

Εργαστήριο Φυσικής ΤΕΙ Αθήνας

Αρχές Laser

για σπουδαστές του τμήματος Αισθητικής &
Κοσμητολογίας

Εργαστηριακή άσκηση LO:

*Ασφάλεια και προστασία από ακτινοβολία Laser.
Σύγκριση έντασης ακτινοβολίας Laser με
συμβατικές πηγές φωτός*

Αθήνα 2009

Εργαστηριακή άσκηση L0: Ασφάλεια και προστασία από ακτινοβολία Laser. Σύγκριση έντασης ακτινοβολίας Laser με συμβατικές πηγές φωτός

Σκοπός: Σκοπός της άσκησης αυτής είναι η κατανόηση και επίγνωση των κινδύνων που συνδέονται με την ακτινοβολία των Laser και τα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται κατά την λειτουργία και τον χειρισμό τους στο εργαστήριο.

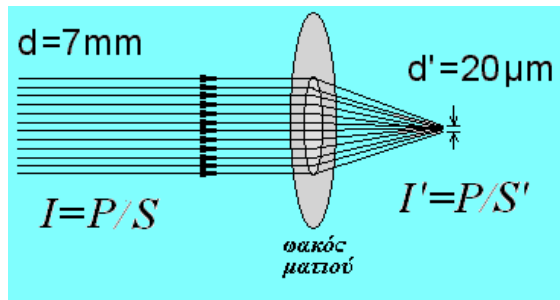
Η εργαστηριακή άσκηση αποτελείται από τρία μέρη, ένα υπολογιστικό, ένα πειραματικό και ένα υπολογιστικό που οδηγεί σε συγκρίσεις και συμπεράσματα.

Μέρος I⁰ : Υπολογιστικό παράδειγμα εφαρμογής

Να επιλυθεί το ακόλουθο παράδειγμα εφαρμογής που σχετίζεται με τους κινδύνους ατυχήματος από την ακτινοβολία δέσμης Laser στο μάτι.

Σε έντονο φως το μάτι αντιδρά αποφεύγοντας τους κινδύνους α) με αποστροφή της κεφαλής, β) με κλείσιμο των βλεφάρων (χρόνος αντίδρασης ~ 0.25 s) και γ) μέσω αυτόματης σύσπασης της κόρης. Έστω ότι φωτίζεται η ίριδα διαμέτρου $d=7 \text{ mm}$ από δέσμη Laser ισχύος $P=1 \text{ mW}$. Το οπτικό σύστημα, ως φακός του ματιού εστιάζει την δέσμη των παράλληλων ακτίνων του Laser σε κηλίδα διαμέτρου $d' = 20 \mu\text{m}$.

Υπολόγισε την ένταση I' στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς και τον λόγο ενίσχυσής της ($k=I'/I$).



Δεδομένες σχέσεις:

Η επιφάνεια της εγκάρσιας διατομής της δέσμης είναι:

$$S = \frac{d^2}{4} \cdot \pi = \dots\dots\dots$$

$$S' = \frac{d'^2}{4} \cdot \pi = \dots\dots\dots$$

Η επιφάνεια της εγκάρσιας διατομής μετά της εστίαση, στην κηλίδα είναι:

Η ένταση φωτός στην δέσμη είναι:

$$I = \frac{P}{S} = \dots\dots\dots$$

Η ένταση φωτός στην κηλίδα είναι:

$$I' = \frac{P}{S'} = \dots\dots\dots$$

Ο λόγος k της έντασης φωτός στην κηλίδα, στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδή χιτώνα, προς την ένταση φωτός της δέσμης είναι:

$$k = \frac{I'}{I} = \dots\dots\dots$$

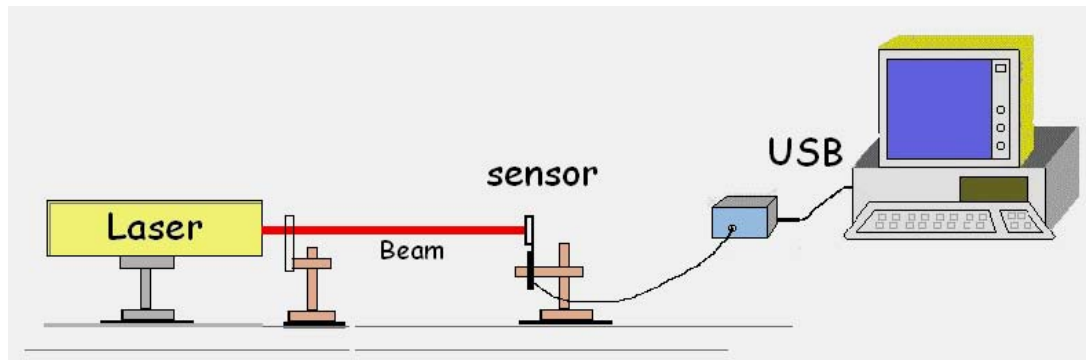
Συμπεράσματα:

Γράψτε τα αποτελέσματα των υπολογισμών και τα συμπεράσματά σας.

Μέρος 2^ο : Πειραματική δραστηριότητα

Μέτρηση έντασης ακτινοβολίας διαφόρων συμβατικών πηγών φωτός και δέσμης ακτίνων Laser

Πειραματική διάταξη: Με τη βοήθεια της πειραματικής διάταξης όπως φαίνεται στο σχήμα, μετράμε την ισχύ της ακτινοβολίας σειράς πηγών φωτός, όπως α) ενός λαμπτήρα πυράκτωσης, β) ενός LED, γ) ενός διοδικού Laser και δ) ενός Laser He-Ne.



Πειραματική διαδικασία

1. Συνδέουμε το σύστημα ανίχνευσης φωτός (Newport power meter) με τη θύρα USB του υπολογιστή και φορτώνουμε το πρόγραμμα μέτρησης «841-P-USB.exe».
2. Τοποθετούμε την πηγή φωτός στην αρχή της οπτικής τράπεζας, σε απόσταση $L=1m$ και φωτίζουμε τον ανιχνευτή στην φωτοευαίσθητη επιφάνειά του.
3. Έχοντας προνοήσει για ίδιες και σταθερές συνθήκες εξωτερικού φωτισμού μετράμε την ισχύ P_0 του φωτισμού στον τόπο του πειράματος, την τιμή της οποίας αφαιρούμε από κάθε τιμή μέτρησης στα επόμενα βήματα.

$$P_0 = \dots\dots\dots$$

4. Μετράμε την ισχύ της δέσμης φωτός σε πέντε διαφορετικές αποστάσεις και μεταφέρουμε την τιμή της στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα τιμών.
5. Αντικαθιστούμε την πηγή φωτός με την επόμενη, επαναλαμβάνοντας τις μετρήσεις και καταχωρούμε τις νέες τιμές στο πίνακα τιμών.
6. Με βάση τις τιμές του πίνακα κατασκευάζουμε σε κοινό γράφημα την γραφική παράσταση $P=(L)$.
7. Ερμηνεύουμε τα αποτελέσματα της γραφικής παράστασης. Ποια συμπεράσματα προκύπτουν;

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΙΣΧΥΟΣ					$P_0 = \dots\dots\dots [.....]$
απόσταση					
Πηγή φωτός	100 cm	80 cm	60 cm	40cm	20 cm
Laser Ne-He					
Laser διόδου					
Λαμπτήρας πυράκτωσης					
LED					

Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας^{*)} (μεσημέρι φθινοπώρου) = 28,3 mW/cm²

*) όπως μετρήθηκε με το Power meter του εργαστηρίου (περιοχή UV και ορατού)

Μέρος 3^ο : Υπολογισμός και σύγκριση αποτελέσματος

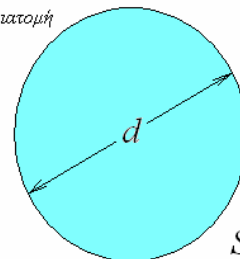
Μετράμε το εύρος της κηλίδας που σχηματίζει η δέσμη του Laser Ne-Ne επάνω στην κάθετη επιφάνεια πετάσματος, σε απόσταση 1 m:

$d_m = \dots\dots\dots \text{ m}$

Υπολογίζουμε το εμβαδόν της επιφάνειας της κηλίδας

$S = \dots\dots\dots$

εγκάρσια διατομή δέσμης



$S = \frac{d^2}{4} \cdot \pi$

και στην συνέχεια, με βάση την τιμή της ισχύος της δέσμης του Laser από το προηγούμενο μέρος, υπολογίζουμε την ένταση της ακτινοβολίας I

$I = \dots\dots\dots$

Απαντάμε στα ακόλουθα:

- α) Συγκρίνουμε την τιμή της έντασης που υπολογίσαμε με την αντίστοιχη τιμή του ηλιακού φωτός που αναφέρεται παραπάνω.
- β) Αποφαινόμαστε για την κατηγορία στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο Laser.
- γ) Μπορεί να προκύψει σύγκριση με πίνακα τιμών για τα όρια επικινδυνότητας;

Όρια ασφαλείας στην χρήση ακτινοβολίας Laser

Έχουν θεσπιστεί όρια ασφαλείας στην χρήση ακτινοβολίας Laser, έτσι ώστε να περιορισθούν στο ελάχιστο δυνατόν επικίνδυνες συνέπειες, τόσο για το προσωπικό όσο και για τους ασθενείς που εκτίθενται σ' αυτήν. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται κατευθυντήριες τιμές ασφαλείας που βασίζονται στην μέγιστη επιτρεπτή ενέργεια δέσμης και στον χρόνο έκθεσης για διάφορα μήκη κύματος, όσον αφορά την έκθεση σ' αυτήν του οφθαλμού και το δέρματος.

Οριακές τιμές για χρόνους έκθεσης και ενέργειες κατά την εφαρμογή ακτινοβολίας Laser σε οφθαλμούς και επιδερμίδα			
Όργανο	Μήκος κύματος λ (nm)	Χρόνος έκθεσης (s)	Ενέργεια (J/cm ²)
Οφθαλμός	200 - 302	$10^{-2} - 3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{-3}$
	305	$10^{-2} - 3 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{-2}$
	310	$10^{-2} - 3 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{-1}$
	315 - 400	$10^{-2} - 10^3$	1
	400 - 700	$10^{-9} - 1.8 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-7}$
	700 - 1059	$10^{-9} - 1.8 \cdot 10^{-5}$	$1.8 \cdot 10^{-3}$
	1060 - 1400	$10^{-9} - 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Επιδερμίδα	1400 - 10^6	$10^{-9} - 10^{-7}$	10^{-2}
	200 - 400	$10^{-3} - 3 \cdot 10^4$	$10^{-1} - 10^{-3}$
	400 - 1400	$10^{-9} - 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-2}$
	1400 - 10^6	$10^{-9} - 3 \cdot 10^4$	10^{-2}

Πίνακας 1: Όρια ασφαλείας από τη χρήση ακτινοβολίας Laser

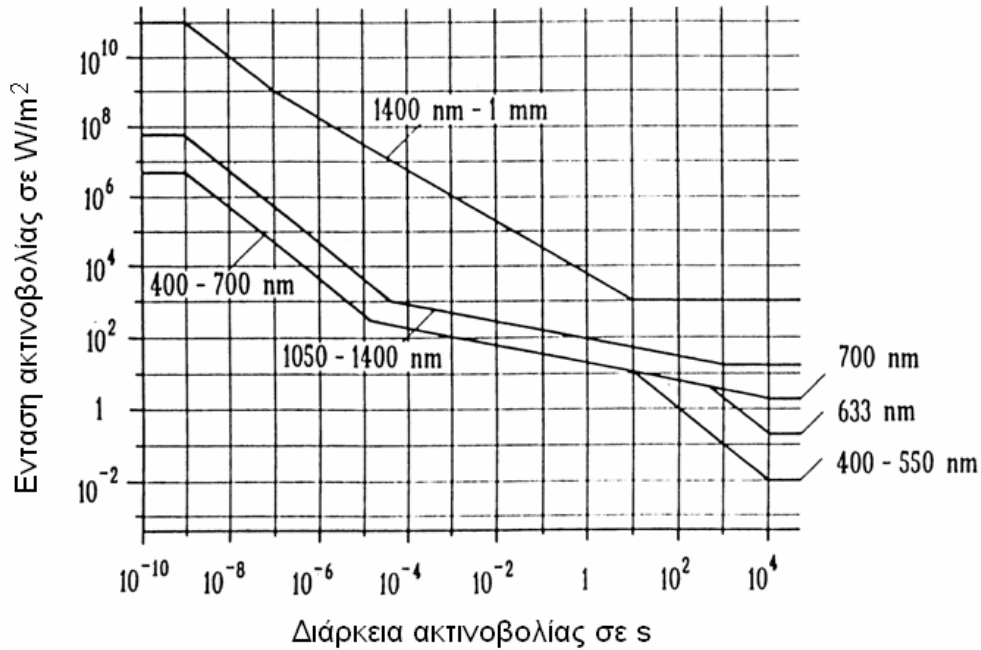
Πιο συγκεκριμένα για τον οφθαλμό, σαν το πιο ευαίσθητο στο φως όργανο του σώματος, έχουν ορισθεί από την ANSI Z-136.1 (1986) ακριβή όρια ασφαλείας. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παριστάνεται το κατώφλι ενέργειας για **βλάβη του αμφιβληστροειδούς χιτώνα** από φως που εισέρχεται στον οφθαλμό σε σχέση με τον χρόνο έκθεσης αυτού στην ακτινοβολία. Η επάνω καμπύλη δείχνει το όριο ασφαλείας για έκθεση ακτινοβολίας Laser στην περιοχή του υπέρυθρου, η μεσαία από 1050 nm - 1400 nm (κοντινό υπέρυθρο), ενώ η κάτω καμπύλη το όριο για φως στην περιοχή του ορατού (400 - 700 nm).

Αντίστοιχες τιμές μέγιστης επιτρεπτής ακτινοβολίας έχουν ορισθεί και για το δέρμα στην υπεριώδη περιοχή, όπως φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.

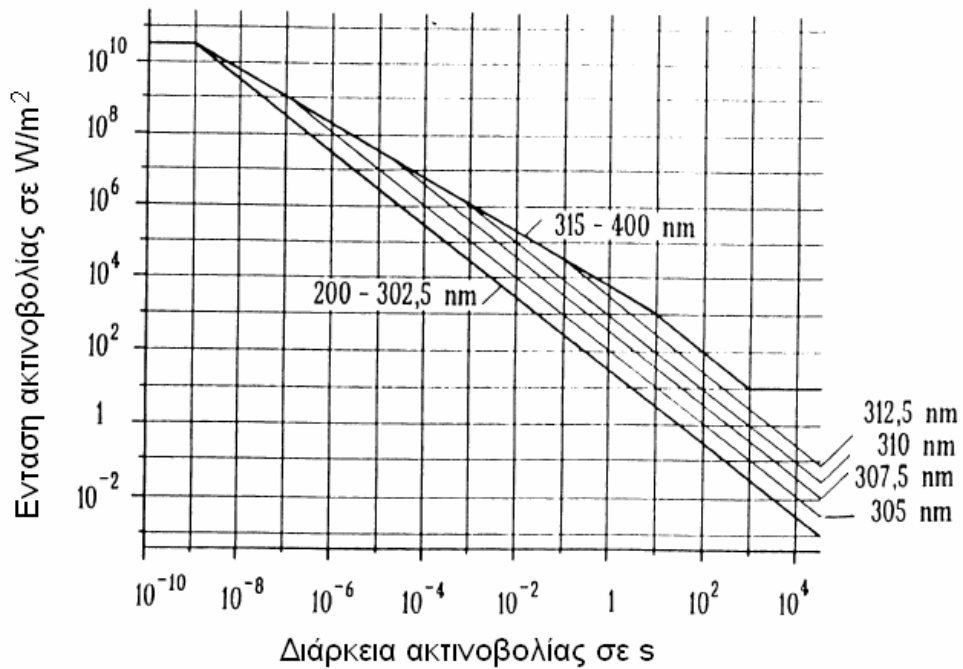
Είναι σημαντικό να εξοικειωθεί κανείς με την χρήση τέτοιων διαγραμμάτων. Σημειώνεται ότι οι δύο κλίμακες (και οι υποδιαιρέσεις τους) στους κάθετους άξονες είναι δυνάμεις του δέκα. Επίσης στον οριζόντιο άξονα ο χρόνος έκθεσης στην ακτινοβολία διατρέχει μια τεράστια περιοχή, από πολύ μικρές τιμές (10^{-10} s) που αναφέρονται σε έκθεση παλμικής ακτινοβολίας Laser, έως μεγάλες τιμές (10^4 s) που

σχετίζονται με συνεχή ακτινοβολία. Ας θεωρήσει κανείς ως βάση για την σύγκριση (3^ο μέρος της άσκησης) τον χρόνο έκθεσης του 1 s.

Μέγιστες επιτρεπτές τιμές για το μάτι στην ορατή και υπέρυθη περιοχή

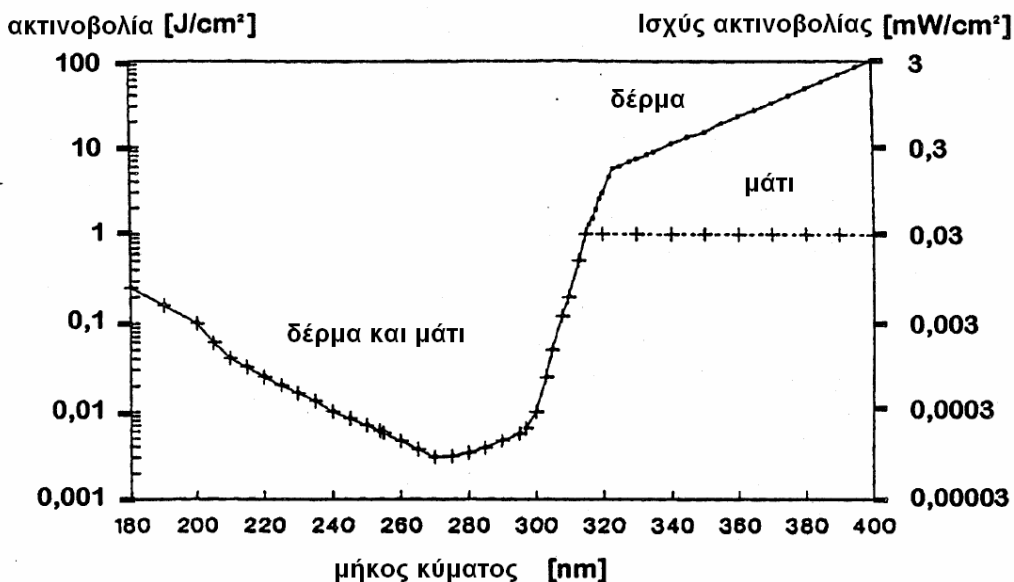


Μέγιστες επιτρεπτές τιμές για το **δέρμα** στην **υπεριώδη (UV)** περιοχή

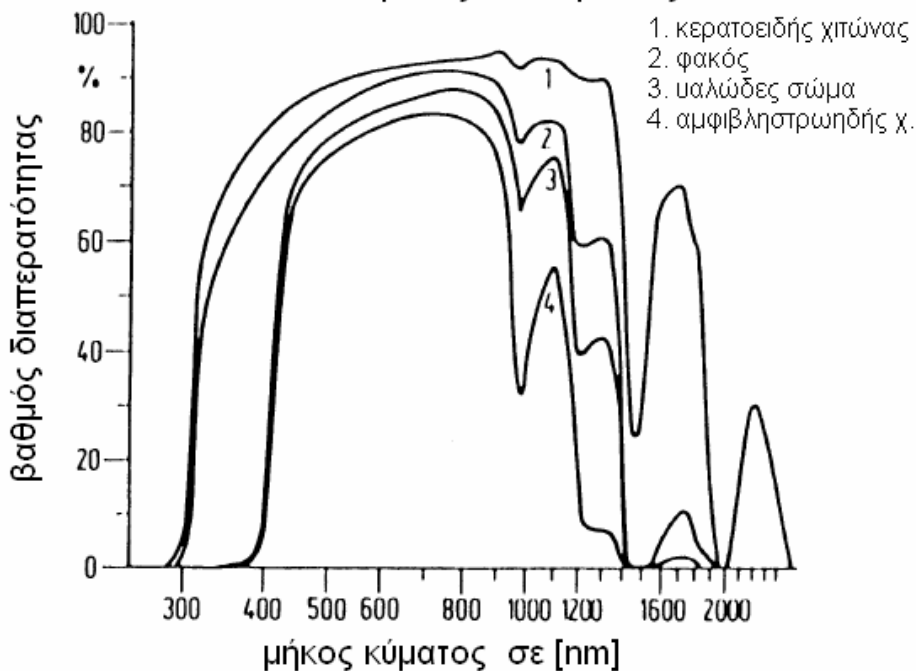


Στο παρακάτω διάγραμμα, όπου οι κλίμακες στον κατακόρυφο άξονα είναι λογαριθμικές, οι δύο καμπύλες-όριο μέγιστης επιτρεπτής ακτινοβολίας φωτός, είτε από Laser, είτε από άλλη φωτεινή πηγή, για μήκη κύματος κάτω των περίπου 310 nm συμπίπτουν, λόγω της μη διαπερατότητας της ακτινοβολίας UV από το μάτι, όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.

Μέγιστη επιτρεπτή ακτινοβολία στο υπεριώδες (UV)



Διαπερατότητα ματιού συναρτήσει του μήκους κύματος ακτινοβολίας



Πηγές διαγραμμάτων: Dr. Hans-Jochen Forth, Department of Physics, University of Kaiserslautern, Germany

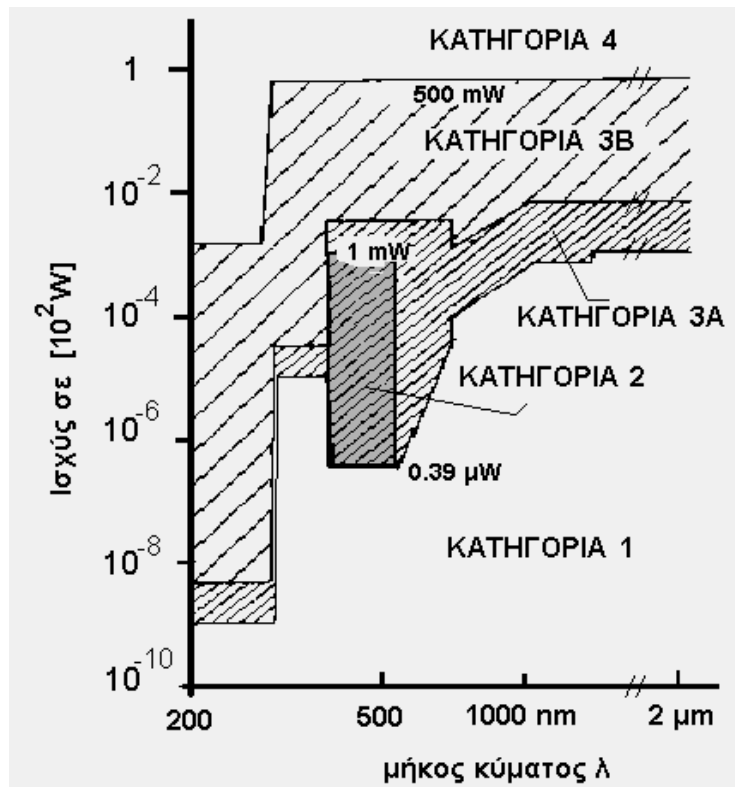
Ομαδοποίηση συσκευών Laser ως προς την επικινδυνότητά τους

Ανάλογα με την ισχύ του Laser έχουν οριστεί ζώνες κίνδυνου και κατηγορίες επικινδυνότητας που προκύπτουν από την χρήση ή λειτουργία τους στον χώρο εργασίας.

Τα περισσότερα Laser που χρησιμοποιούνται στην αισθητική και στη φυσικοθεραπεία, τα λεγόμενα μαλακά (soft Laser), λόγω των χαμηλών εντάσεων ακτινοβολίας, δεν θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα, ούτε για τον ασθενή, αλλά και ούτε για τον χρήστη, εφ' όσον βεβαίως έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφάλειας και υπάρχει κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, που τα χειρίζεται. Τελευταία έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται κατηγορίες ισχυρών Laser στον χώρο της Αισθητικής και Δερματολογίας για τα οποία απαιτούνται ιδιαίτερα προσεκτικοί χειρισμοί και λήψη και τήρηση μέτρων ασφαλείας με σχολαστικό τρόπο.

Ο μεγαλύτερος κίνδυνος ατυχήματος προέρχεται όταν η δέσμη του Laser εισχωρήσει στο μάτι απευθείας ή έμμεσα μετά από ανάκλαση και βέβαια πολύ περισσότερο από μη ορατή υπέρυθρη και υπεριώδη δέσμη. Τότε μπορεί να προκληθούν από σοβαρές επιπλοκές μέχρι και τύφλωση. Επίσης η αλόγιστη έκθεση σημείων του σώματος στην ακτινοβολία μπορεί να αποδειχθεί αρκετά επικίνδυνη.

Σχήμα.: Κατηγορίες συστημάτων Laser, βάσει της ισχύος και του μήκους κύματος φωτός που ακτινοβολούν



Γι' αυτόν τον λόγο, όταν χρησιμοποιούνται τα Laser Θεραπευτικά, θα πρέπει όλοι οι διαφορετικοί παράμετροι δηλ. η ένταση ακτινοβολίας, το μήκος κύματος, η διάρκεια έκθεσης, τα σημεία ή περιοχή εφαρμογής, ο τρόπος ακτινοβολήσης (συνεχώς, διακοπτόμενα ή παλμικά), η, συχνότητα επέμβασης κλπ., που επιδρούν κατά την θεραπεία να είναι γνωστοί και να λαμβάνονται υπ' όψη, τόσο μεμονωμένα, όσο και συνδυαστικά.

Στα ιατρικά Laser που είναι μεγαλύτερης και μεγάλης ισχύος τηρούνται αυστηρότερα μέτρα ασφάλειας, για την εφαρμογή ακόμη και τον χειρισμό, των οποίων ευθύνη έχουν ειδικά εξουσιοδοτημένα πρόσωπα.

Γενικότερα ανάλογα με το μήκος κύματος και την ισχύ της ακτινοβολίας έχει γίνει μια ταξινόμηση των Laser σε τέσσερις κατηγορίες με βάση την επικινδυνότητά τους (βλέπε σχήμα). Οι χειριστές των Laser μεγάλης ισχύος (κατηγορία III και VI) λαμβάνουν αυστηρά μέτρα προστασίας για τον έλεγχο της δέσμης. Η χρήση ειδικών γυαλιών για κάθε Laser, που απορροφούν την εκπεμπόμενη ακτινοβολία, είναι υποχρεωτική, καθώς επίσης η επιμελής σήμανση του χώρου λειτουργίας τους.

