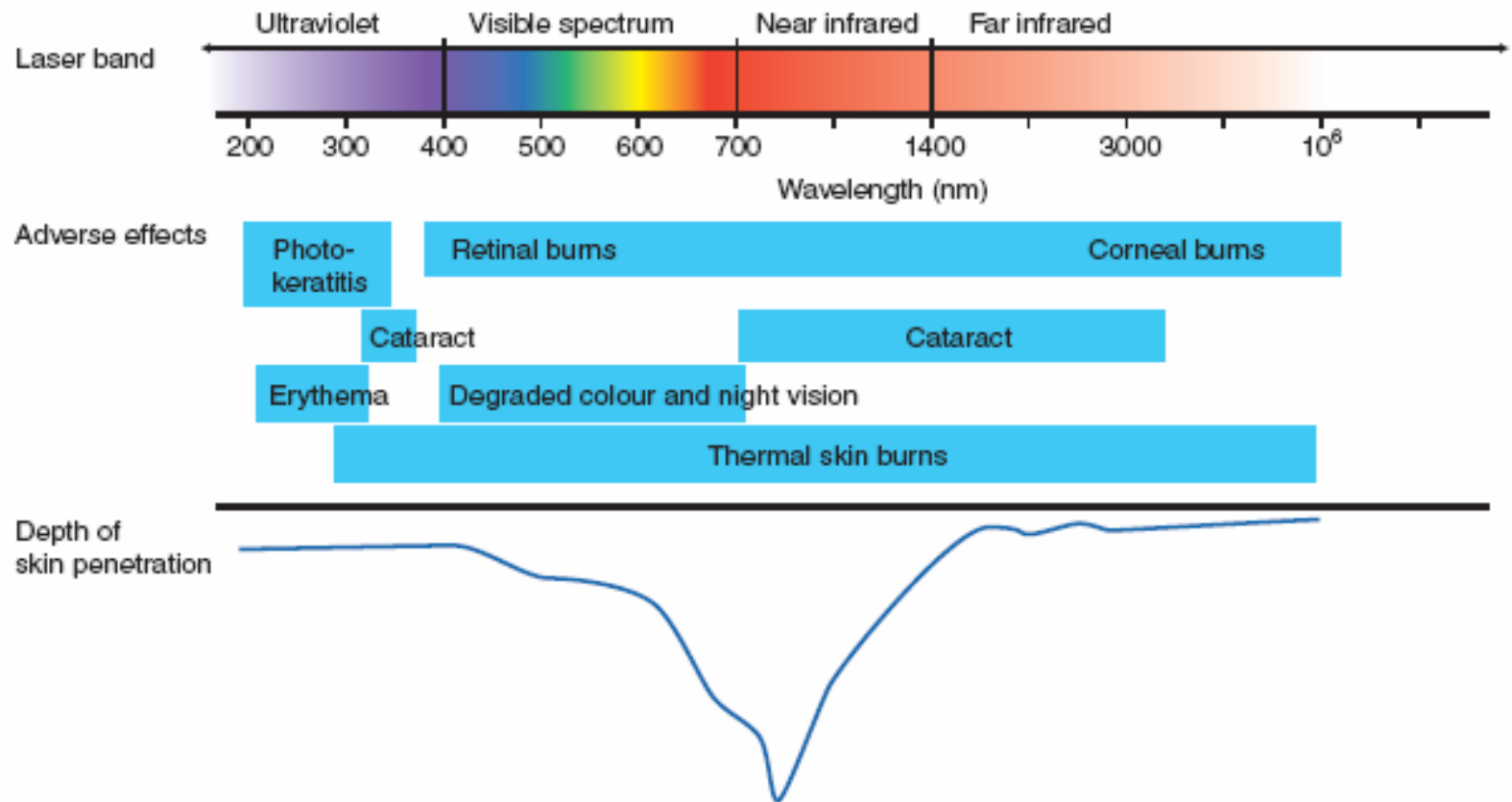
## ⚡ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι στο δέρμα -



# Laser safety

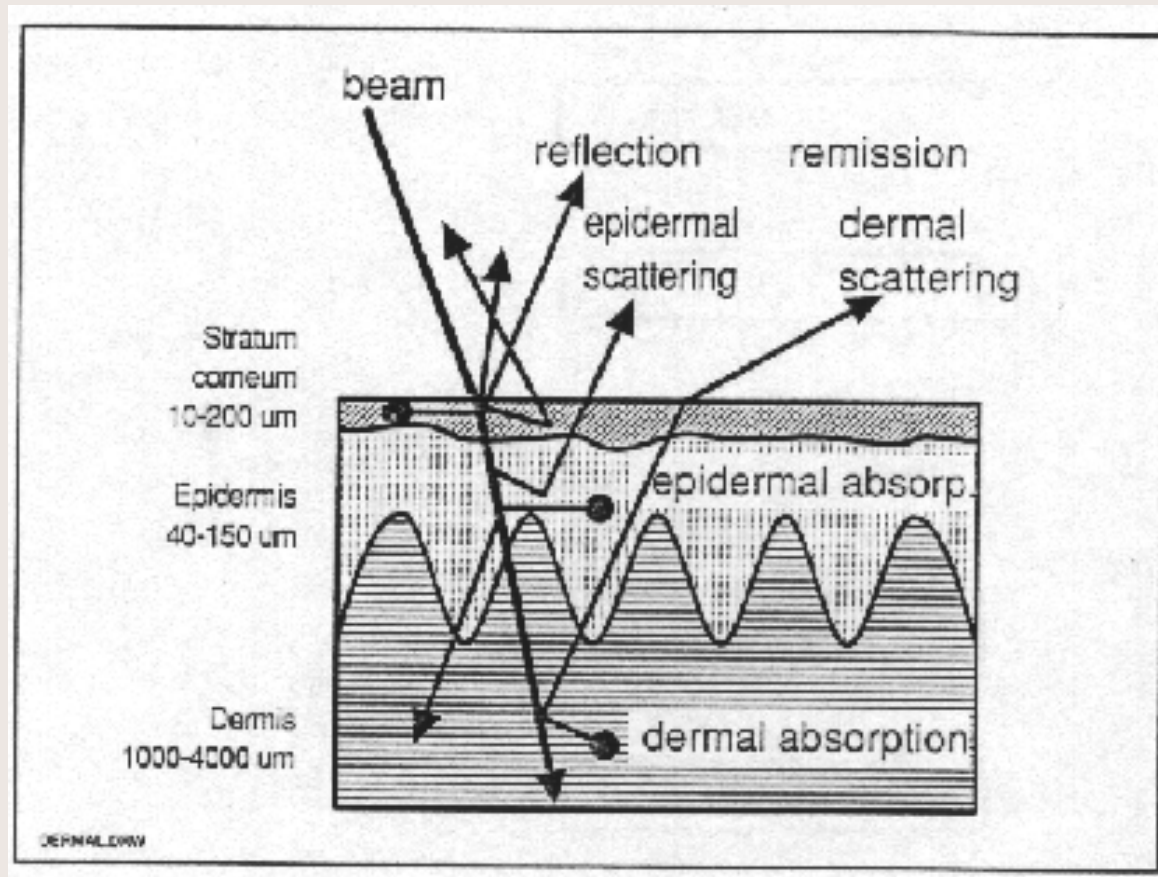
## 4 Adverse effects of lasers

Adapted from Sliney DH, Wolbarsht ML. Safety with laser and other optical sources. A comprehensive handbook. New York: Plenum Press, 1980.





# Διάδοση φωτός στο δέρμα

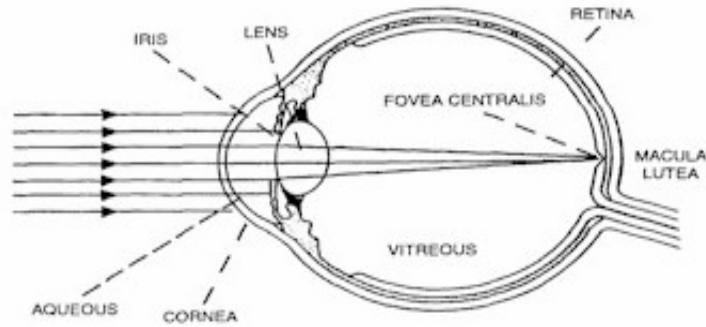


7/11/2008

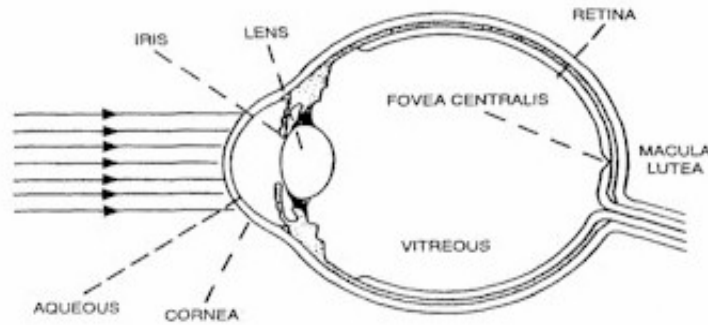
# Διάδοση φωτός στα μάτια

## OCULAR ABSORPTION SITE vs WAVELENGTH

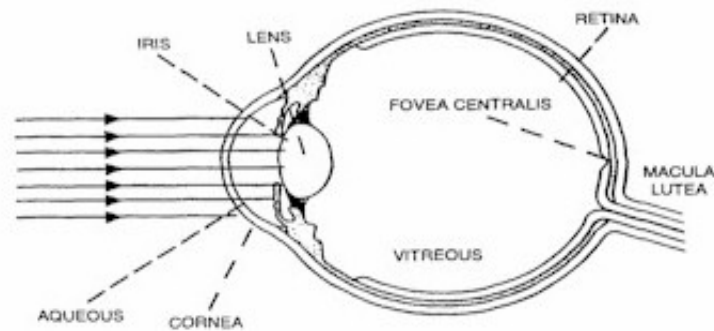
Visible and  
Near-Infrared  
(400 - 1400 nm)  
Radiation



Mid-Infrared and  
Far-Infrared  
(1400 nm - 1mm)  
and  
Far-Ultraviolet  
(180 nm - 315 nm)  
Radiation



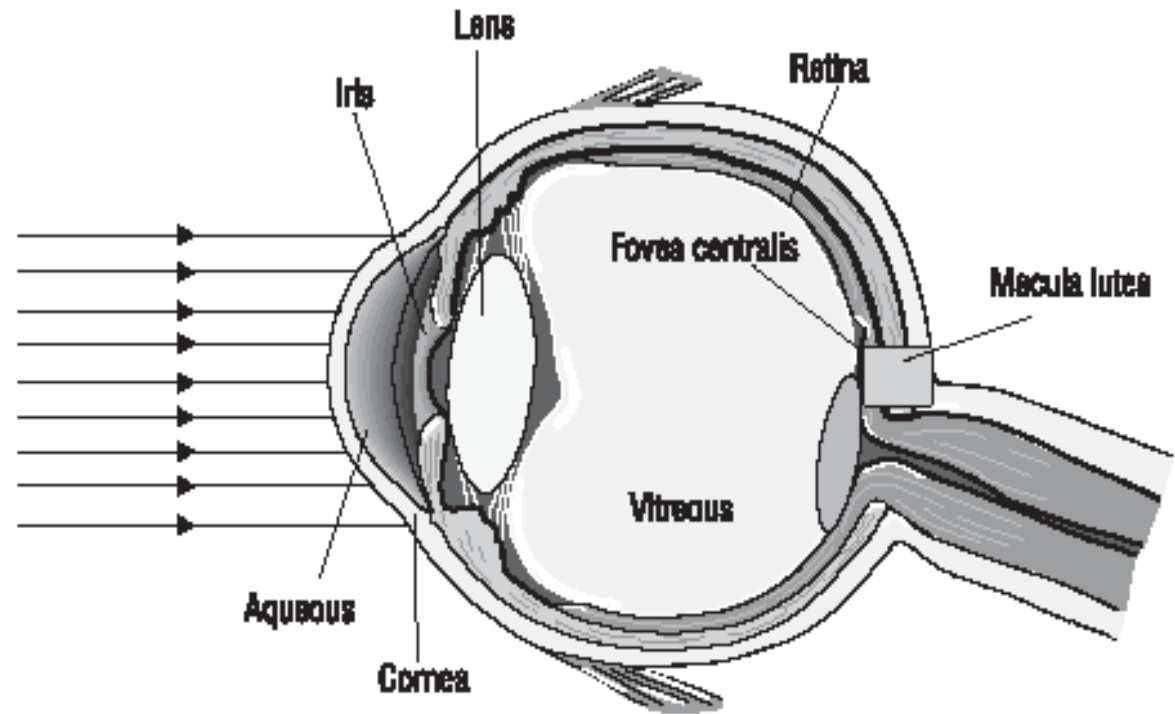
Near-Ultraviolet  
(315 - 390 nm)  
Radiation



👁️ **Απορρόφηση διαφόρων μηκών κύματος της ακτινοβολίας από τα διάφορα οφθαλμικά μέσα**

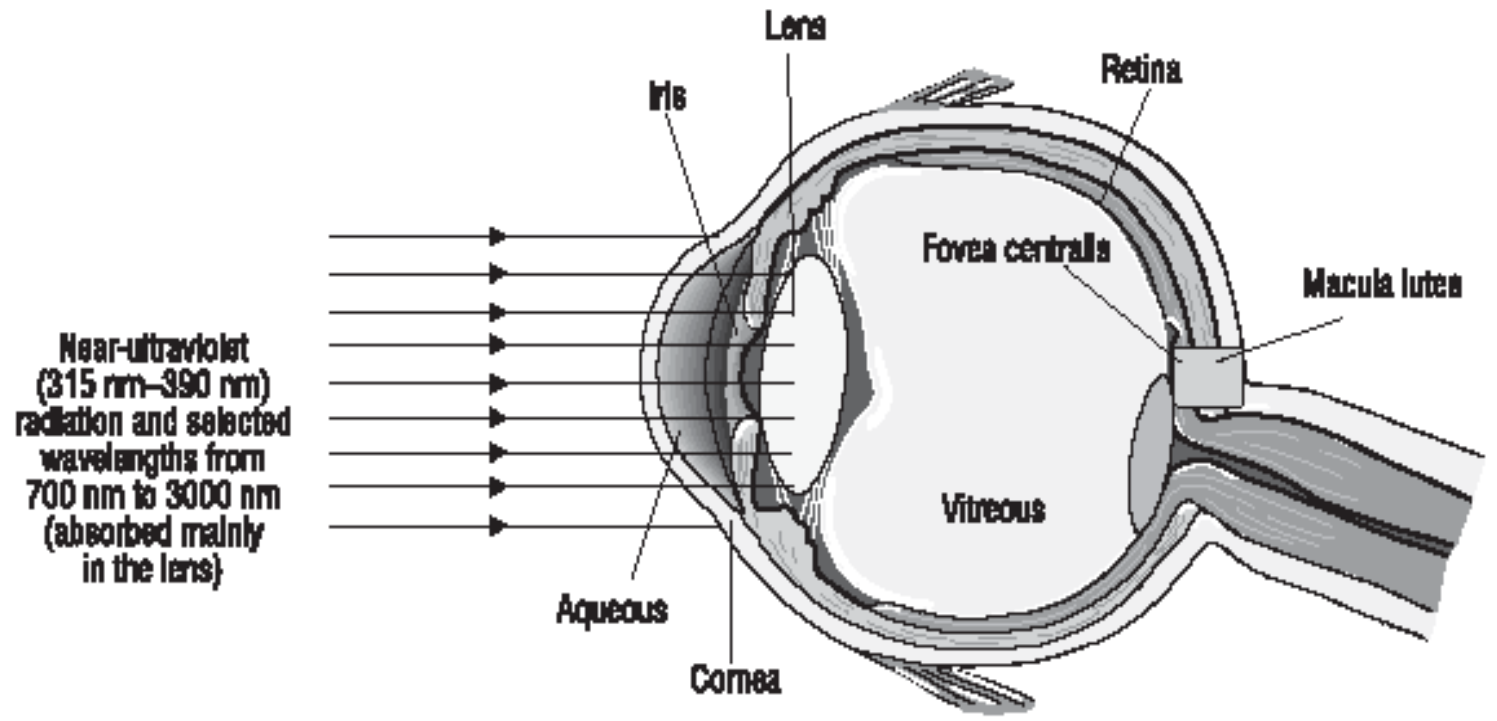
(a)

Visible and near-infrared  
(1400 nm–1 mm  
and  
middle-ultraviolet  
(180 nm–315 nm)  
radiation  
(absorbed mainly in  
the cornea)



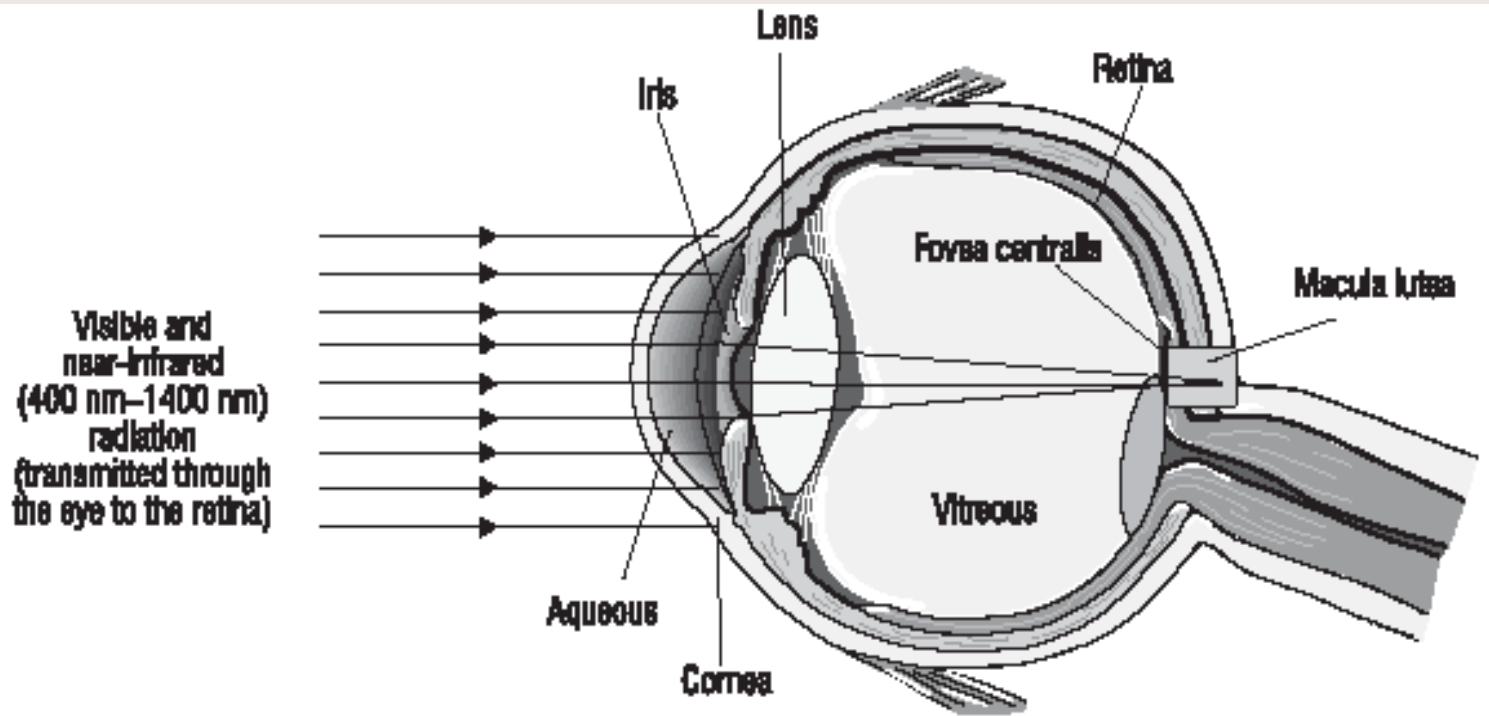
👁️ **Απορρόφηση διαφόρων μηκών κύματος της ακτινοβολίας από τα διάφορα οφθαλμικά μέσα**

(b)



👁️ **Απορρόφηση διαφόρων μηκών κύματος της ακτινοβολίας από τα διάφορα οφθαλμικά μέσα**

(c)



**Figure 2-10** *Absorption characteristics of the eye for different wavelengths*

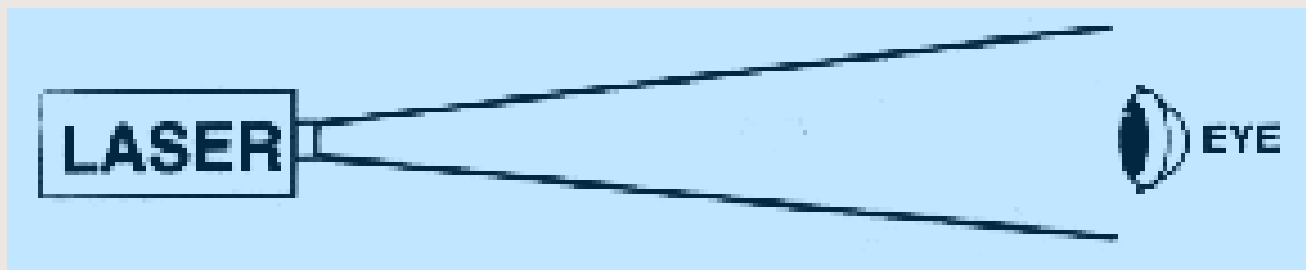
**ΠΙΝΑΚΑΣ IV: Βιολογική δράση κατά την έκθεση των οφθαλμών και του δέρματος σε διάφορα μήκη κύματος της ακτινοβολίας laser**

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 (1,4 μm – 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 -

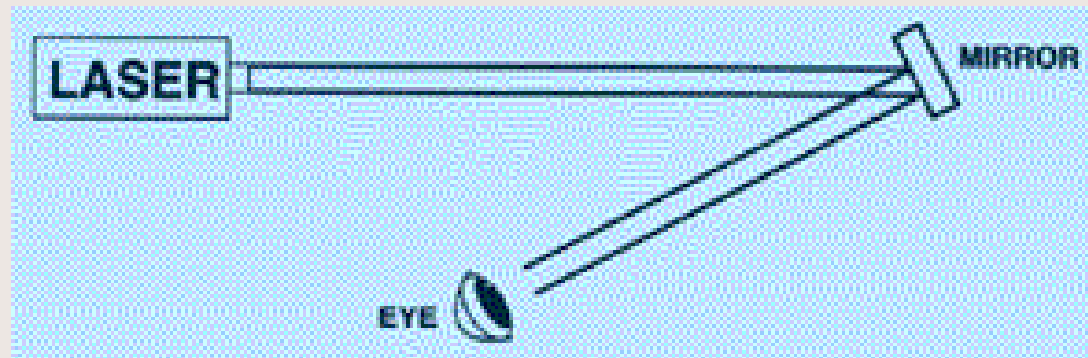
*Ενδοδέσμια έκθεση* σημαίνει ότι το μάτι ή επιδερμίδα εκτίθεται απευθείας σε ολόκληρη ή σε μέρος της δέσμης. Το μάτι ή επιδερμίδα τότε, εκτίθεται πιθανότατα σε όλη την ισχύ της ακτινοβολίας.



Εικόνα 1: Όψη άμεσης ακτίνας. Αυτός ο τύπος είναι και ο πιο επικίνδυνος

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

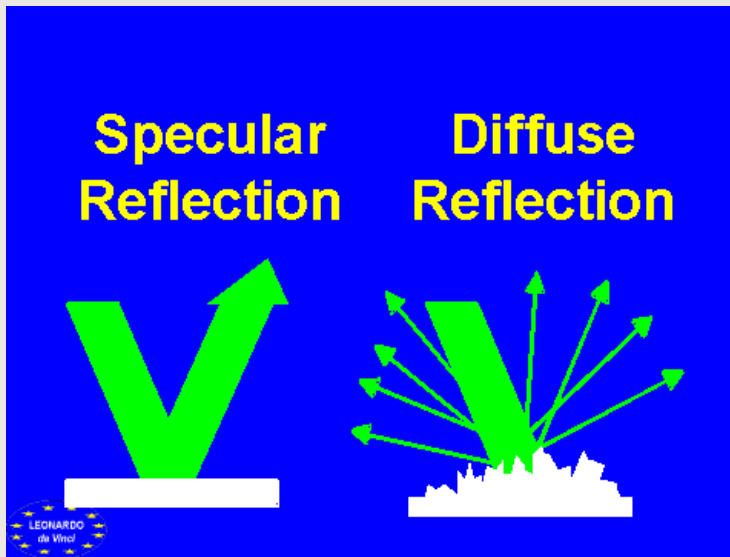
Οι κατοπτρικές ανακλάσεις από κατοπτρικές επιφάνειες μπορεί να είναι σχεδόν όσο επιζήμιες όσο η έκθεση σε απευθείας δέσμη, ιδιαίτερα αν η επιφάνεια είναι επίπεδη. Κυρτές κατοπτρικές επιφάνειες διευρύνουν τη δέσμη έτσι ώστε, ενώ το εκτιθέμενο μάτι ή δέρμα δεν απορροφά όλη την ισχύ της δέσμης, υπάρχει μεγαλύτερη περιοχή για πιθανή έκθεση.



Εικόνα 2: Όψη μιας κατοπτρικά ανακλώμενης (δευτερεύουσας) ακτίνας από μια επίπεδη επιφάνεια ανάκλασης.

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

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.



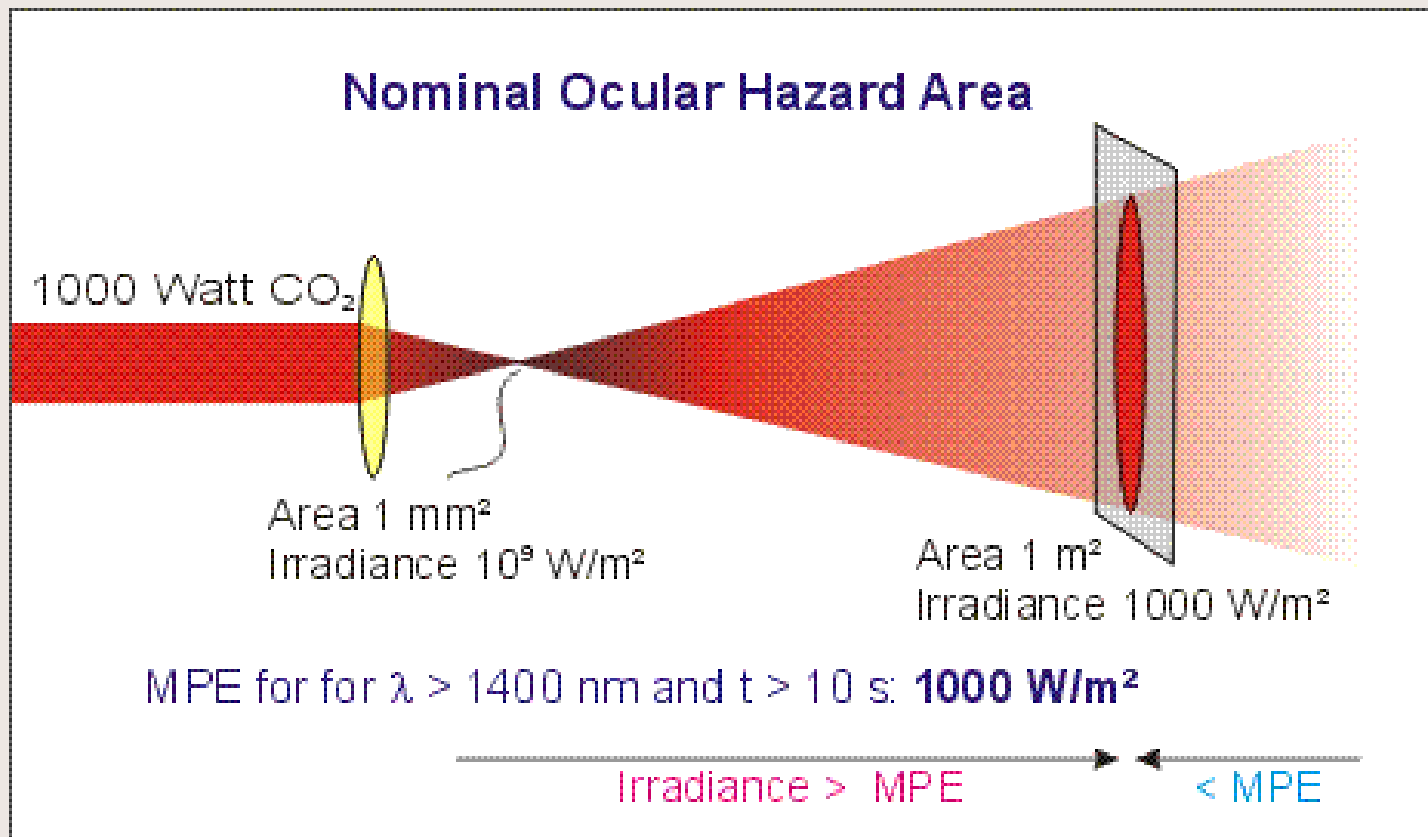


## Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων

**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.

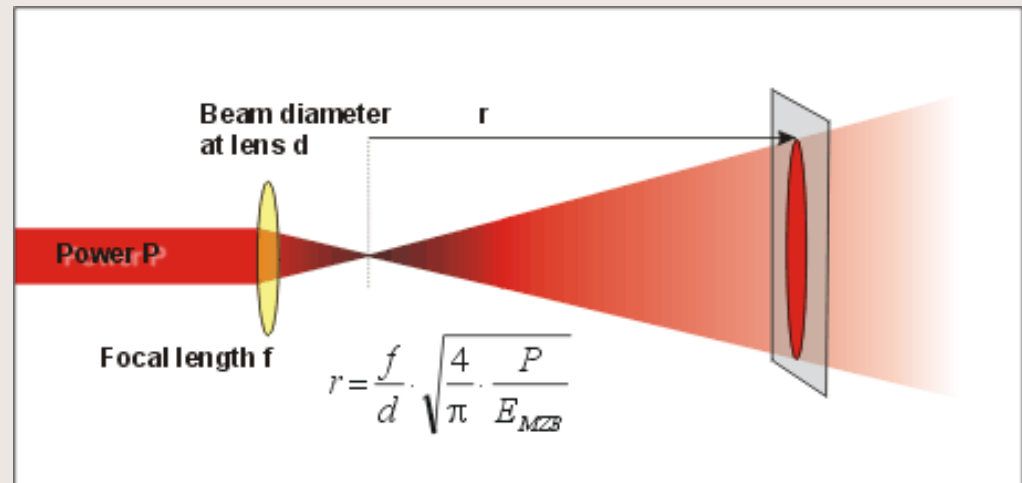
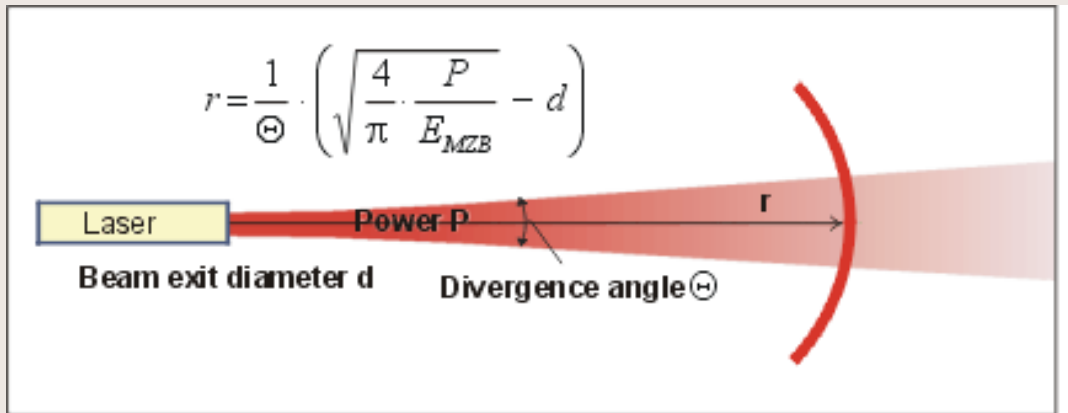


# Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων





# Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων

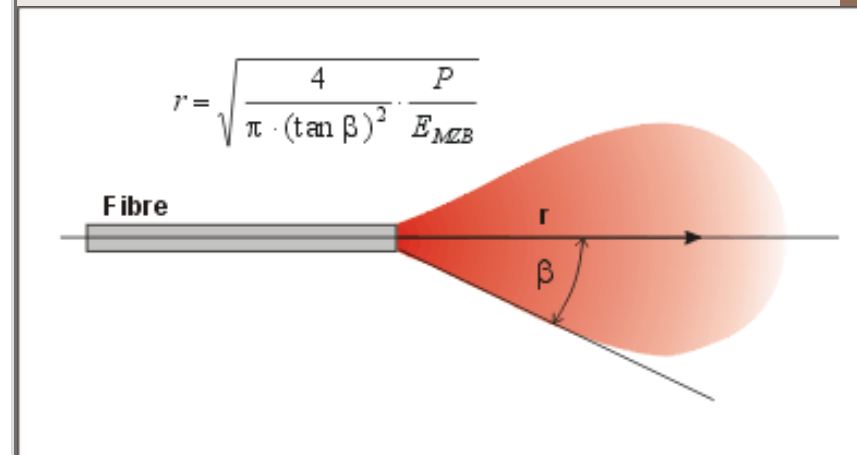
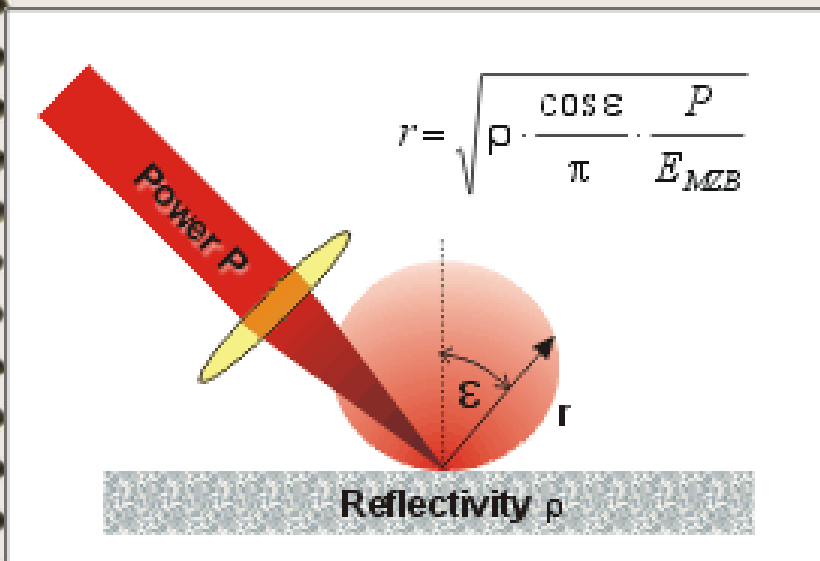






## Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων

- Case 3. NOHD calculation for diffuse reflection from a rough surface.
- Case 4. NOHD for a fibre with half divergence angle  $\beta$





## Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων

**Μέγιστη Επιτρεπτή Έκθεση (Maximum Permissible Exposure, MPE):** Η μέγιστη επιτρεπτή έκθεση, MPE, είναι το μέγιστο επίπεδο της ακτινοβολίας ενός laser στο οποίο ένα άτομο μπορεί να εκτεθεί χωρίς επικίνδυνες συνέπειες ή βιολογικές μεταβολές στο μάτι ή στο δέρμα. Η MPE καθορίζεται από το μήκος κύματος του laser, την ακτινοβολούμενη ενέργεια και τη διάρκεια της έκθεσης. Σε διάφορες βιβλιογραφικές πηγές υπάρχουν πίνακες υπολογισμού τιμών MPE, ανάλογα με τις παραμέτρους της δέσμης laser.

Η μέγιστη επιτρεπτή έκθεση, MPE, είναι μια απαραίτητη παράμετρος για τον καθορισμό της κατάλληλης οπτικής πυκνότητας των υλικών των γυαλιών προστασίας από την ακτινοβολία, καθώς και για τον καθορισμό της ονομαστικής ζώνης κινδύνου, NHZ.

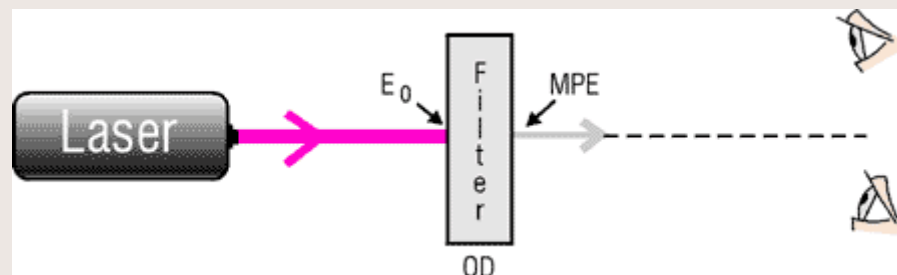


## Ασφάλεια από τη δέσμη laser - υπολογισμοί ορίων

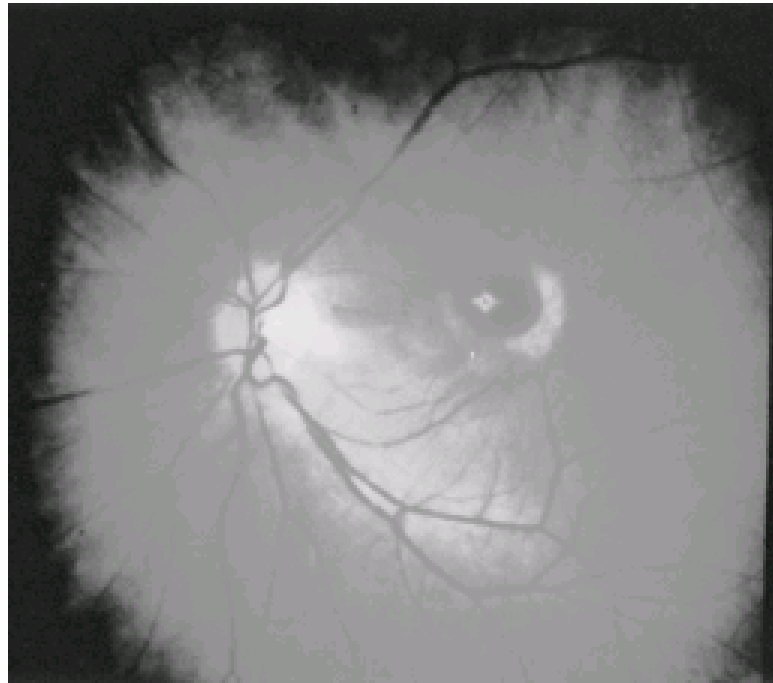
**Οπτική Πυκνότητα (Optical Density, OD):** Η οπτική πυκνότητα, OD, χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της κατάλληλης προστασίας του ματιού με ειδικά γυαλιά. Η οπτική πυκνότητα είναι ένα μέτρο της εξασθένησης που υφίσταται η ακτινοβολία περνώντας μέσα από ένα φίλτρο και δίνεται από μια λογαριθμική συνάρτηση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



## Laser Eye Injuries by Yaniv Barkana, and Michael Belkin,



*Fig. 3.* An eye exposed to a Q-switched double Nd:YAG laser (532 nm at 14 mJ, 7 ns). Vision was lost immediately and never recovered beyond 6/120. Photograph was taken 2 months after injury, showing macular scar and the damage extending much further than the foveal lesion, presumably about 50  $\mu\text{m}$  in diameter.

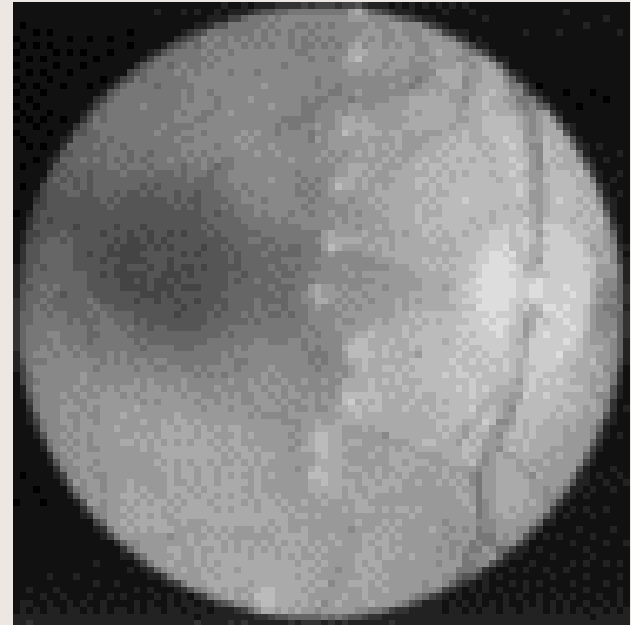


*Fig. 4.* An eye with four accidental 5-mJ exposures to Nd:YAG laser, 1 year after the injury. Scarring and contraction around the scars are evident (courtesy of the Medical Research Detachment, Walter Reed Army Institute of Research, San Antonio, Texas).





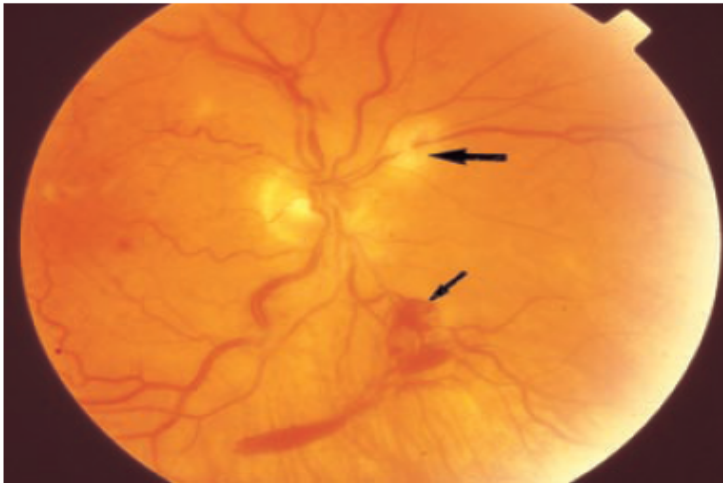
Vitreous hemorrhage induced by an Nd:YAG (1,064 nm) Q-switched laser in a rhesus monkey eye (courtesy of the Medical Research Detachment, Walter Reed Army Institute of Research, San Antonio, Texas)  
7/11/2008



A series of threshold argon laser lesions in a rhesus monkey eye

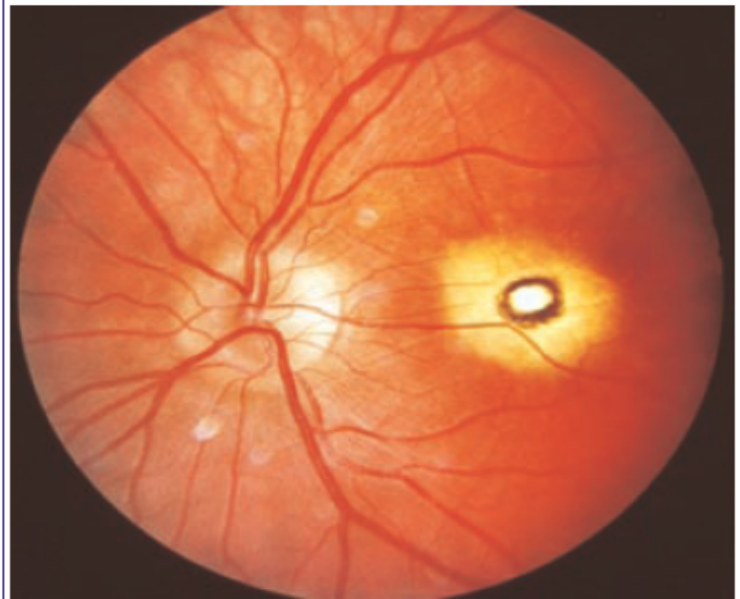
# ❁ Ασφάλεια από τη δέσμη laser

## 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.

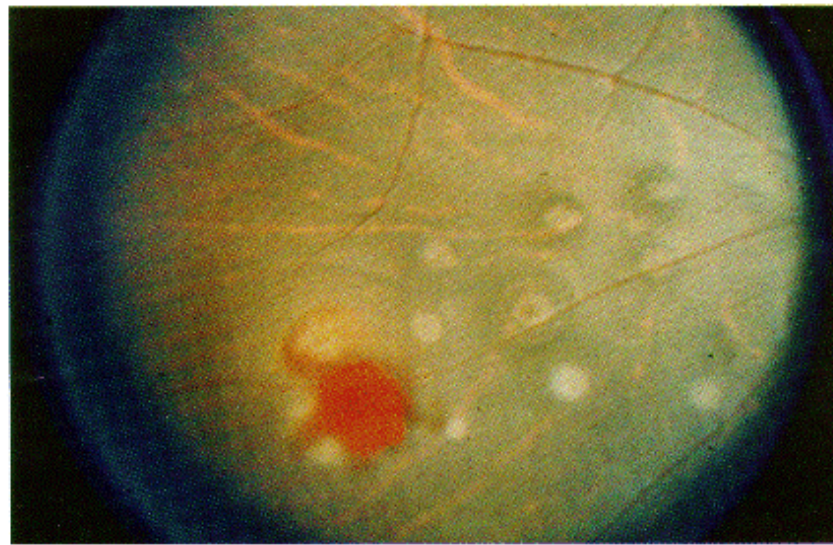
## 5 Sun burn of the eye



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>



# Ασφάλεια από τη δέσμη laser

Θέματα ασφάλειας σε ΩΡΛ εφαρμογές των laser



Courtesy of Dr. Robert J. Hardie, University of Wisconsin School of Veterinary Medicine

7/11/2008



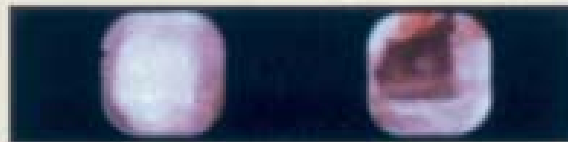
7/11/2008



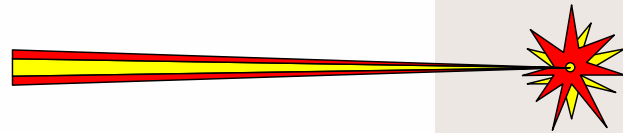
## ▣ Θέματα ασφάλειας από την ακτινοβολία laser - κίνδυνοι ανάφλεξης στην τραχεία -



*Doctors use the continuous-wave neodymium-YAG laser to vaporise a tumour that is obstructing the flow of air to the lungs*







## REVIEW

# The Control of Fire Hazard During Cutaneous Laser Therapy

R. Dave and P.J. Mahaffey

Bedford Laser Treatment Centre, Bedford Hospital, Bedford, UK

**Abstract.** This article reviews the literature on fire hazard relating to the laser treatment of cutaneous conditions and collates recommended precautions. Further suggestions are added.

**Keywords:** Cutaneous laser treatment; Fire; Precautions

### CASE HISTORY

A spontaneous flash fire was experienced during the laser treatment (TDL, Candela SPTL1-b, 585 nm at  $7 \text{ J/cm}^2$  with a 7 mm hand piece) of a small forehead port wine stain. The patient was a 4-year-old boy with a port-wine stain on the forehead. The procedure was being carried out using a face mask to administer a mixture of nitrous oxide, sevoflurane and oxygen. The edges of the mask had been sealed with wet gauze and the eyebrows moistened with saline. A brief flash combustion occurred just after the depth of anaesthesia had been adjusted and the mask repositioned on the mouth. The laser beam had at that moment contacted an ink mark which had been used to define the edges of the vascular malformation. There was singeing of the medial two-thirds of both the eyebrows but no obvious skin burn. The laser was placed in stand-by mode and the affected area was cooled with moist swabs. The procedure was then completed. There was no scarring or permanent hair loss on follow-up at one year.

with general anaesthesia presents specific opportunity for fires. There are numerous descriptions of the problem in the otolaryngeal literature where leaking endotracheal tubes and the enclosed spaces of the upper respiratory tract, together with the use of the lasers in this area have led to adverse incidents [1,2].

We used the PubMed database to search for other reported incidences. Our literature search has revealed a much smaller body of published reports on fire incidents during cutaneous laser therapy (Table 1). Clearly, however, from the case report which is the focus of this article, the risk is a real one.

We have attempted to condense the most important guidelines provided by the authors of the bibliography to this paper into the creation of a safe environment to carry out cutaneous laser treatment. We have also added suggestions based on personal experience and enquiry.

### Laser Operators

1. Hair should be moistened with normal saline or aqueous gel (e.g. KY jelly as

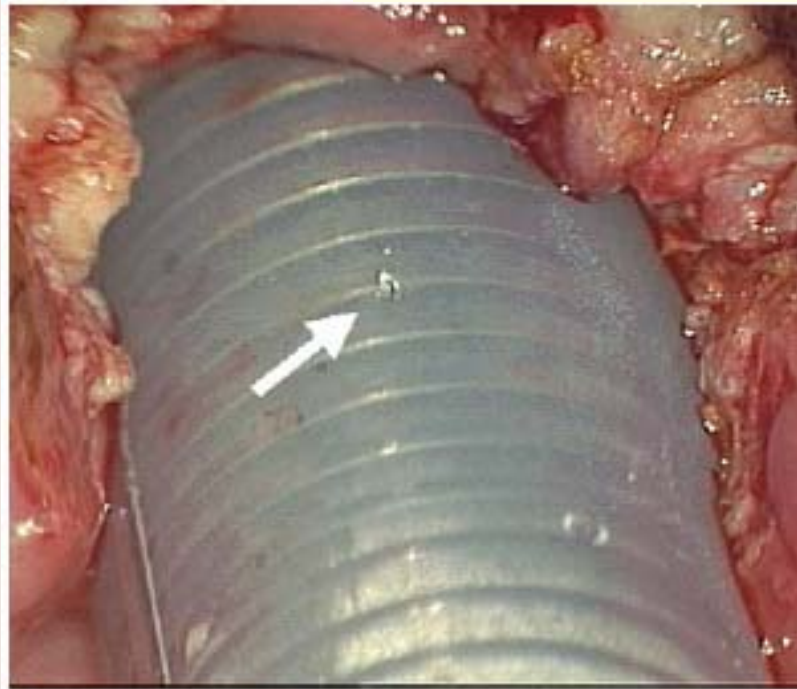
## Value of Endotracheal Tube Safety in Laryngeal Laser Surgery

Andreas M. Sesterhenn, Anja-A. Dünne, Daniel Braulke, Burkard M. Lippert, Benedikt J. Folz, and Jochen A. Werner, MD\*

Department of Otolaryngology, Head and Neck Surgery, University of Marburg, D-35037 Marburg, Germany



*Lasers in Surgery and Medicine 32:384–390 (2003)*



**Endotracheal tube (ETT) accidentally hit by a laser beam during a CO2 laser surgical debulking procedure of an obstructing laryngeal carcinoma. The wet gauze, which protected the cuff had been displaced accidentally. [Figure can be viewed in color online via [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com).]**





## Ασφάλεια από τη δέσμη laser

388

SESTERHENN ET AL.

**TABLE 4. Case Reports About ETT Ignition or Explosions in CO<sub>2</sub> Laser Surgery of the Larynx**

Author	Year	Type of tube	Procedure	Outcome
Snow [3]	1976	Uncuffed Rüsch Red Rubber ETT	Vaporization of laryngeal papillomas with the CO <sub>2</sub> laser	Superficial burn of the tracheal mucosa
Burgess et al. [2]	1979	Aluminum wrapped PVC ETT	Vaporization of laryngeal papillomas with the CO <sub>2</sub> laser	No significant thermal injury
Hirshman et al. [32]	1980	Cuffed PVC ETT	Trans-tracheostomy vaporization of laryngeal papillomas with the CO <sub>2</sub> laser	Burn of the anterior wall of the trachea, no long-term complications
De Vane [16]	1990	Aluminum wrapped PVC ETT	CO <sub>2</sub> -laser bronchoscopy	First and second degree burn in the supraglottic area and base of the tongue
Chiu et al. [8]	1997	Unknown	CO <sub>2</sub> -laser surgery of the larynx	Unknown
Baur et al. [6]	1999	Regular ETT	Electrocauterization during elective tracheostomy	Death of the patient
Santos et al. [43]	2000	Jet ventilation teflon catheters	CO <sub>2</sub> -laser surgery of the larynx	Unknown
Chou et al. [15]	2001	Aluminum-foil wrapped ETT	Trans-tracheostomy CO <sub>2</sub> -laser surgery	Unknown
Kuo et al. [44]	2001	Aluminum-foil wrapped PVC ETT	CO <sub>2</sub> -laser surgery of the larynx	Unknown
Awan et al. [5]	2002	Cuffed PVC ETT	Electrocauterization during elective tracheostomy	Unknown
Ilgner et al. [45]	2002	Metal-sheathed laser tube	CO <sub>2</sub> -laser surgery of the vocal folds	Tracheal stenosis following mucosal burns

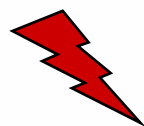
7/11/2008



International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology  
60 (2001) 239–242

INTERNATIONAL JOURNAL OF  
**Pediatric  
Oto  
Rhino  
Laryngology**

[www.elsevier.com/locate/ijporl](http://www.elsevier.com/locate/ijporl)



Case report

## Fire during the use of Nd–Yag laser

K.K. Handa <sup>a,\*</sup>, A.P.S. Bhalla <sup>b</sup>, Anand Arora <sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Department of ENT, All India Institute of Medical Sciences, Ansari Nagar, New Delhi 110029, India*

<sup>b</sup> *Department of Anesthesia, All India Institute of Medical Sciences, Ansari Nagar, New Delhi 110029, India*

Received 16 August 2000; received in revised form 19 May 2001; accepted 21 May 2001

---

### Abstract

Fire during the use of Nd–Yag laser is a very rare complication. A case report of laser fire during the use of Nd–Yag laser for congenital subglottic stenosis is reported. The probable causes for the fire, management and short review of literature are dealt with. This case report highlights the importance of following the safety protocol during laser surgery. © 2001 Published by Elsevier Science Ireland Ltd.

*Keywords:* Laser fire; Nd–Yag laser

---

7/11/2008

## 2. Case report

A 2-year-old male child was referred to the ENT Department of AIIMS, New Delhi with history of breathing difficulty since birth. The child had been hospitalized outside seven times with complaints of breathing difficulty where he had been treated. Suddenly during the procedure there was a flash of light and smoke began to emanate from the laryngoscope. An endotracheal laser fire was suspected and immediately the laser was switched off and the instruments were removed. Copious saline irrigation of the area was done to douse the fire and secondly to bring down the temperature so that the damage to the surrounding tissues was controlled. As the operative field was away from the endotracheal tube, the tube had not caught fire and was not removed. The fire was controlled immediately. It was not a classical laser fire, as endotracheal tube had not caught fire. The material to catch fire was probably the unsheathed

Journal of Clinical Anesthesia 7:895-897, 1995  
© 1995 by Elsevier Science Inc.  
655 Avenue of the Americas, New York, NY 10010

## Saline Soaked Pledgets Prevent Carbon Dioxide Laser-Induced Endotracheal Tube Cuff Ignition

Mitchel B. Sosis, MD, PhD\*

Department of Anesthesiology, Rush-Presbyterian-St. Luke's Medical Center, Chicago, IL.

**Study Objective:** *To determine whether saline soaked pledgets would protect the cuffs of polyvinylchloride (PVC) endotracheal tubes from carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) laser-induced combustion.*

**Design:** *12 PVC endotracheal tubes were studied. The cuffed end of each was placed in a graduated cylinder and flushed with 5 L/min of oxygen for 5 minutes. The endotracheal tube's cuff was then inflated with air and the system pressure set to 20 cm H<sub>2</sub>O.*

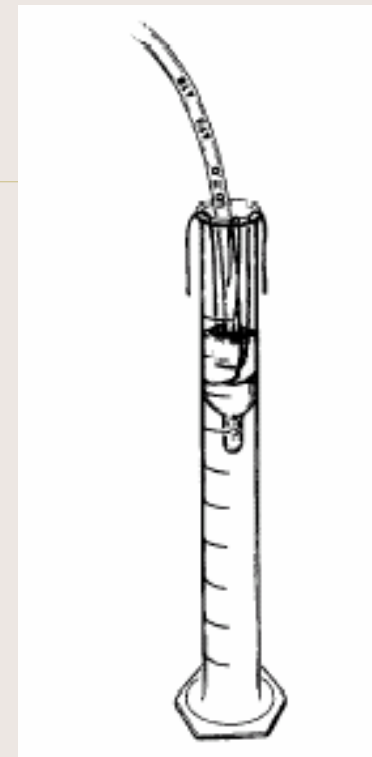
**Setting:** *Research laboratory of a university hospital.*

**Interventions:** *Six of the endotracheal tube cuffs were protected with 1 inch by 3 inch saline soaked pledgets and six were left unprotected. A CO<sub>2</sub> laser set to 40 watts was then fired at the cuffs.*

**Measurements and Main Results:** *All six unprotected cuffs were ignited in less than 1 second. No significant combustion occurred at the six pledget protected endotracheal tube cuffs after 1 minute of laser fire.*

**Conclusions:** *Under the conditions of this experiment, saline soaked pledgets protected PVC endotracheal tube cuffs from the CO<sub>2</sub> laser.*

**Keywords:** Surgery: CO<sub>2</sub> laser: complications: fire.



**Figure 1.** A plastic endotracheal tube has been inserted into a graduated cylinder that serves as a mock trachea. After connecting the tube to an anesthesia machine and circuit (not shown), it was flushed with oxygen. The cuff was then inflated with air, the system pressure adjusted to 20 cm H<sub>2</sub>O by adjusting the pressure limiting (pop-off) valve on the anesthesia machine, and the cuff was covered with three saline-soaked pledgets prior to firing the laser at it.

## ✚ 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

# Laser Classification

- Class 1** Safe under reasonably foreseeable operation
- Class 1M** Generally safe – some precautions may be required
- Class 2** Visible light at low power, blink limits risk
- Class 2M** UV or IR light at low power, generally safe - some precautions may be required
- Class 3R(A)** Safe for viewing with unaided eye, (i.e. not by telescope etc)
- Class 3B** Viewing beam hazardous, diffuse reflections safe
- Class 4** Hazardous under all conditions, eyes and skin



## ■ 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:

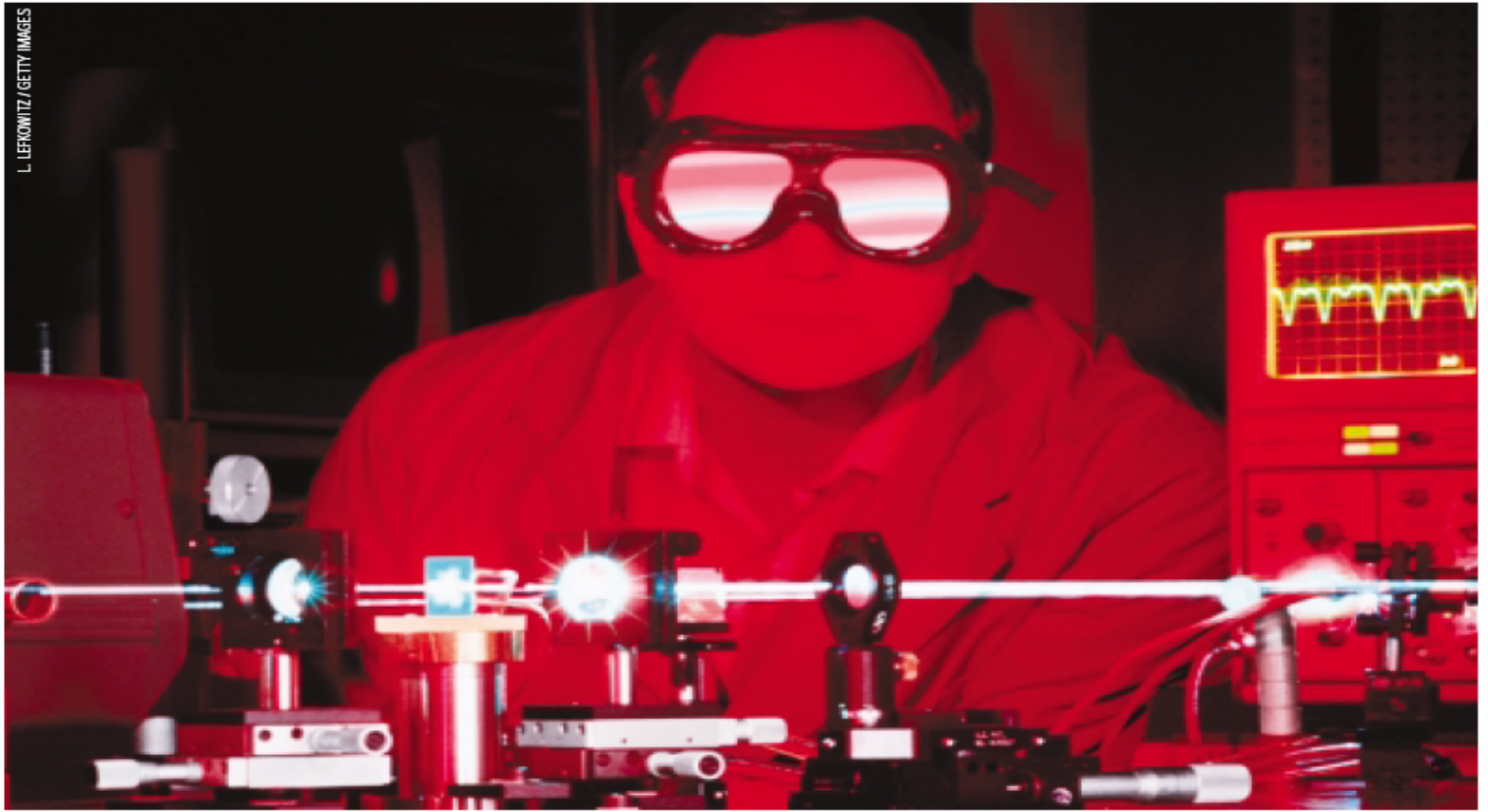
Κωδικός προτύπου	Θέμα
ANSI Z136.1	Ασφαλής χρήση των λέιζερ
ANSI Z136.2	Ασφαλής χρήση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων οπτικών ινών που χρησιμοποιούν διόδους λέιζερ και πηγές LED
ANSI Z136.3	Ασφαλής χρήση των λέιζερ σε εγκαταστάσεις υγείας
ANSI Z136.5	Ασφαλής χρήση των λέιζερ σε εκπαιδευτικά ιδρύματα
ANSI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

## Μέτρα προστασίας - Προειδοποιητικά σήματα



7/11/2008

## 🚧 Μέτρα προστασίας - Προειδοποιητικά σήματα



L. LEFKOWITZ / GETTY IMAGES

7/11/2008

# Προειδοποιητικά σήματα



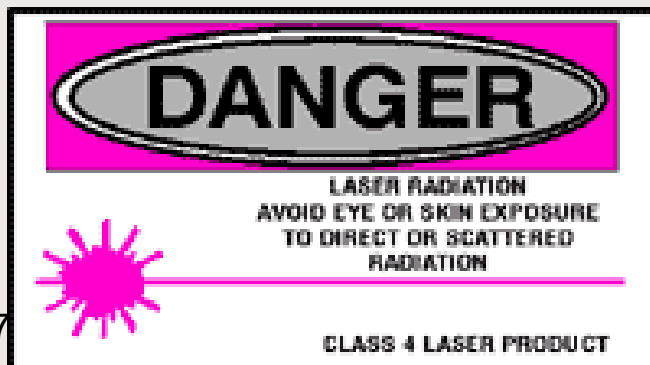
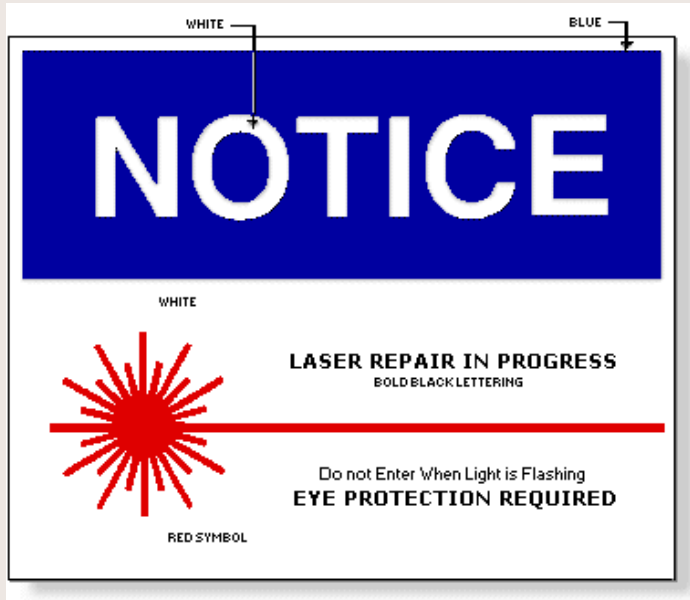
## He-Ne Laser

- Do not stare into beam
- Never view through optical instruments

- Σήμα για laser τάξης 3a, στο ορατό, με ισχύ εξόδου  $< 5 \text{ mW}$  και μέγιστη πυκνότητα ισχύος  $< 2.5 \text{ mW/cm}^2$ .
- Παρόμοιο είναι το σήμα για laser τάξης 2, στο ορατό.



# Μέτρα προστασίας - Προειδοποιητικά σήματα





# Practical Laser Safety - No!

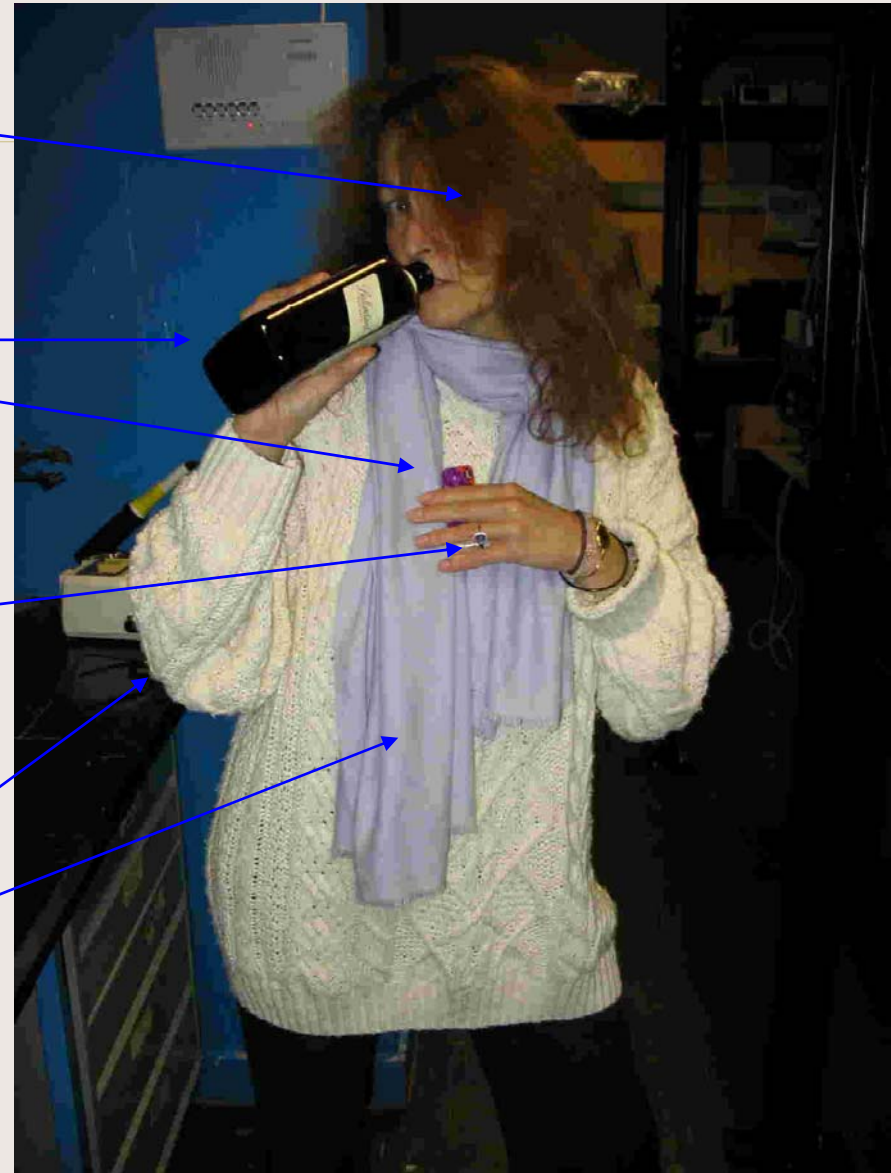
**Tie long hair back**

**Don't drink or eat  
In laser lab  
Especially; avoid alcohol!**

**Remove watches and jewellery  
(including wedding rings)**

**Avoid baggy jumpers and scarves  
(correct temp. in lab is essential)**

7/11/2008



# Practical Laser Safety – Definitely No!

Eyes at beam height - no safety goggles

Cable hanging down

Hair unrestrained

Lose covers

Lose clothing in beam path

No laser screens

Jewellery

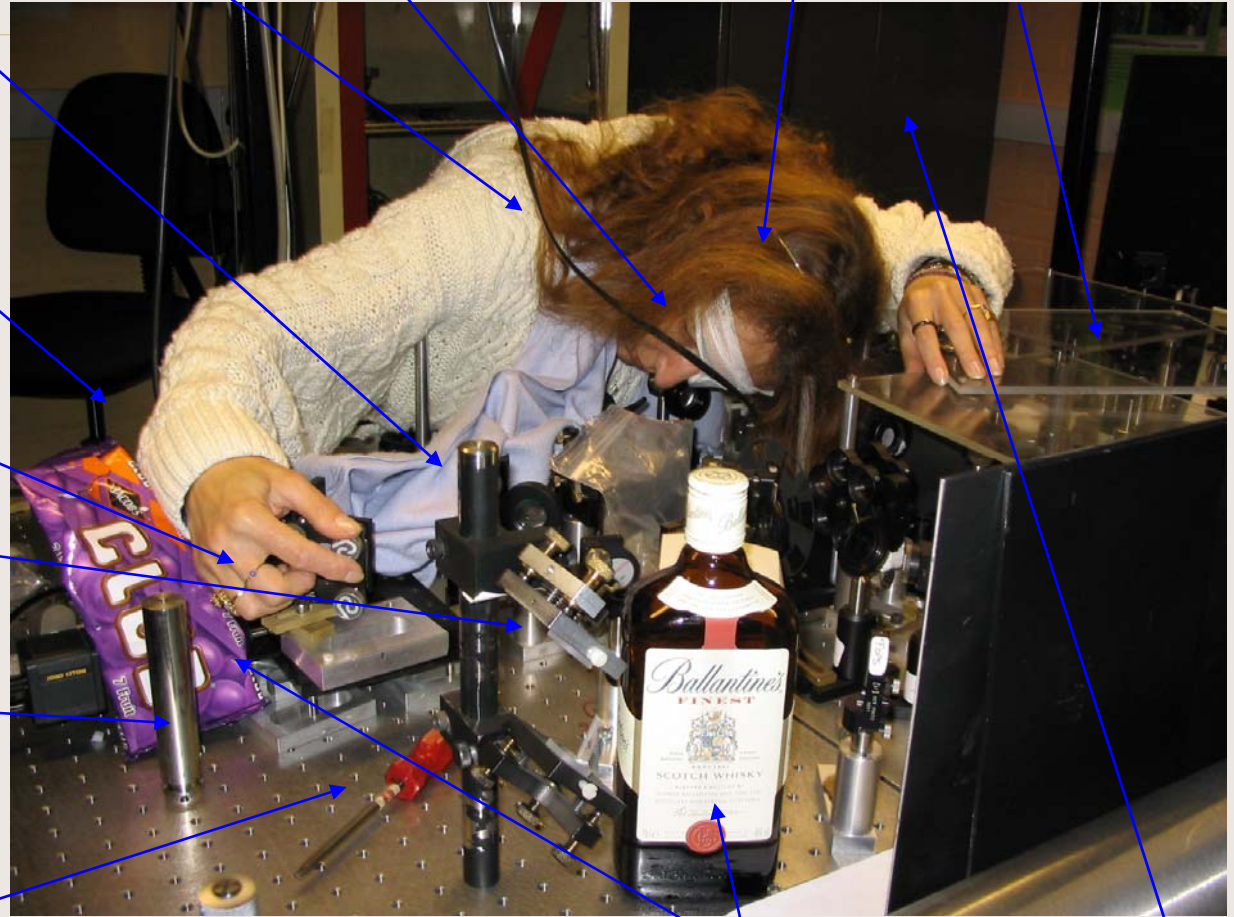
Periscope not enclosed

Unsecured optic post

Tools on table

Food and drink in lab

Area poorly lit



7/11/2008



# Practical Laser Safety - Yes!

Eyes well above beam height  
and safety goggles available

laser screens

No jewellery or watch

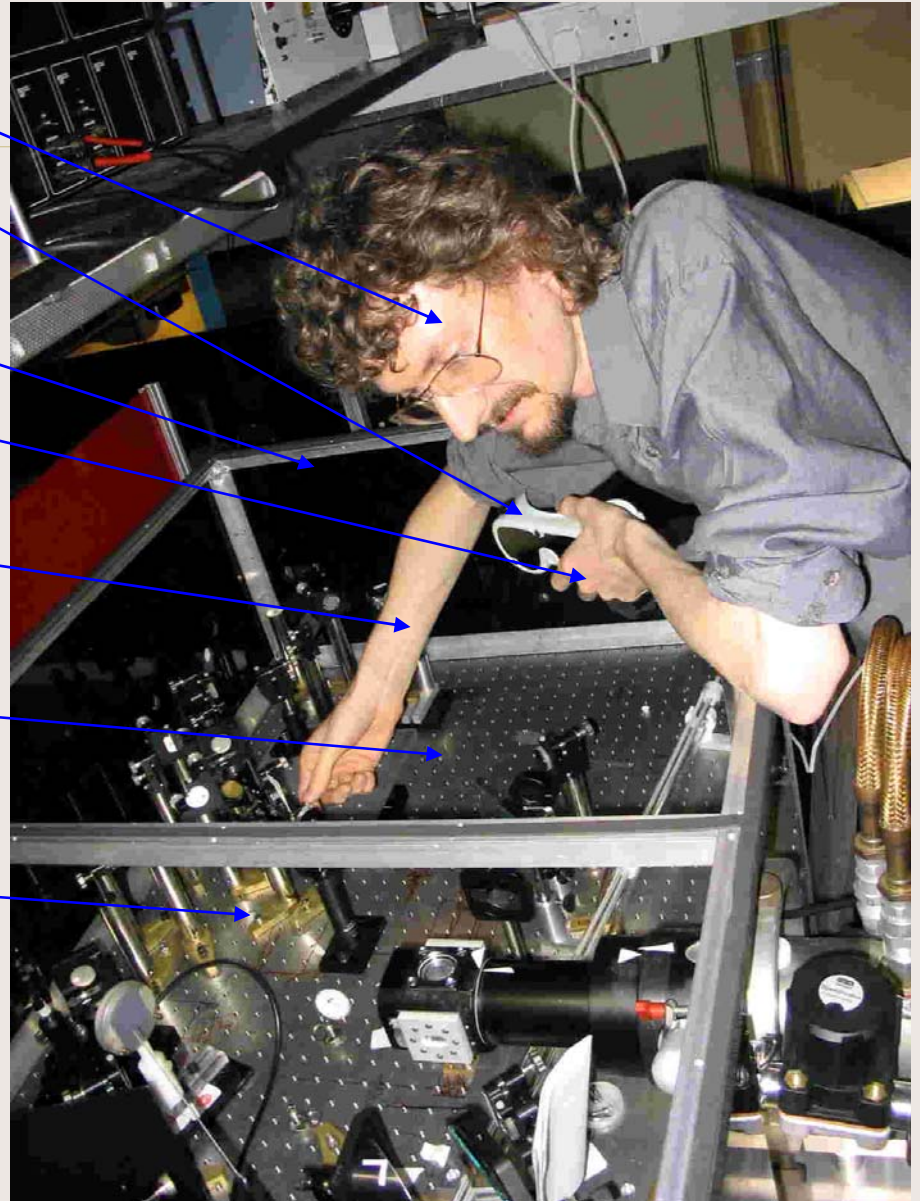
Clear arms

Uncluttered optical set-up  
and no tools on table

Properly secured optics

General area well lit

7/11/2008



## 5 safety 'bench' rules

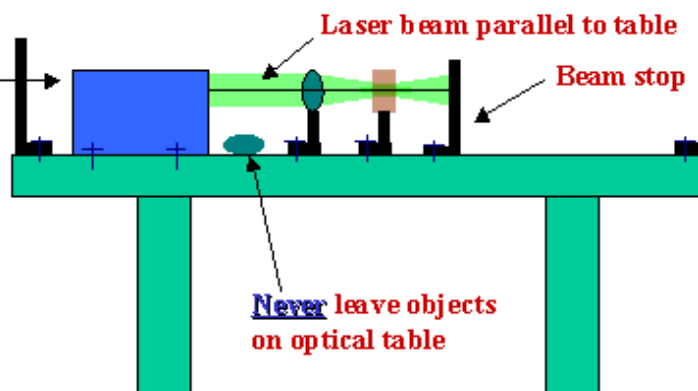
- (1) **Ensure** all optics (lens, mirrors, etc) are securely fastened in the **correct** optical mount
- (2) **Ensure** all optical mounts (posts etc) are securely fastened to the optical table - **not loose**
- **Always** keep laser beams **parallel to table surface** and preferably at **one common height**
- (4) **Always** place beam stops as close as is practical to optics in set-up
- (5) **Never** leave components or tools in optical set up

Note:

All components fastened securely to table - including the laser!

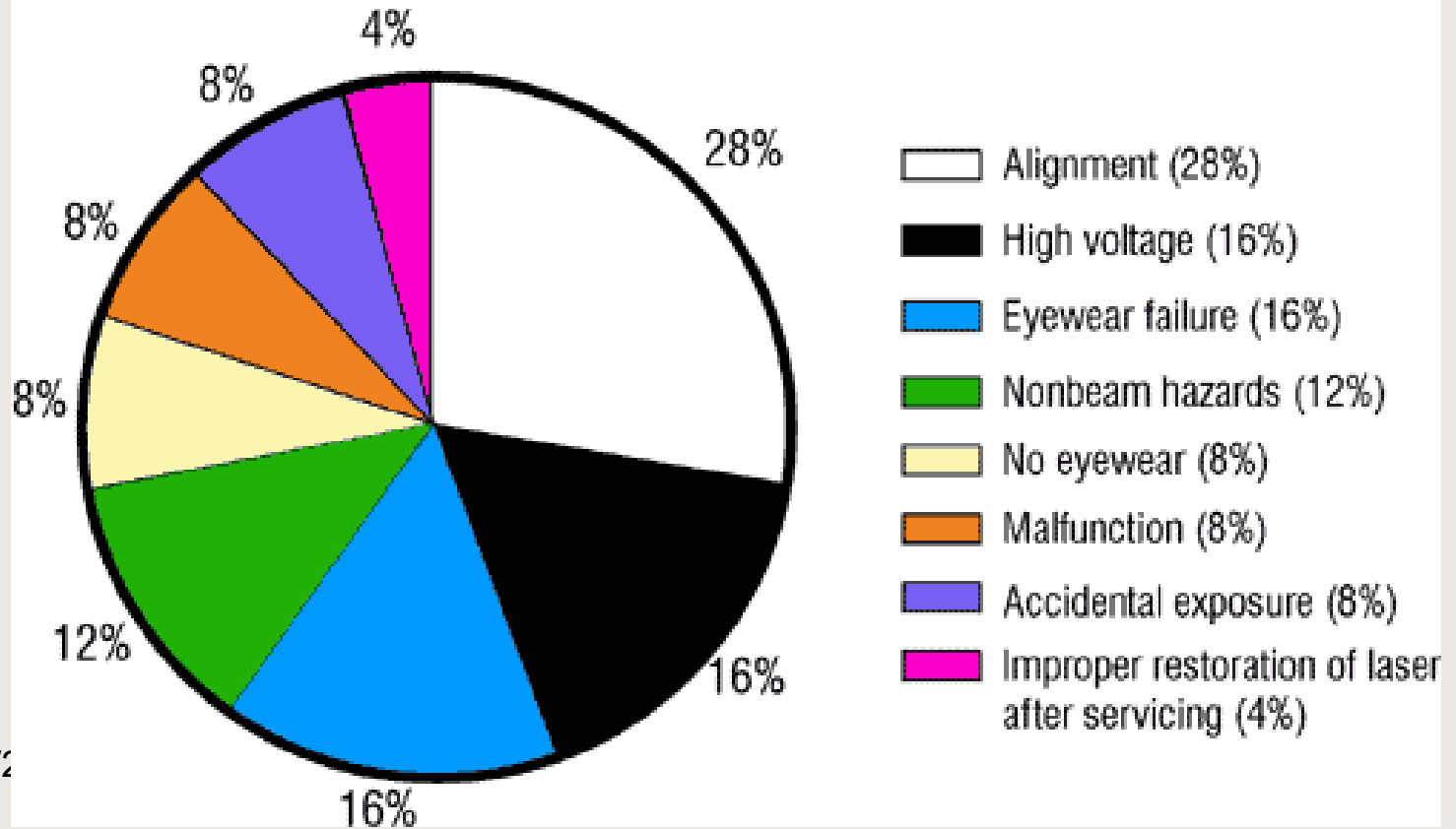
Note:

Beam containment walls around optical table (safety belt!)



❖ 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





**CASE EXAMPLE OF A LASER INJURY** - a laser accident victim's report of his experience (From Matthews L. *Laser and Eye Safety in the Laboratory*. IEEE Press, 1995.)

*The necessity for safety precautions with high-power lasers was forcibly brought home to me last January when I was partially blinded by a reflection from a relatively weak neodymium:YAG laser beam. Retinal damage resulted from a 6 mJ, 10 ns pulse of invisible 1064 nm radiation. I was not wearing protective goggles at the time, although they were available in the laboratory. As any experienced laser researcher knows, goggles not only cause tunnel vision and become fogged, they become very uncomfortable after several hours in the laboratory.*

*When the beam struck my eye I heard a distinct popping sound, caused by a laser-induced explosion at the back of my eyeball. My vision was obscured almost immediately by streams of blood floating in the vitreous humor, and by what appeared to be particulate matter suspended in the vitreous humor. It was like viewing the world through a round fishbowl full of glycerol into which a quart of blood and a handful of black pepper had been partially mixed. There was local pain within a few minutes of the accident, but it did not become excruciating.*

7/11/2008

## **CASE EXAMPLE OF A LASER INJURY (συνέχεια)**

*The most immediate response after such an accident is horror. As a Vietnam War veteran, I have seen several terrible scenes of human carnage, but none affected me more than viewing the world through my bloodfilled eyeball. In the aftermath of the accident I went into shock, as is typical in personal injury accidents.*

*As it turns out, my injury was severe but not nearly as bad as it might have been. I was not looking directly at the prism from which the beam had reflected, so the retinal damage is not in the fovea. The beam struck my retina between the fovea and the optic nerve, missing the optic nerve by about 3 mm. Had the focused beam struck the fovea, I would have sustained a blind spot in the center of my field of vision. Had it struck the optic nerve, I probably would have lost the sight of that eye.*

## CASE EXAMPLE OF A LASER INJURY (συνέχεια)

*The beam did strike so close to the optic nerve, however, that it severed nerve fiber bundles radiating from the optic nerve. This has resulted in a crescent-shaped blind spot many times the size of the lesion. The effect of the large blind area is much like having a finger placed over one's field of vision. Also, I still have numerous floating objects in the field of view on my damaged eye, although the blood streamers have disappeared. These "floaters" are more a daily hindrance than the blind areas, because the brain tries to integrate out the blind area when the undamaged eye is open. There is also recurrent pain in the eye, especially when I have been reading too long or when I get tired. The moral of all this is to be careful and to wear protective goggles when using high-powered lasers. The temporary discomfort is far less than the permanent discomfort of eye damage.*

# ❏ Ασφάλεια από τη δέσμη laser

## Specular Reflection



7/11/2008

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.

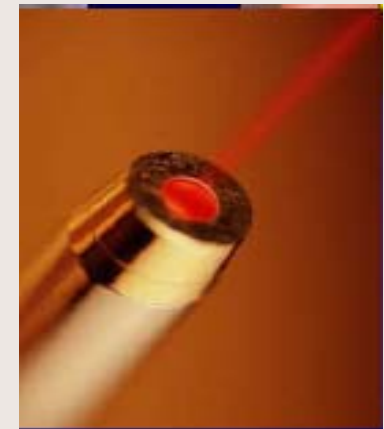
«Όλοι έχουν εγκαύματα στον αμφιβληστροειδή, οι ουλές είναι ορατές. Η απώλεια όρασης σε ορισμένα περιστατικά φτάνει το 80%, αλλά η αποκατάστασή της είναι αδύνατη» δήλωσε στην εφημερίδα Kommersant οφθαλμίατρος που εξέτασε τους ασθενείς.

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.



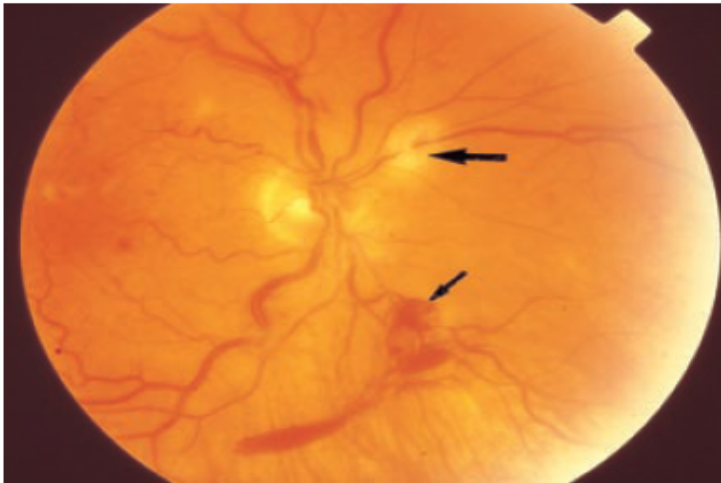




7/11/2008

## ■ Ασφάλεια από τη δέσμη laser

### 6 Retinal injury by laser

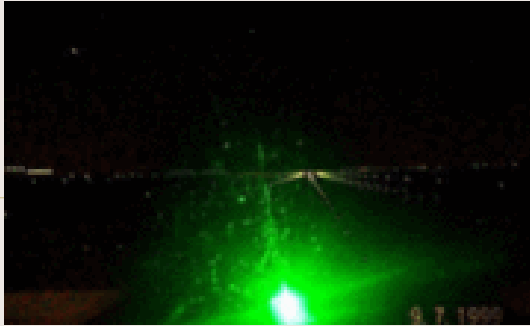


This fundus photograph of a patient's eye shows the effect of a laser on the retina (white retinal oedema) with incipient central retinal vein occlusion (note dilated tortuous veins and scattered small retinal haemorrhages). The superior lesion (large arrow) was caused by high energy argon laser directed 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.

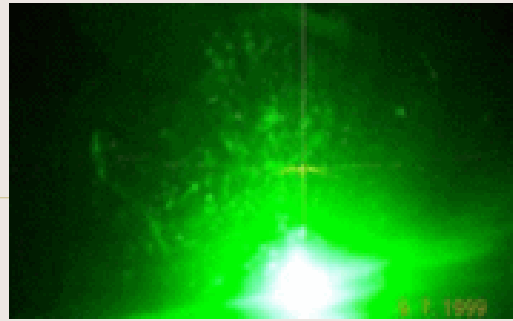
### 5 Sun burn of the eye



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.



FAA flight simulator showing **distraction** where the light does not obscure vision but can distract the pilot. Light intensity  $0.5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ; for example, a legal 5 mW laser pointer at 3,700 feet (1,130 m).

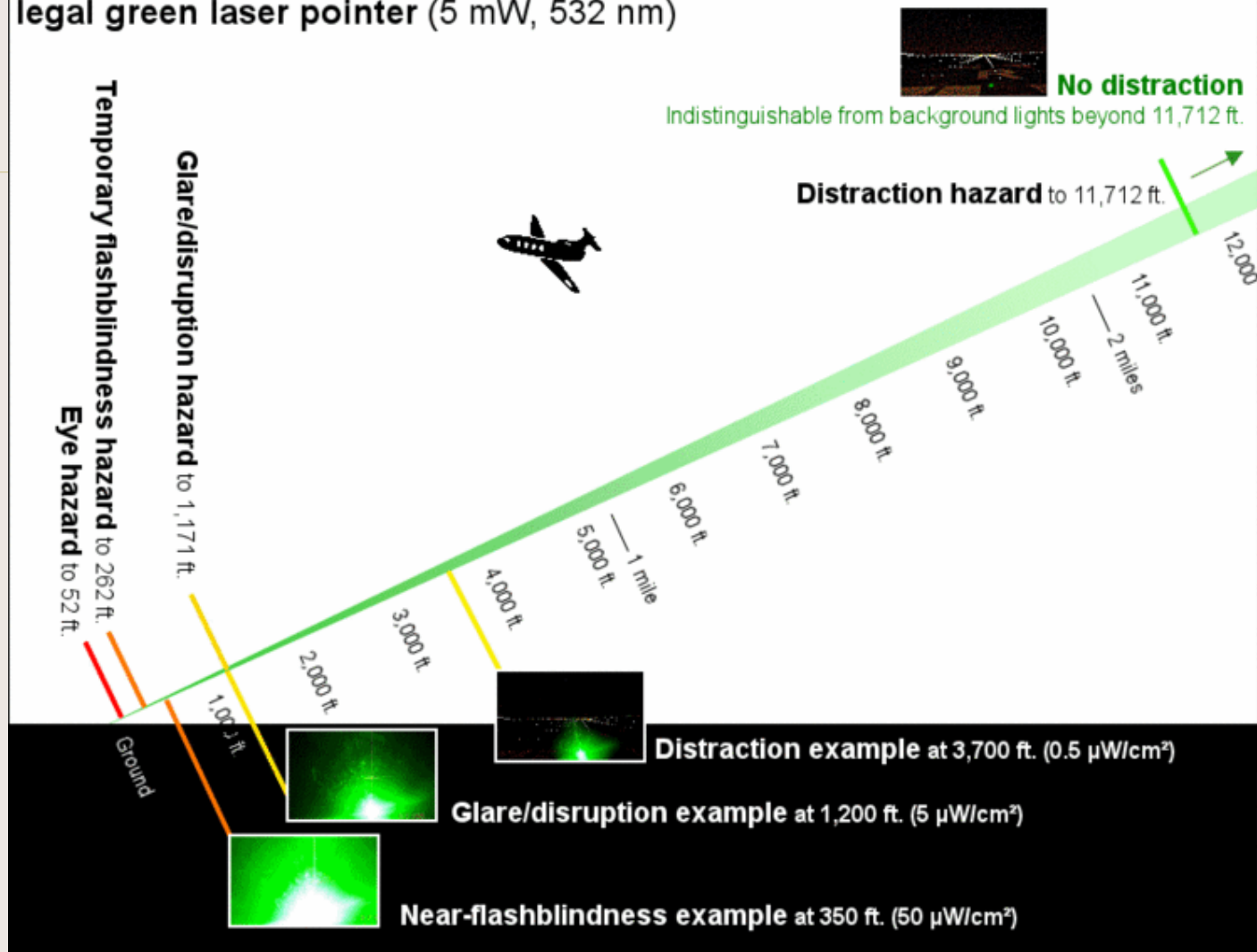


FAA flight simulator showing veiling **glare** where it is hard to see through the light to the background scene. Light level  $5.0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ; for example, a legal 5 mW laser pointer at 1,200 feet (365 m).



Simulation of **temporary flash blindness** where the image takes from a few seconds to a few minutes to fade away, depending on how much light entered the eye. Light level  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ; for example, a legal 5 mW laser pointer at 350 feet (107 m).

# Safety distances for a legal green laser pointer (5 mW, 532 nm)



Graphic illustrating how laser pointer hazards are most serious when the laser is close to the aircraft

7/11/2008



## ■ Ασφάλεια από τη χρήση laser - Ο ρόλος του Φυσικού Νοσοκομείων



- 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, φωτεινά σήματα κ.λ.π.)





## 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, Μπέϊκος Μιχάλης, Ορφανουδάκης Θάνος, 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 (στα web\_μαθήματα στην ιστοσελίδα της Φυσικής).
3. Sliney D, Wolbarsht W. Safety with Lasers and Other Optical Sources. Plenum Press, New York, 1981.
4. Πολλά άρθρα ανασκόπησης, ιστοσελίδες και βιβλία.

