



DANGER
Laser
hazard



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

היחידה לבטיחות

בטיחות בעבודה עם

לייזר

מרצה: נאסר שקור - ממונה בטיחות לייזרים



DANGER
Laser
hazard

תוצאות גדולות



טעות קטנה

יידע



Green Laser Pointer
(5 mW, 532 nm)

נזק ברשתית

(טבעת כהה במרכז הבבואה)

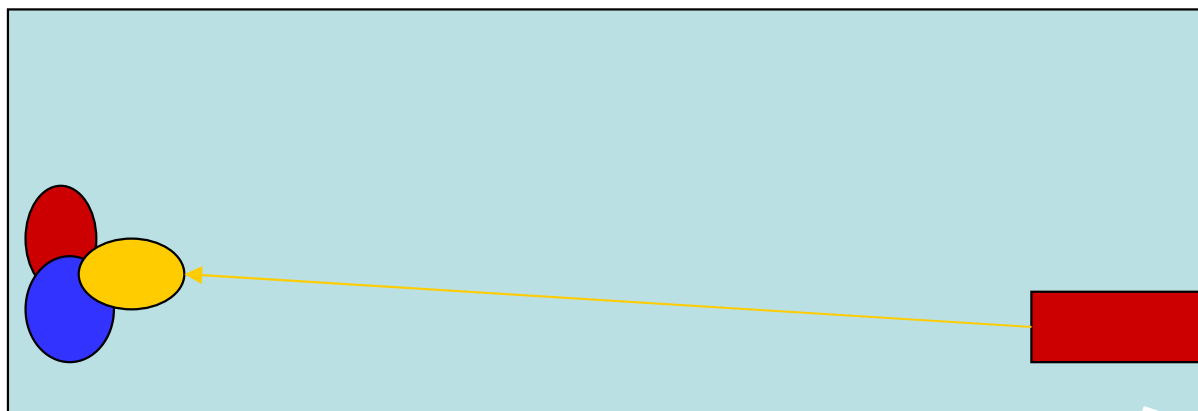
Retinal damage: (darkened ring
in fovea center)



DANGER
Laser
hazard

טעות קטנה ← תוצאות גדולות

התנהגות

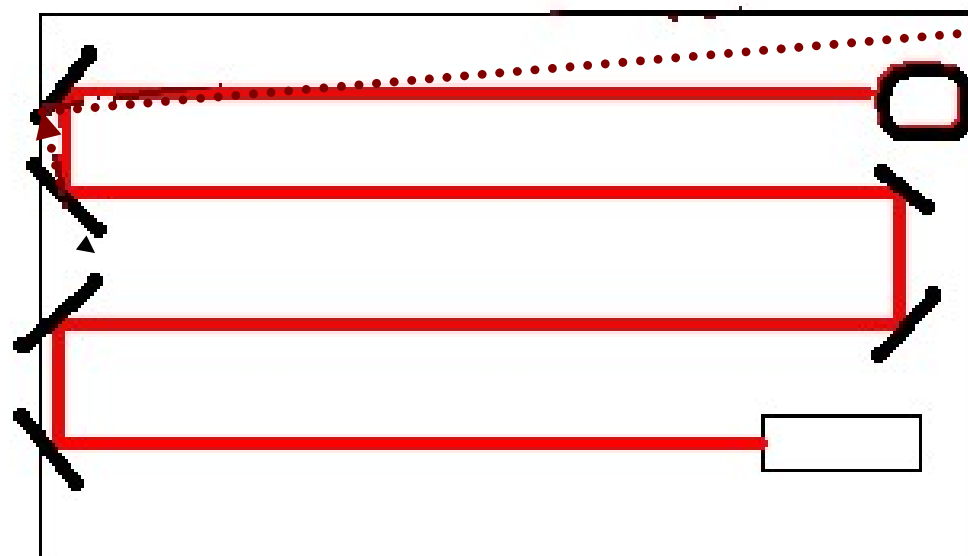




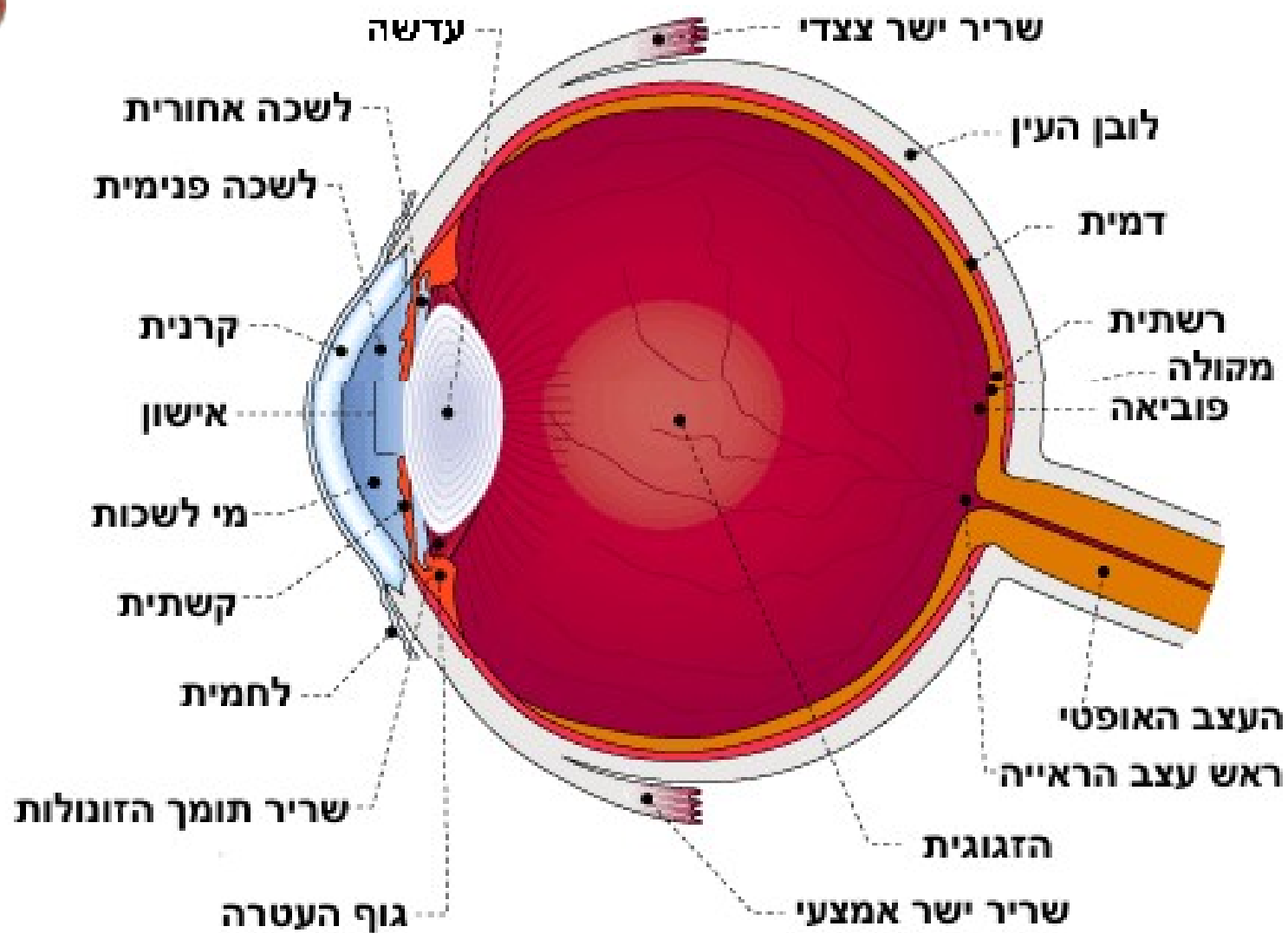
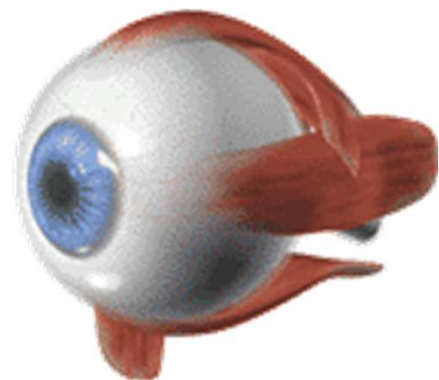
DANGER
Laser
hazard

טעות קטנה ← תוצאות גדולות

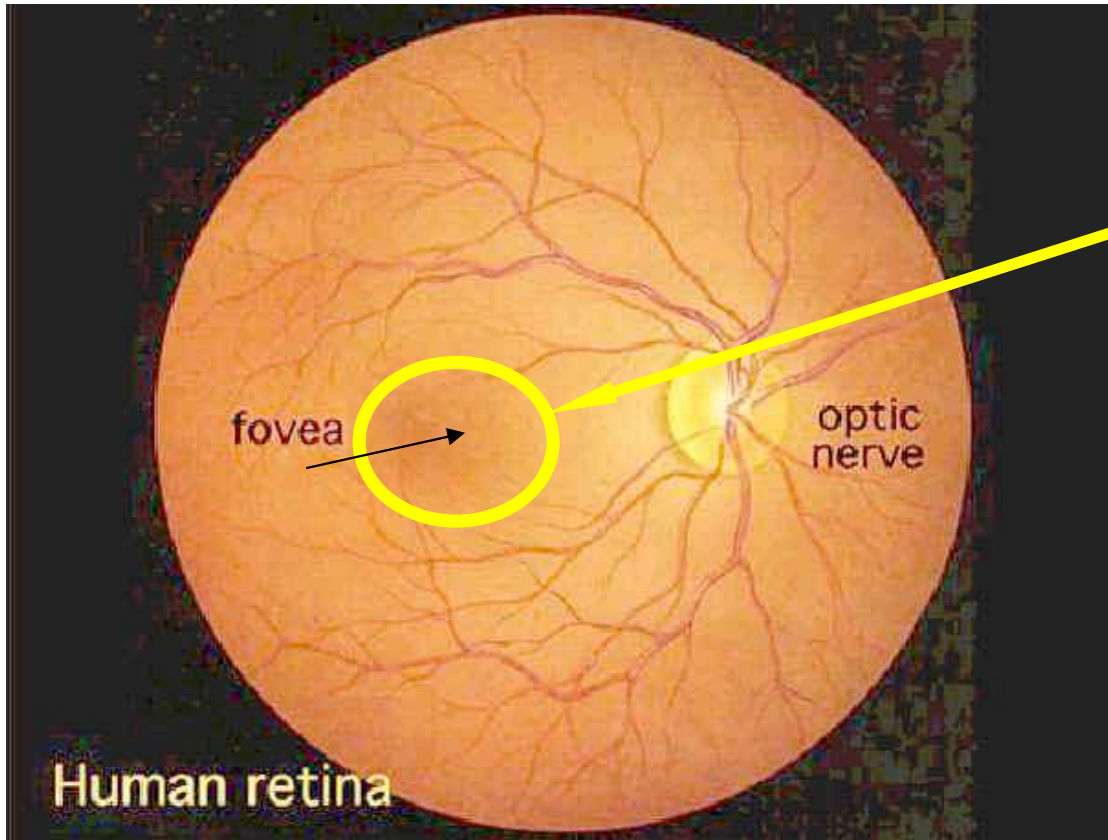
סביבה



מבנה העין



מבנה העין

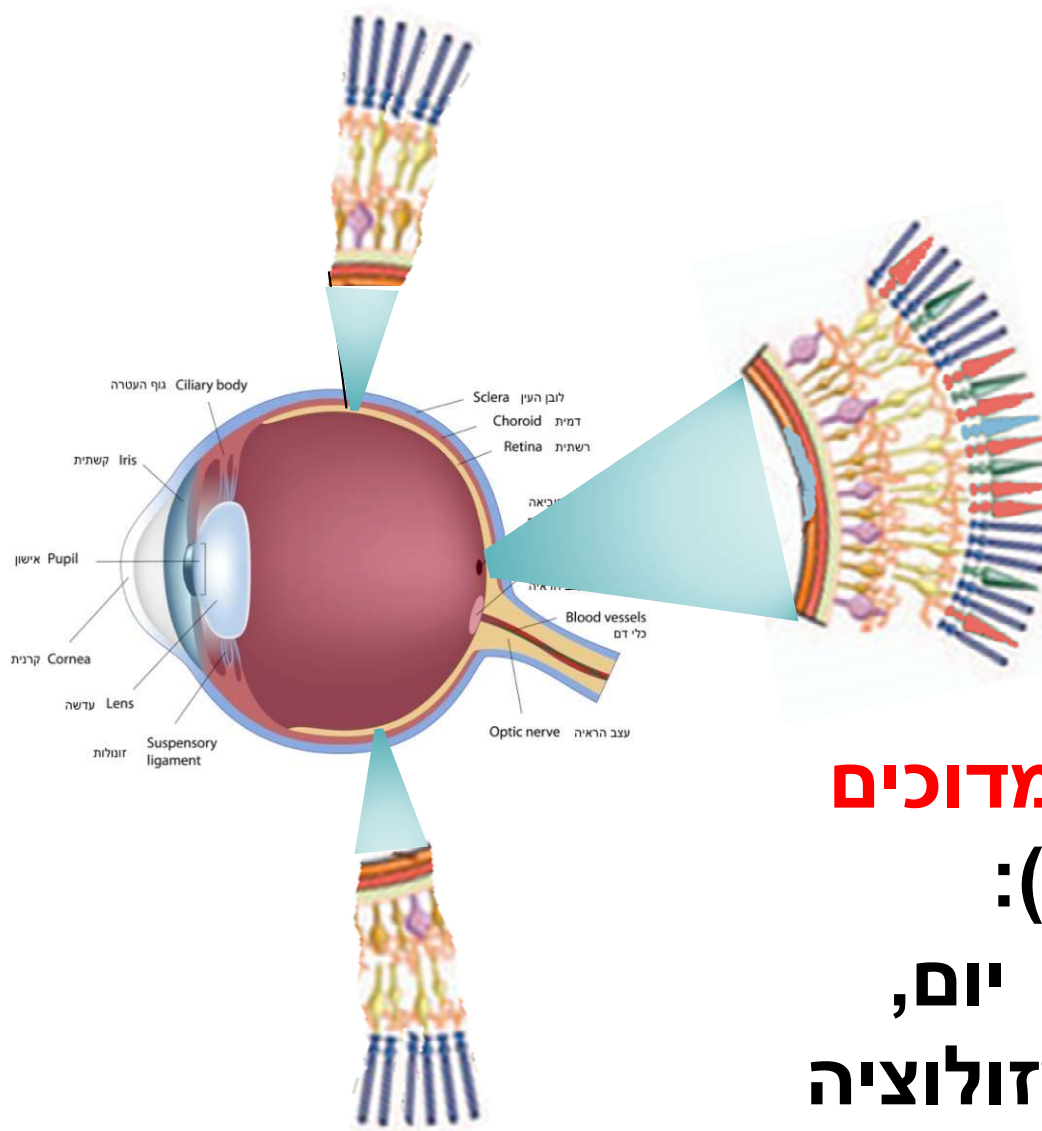
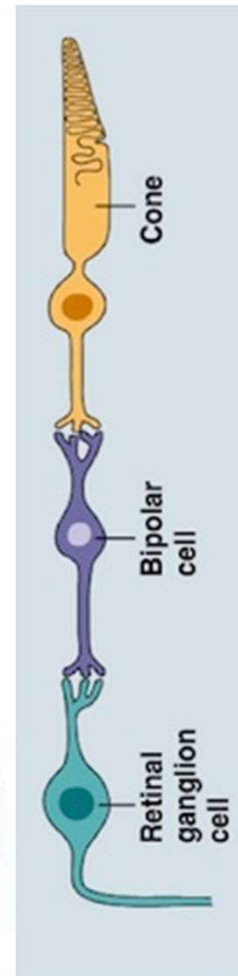
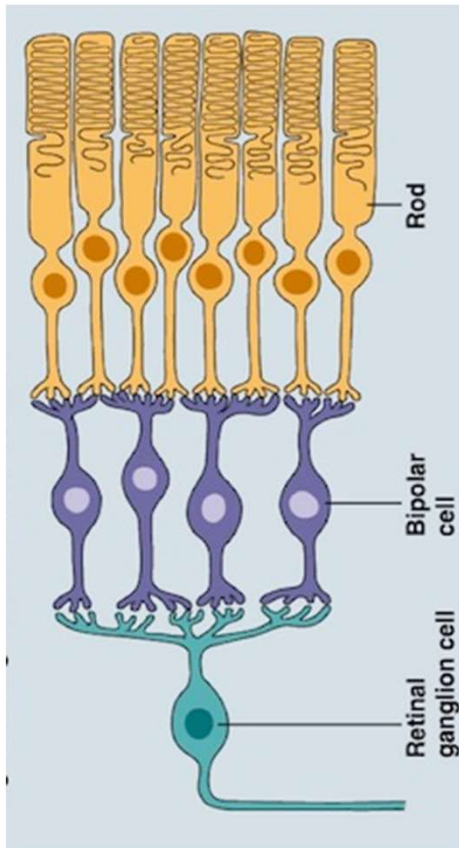


הרשתית

- **הכתם הצהוב Macula**
- **מרכז הראייה**, יכולת ההבחנה בצבעים.

- **במרכזו Fovea**
- קוטרה 0.3 מ"מ נוצרת דמות בעל כושר הפרדה גבוה.

מבנה הרשתית



Rods קנים :
 ראייה פריפרית,
 בתאורה גרועה
 (לילה) 100M

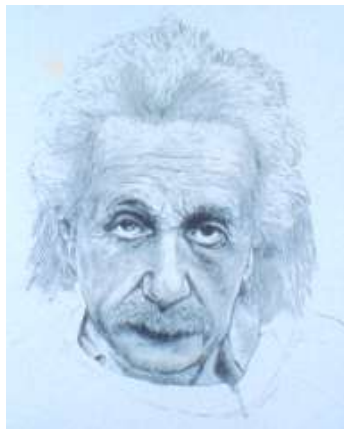
Cones מדוכים
 (חרוטים):
 • לראיית יום,
צבעים ורזולוציה
 6.4 M Cones

מבנה הליוזר

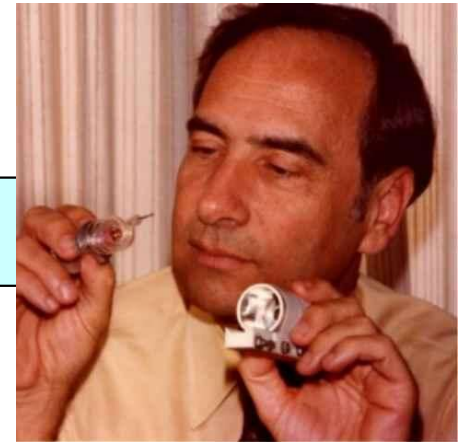
משמעות המילה לייזר

L	Light	2 אור
A	Amplification	1 הגברה
S	by Stimulated	4 מאולצת
E	Emission	3 פליטה
R	of Radiation	5 קרינה

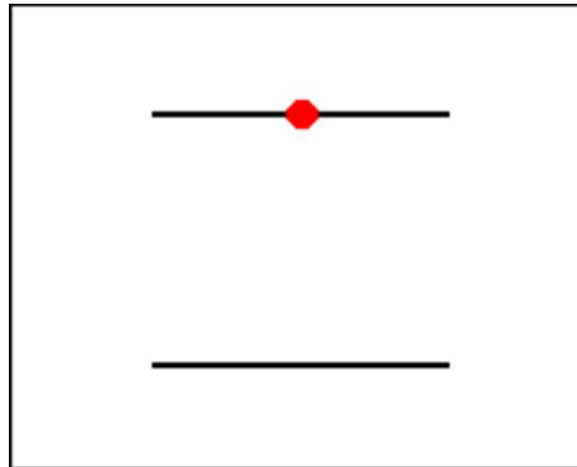
איינשטיין
1917



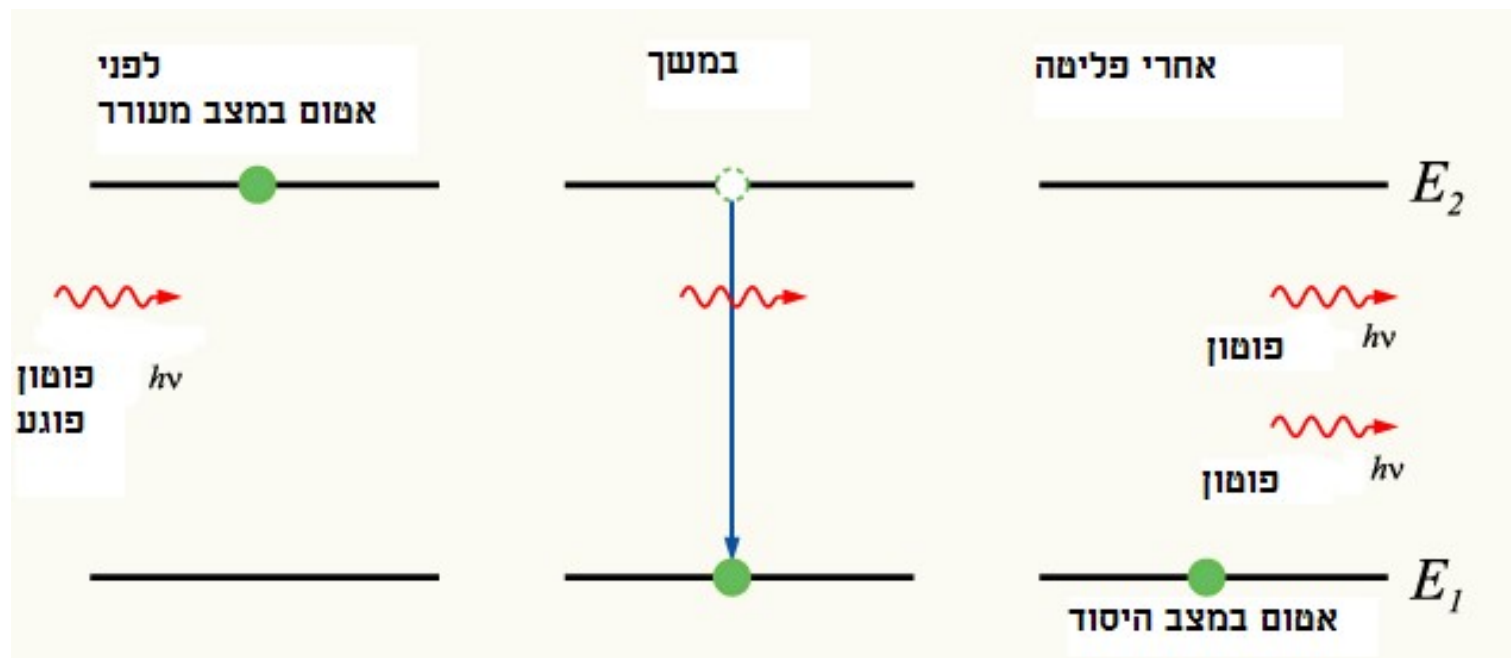
Maiman 1960



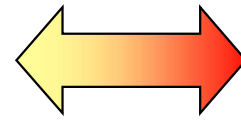
פליטה מאולצת



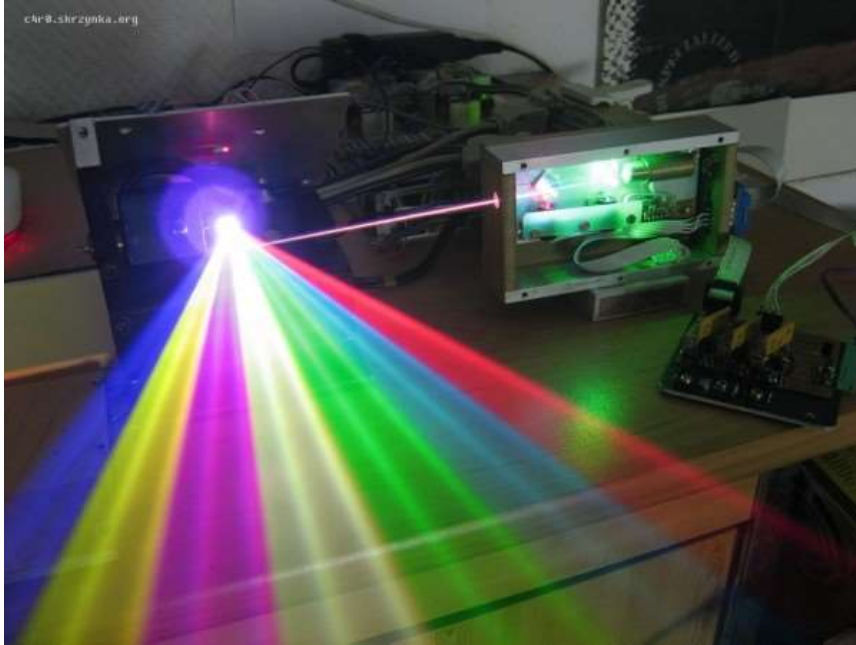
$$h\nu = E_1 - E_0$$



אור רגיל (נורה)



לייזר

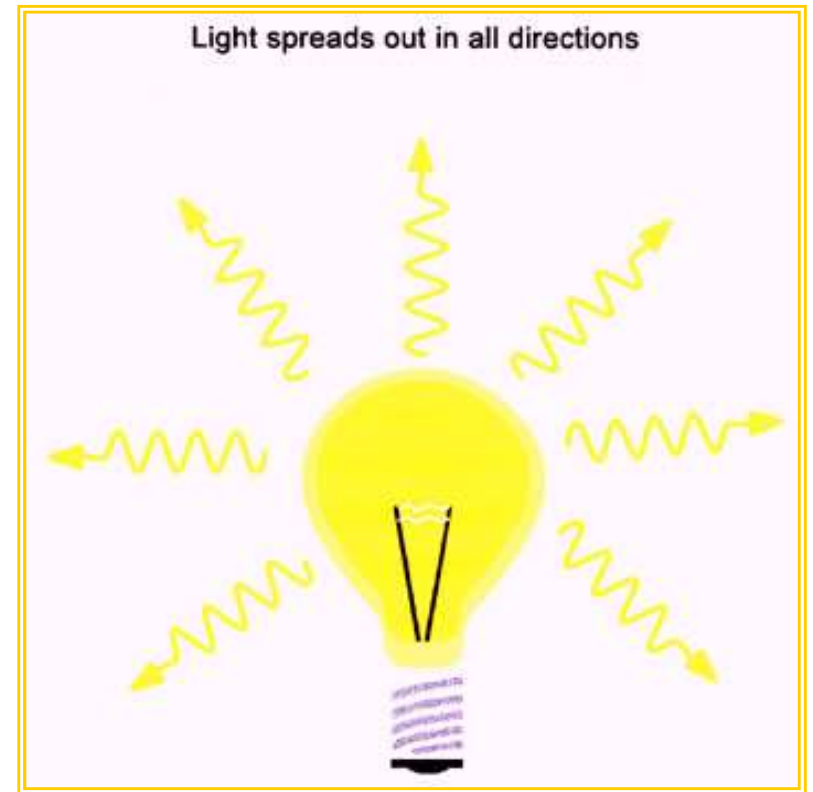


1. הרבה אורכי גל

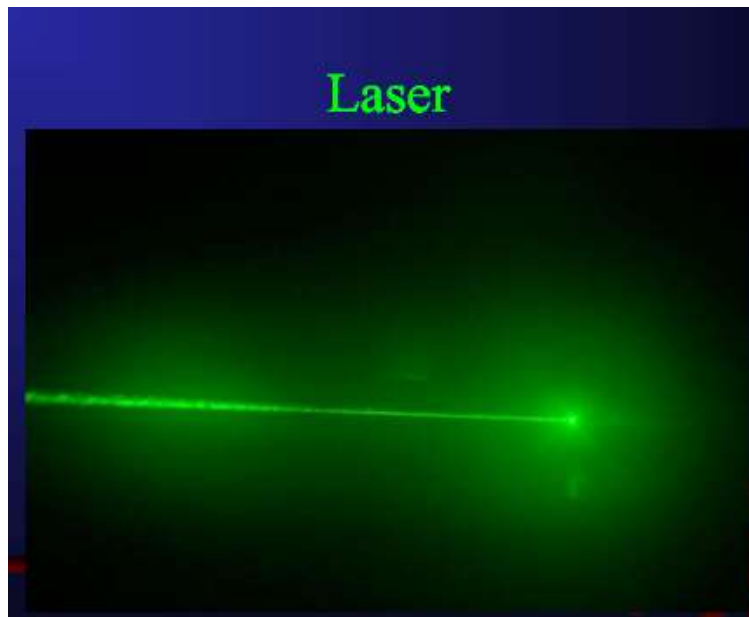


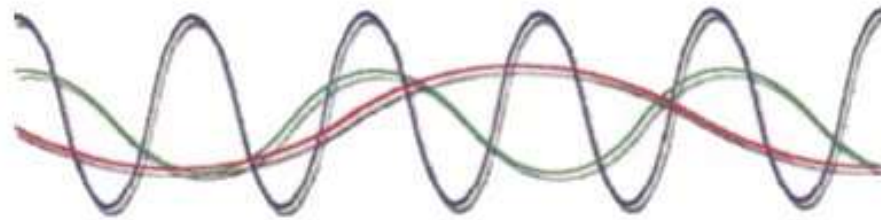
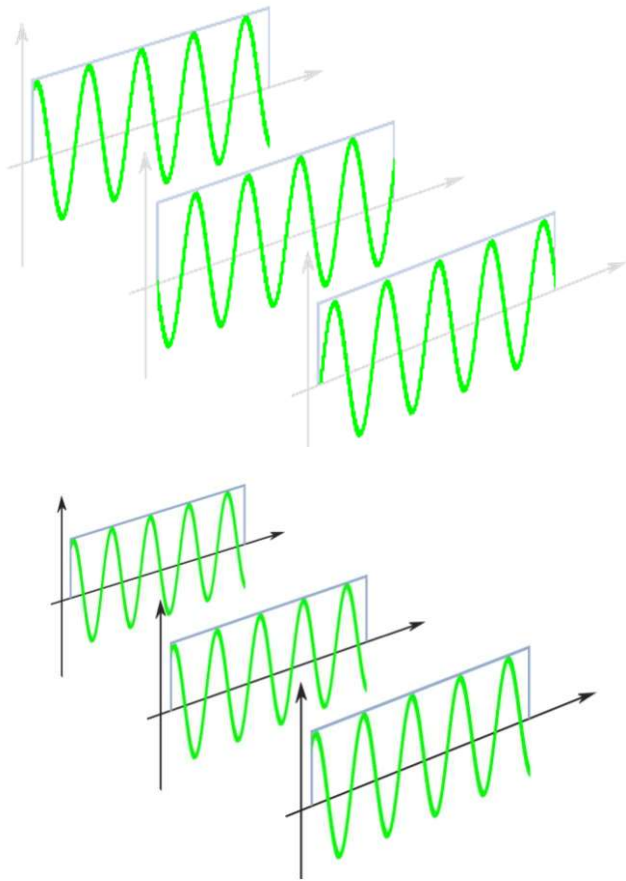
1. מונוכרומטי

רב כיווני



כיווני





Sunlight (many different colors)



LED: one color (monochromatic) and waves not in phase (non-coherent)

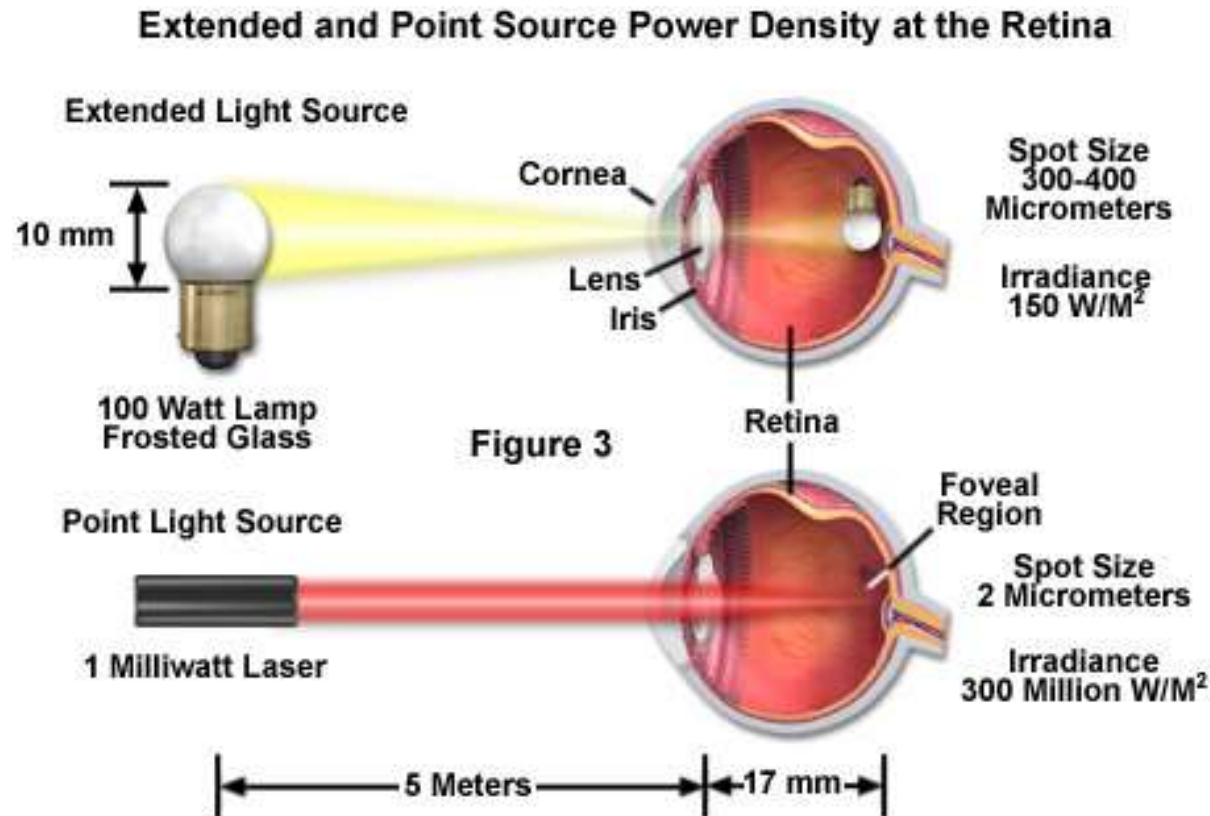


LASER: One color (monochromatic) and waves in phase (coherent)

לא קוהרנטי

• קוהרנטי

איך הכיוונוניות משפיעה על העיניים?



**נזק
לרשתית**

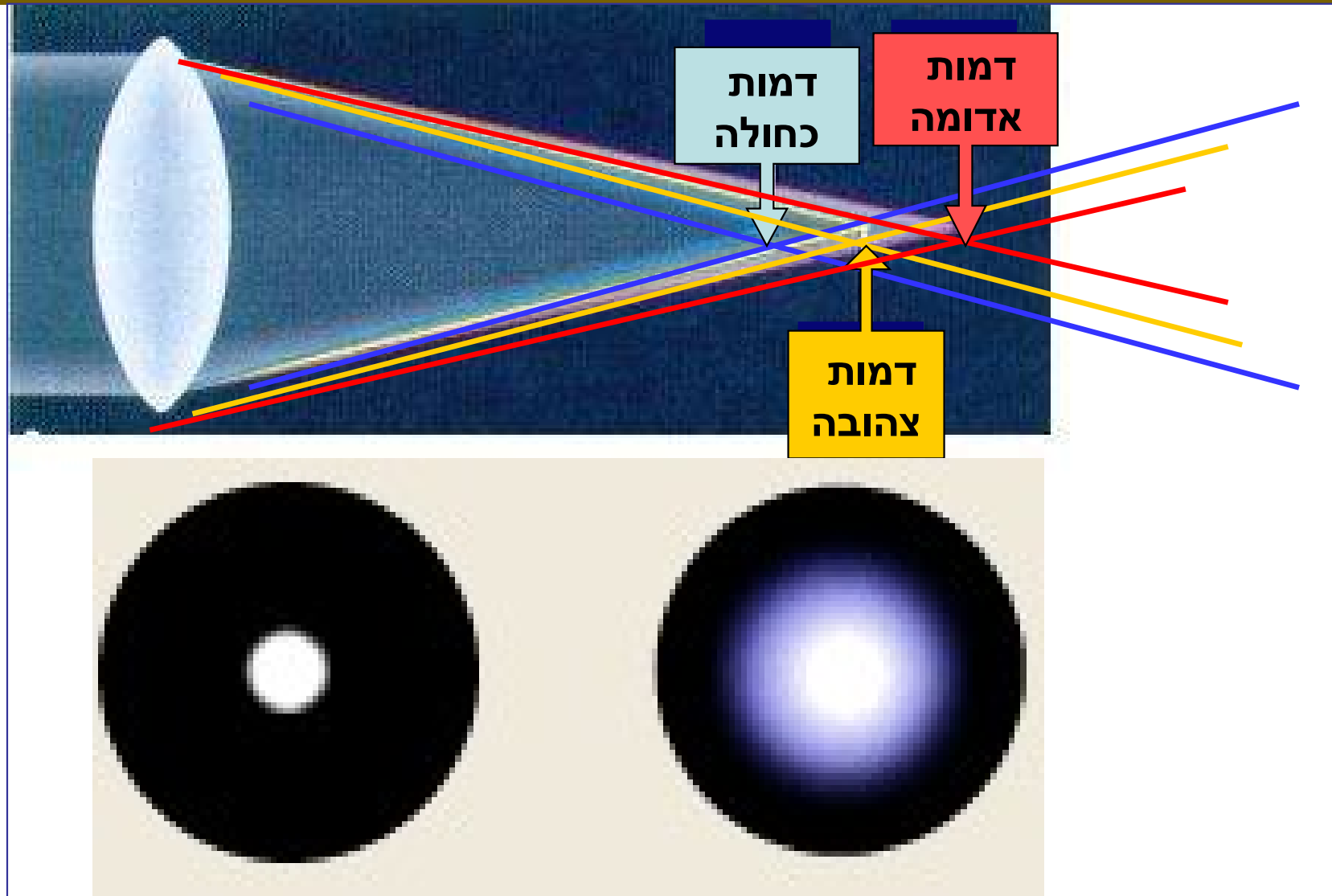
$$E_{ret}/E_{cor} = A_{cor}/A_{ret}$$

$$= 38.5 / 78.5 \times 10^{-6} \text{ mm}^2$$

$$\sim 5 \times 10^5$$

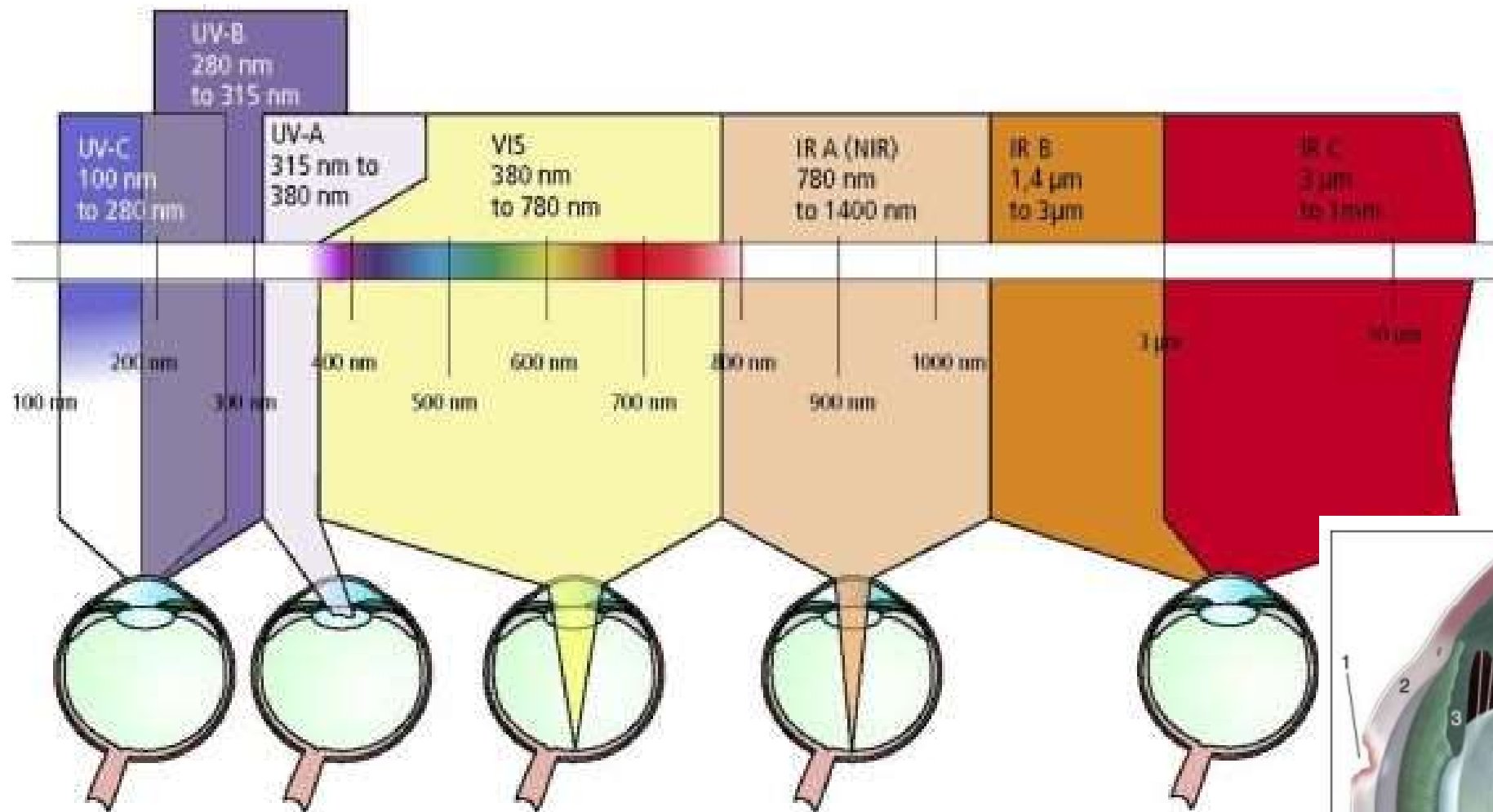
צפיפות ההספק על הרשתית

מיקוד האור - השפעת הרב גווניות

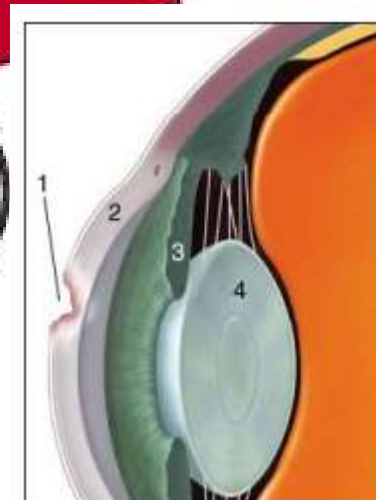


Chromatic Aberation : 2 Diopters

איך אורכי הגל משפיעים על העיניים שלנו?



The above table shows the depth of penetration of electro-magnetic radiation in the human eye.



תחיקה

ותקינה

–

בבטיחות בלייזרים

ערכי סף לנזקים ביולוגיים

- קביעת סף ביניים ED_{50} (Exposure Damage) :
מציין את רמת החשיפה שעלולה לגרום נזק מינימלי, שניתן להבחין בו, ב 50% מכלל האוכלוסיה שנחשפה לרמה זו.

- קביעת סף החשיפה המותר MPE
(Maximum Permissible Exposure

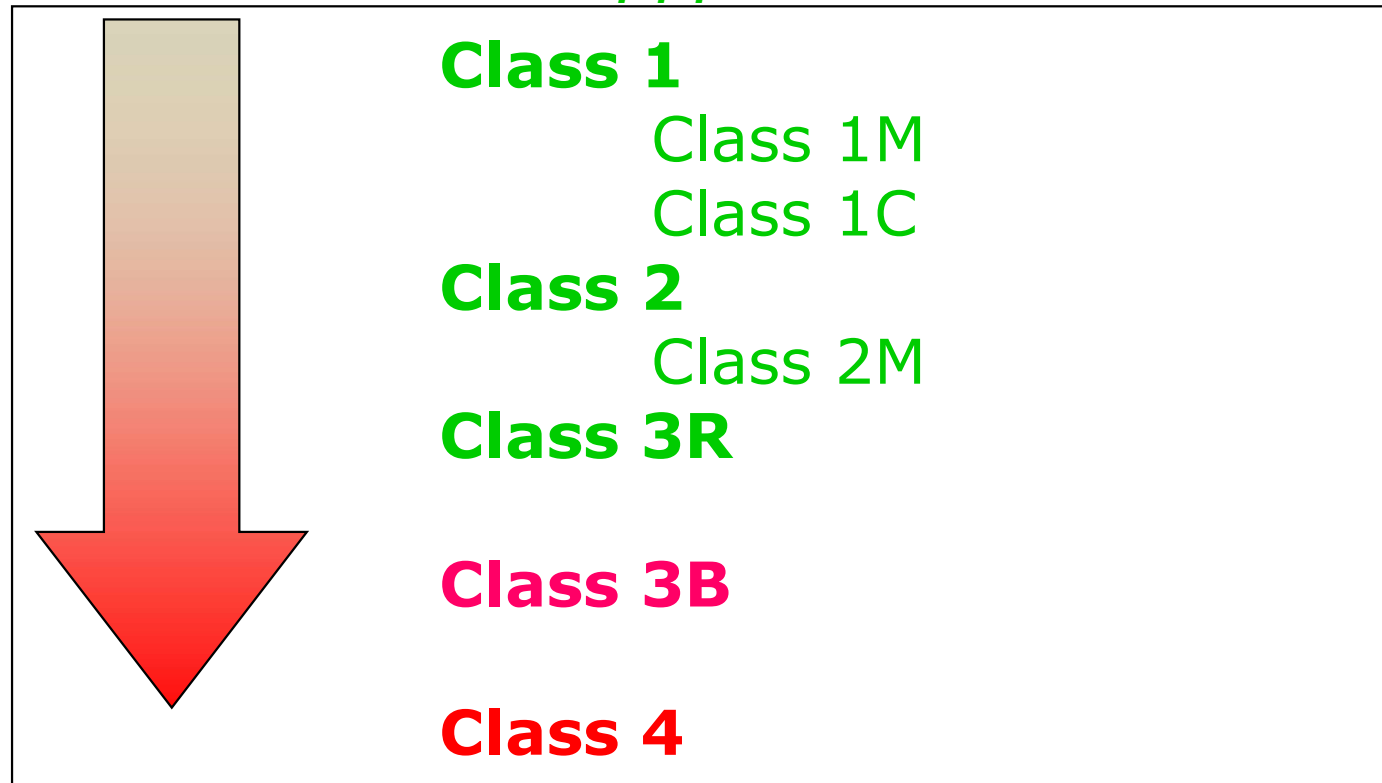
שאינ בו סיכון

$$MPE = (ED_{50}) / 10$$



סיווג רמות הסיכון של הלייזר (ת"י + אירופאי)

סיכון קטן



מסוכן ביותר



DANGER
Laser
hazard

רמת סיכון 1 (class 1):

מוצר לייזר שרמת קרינתו אינה מסוכנת

0.39 mW

VIS (400-700):



במשך



רמת סיכון 2 (class 2):



מוצר לייזר שרמת קרינתו אינה מסוכנת בהסתכלות אקראית

❖ עוצמה מקסימלית = 1 mW

❖ תחום נראה בלבד VIS = 400 nm - 700 nm

❖ רמת קרינתו **מסכנת** את העין רק אם **החשיפה נמשכת יותר מ - 0.25 שניות**

(זמן התגובה הארוך ביותר לרפלקס המצמוץ).

😊 **במשך 0.25 שניות**



רמת סיכון 3R (3R class):

מוצר לייזר שפגיעת קרינתו באלומה ישירה
עלולה להיות מסוכנת לעין.

גבול הפליטה הנגישה לרמת סיכון זו הוא :
1. בתחום האור הנראה 400-700 nm

עד חמש פעמים רמת סיכון 2, $5 \text{ mW} =$

הסתכלות ישירה במכשור (מיקרוסקופ, טלסקופ)

היא מסוכנת





DANGER
Laser
hazard

רמת סיכון 3B (class 3B):

מוצר לייזר שפגיעת קרינתו באלומה ישירה מסוכנת לעין בכל זמן חשיפה שהוא, אך בדרך כלל אינה מסוכנת לעור.

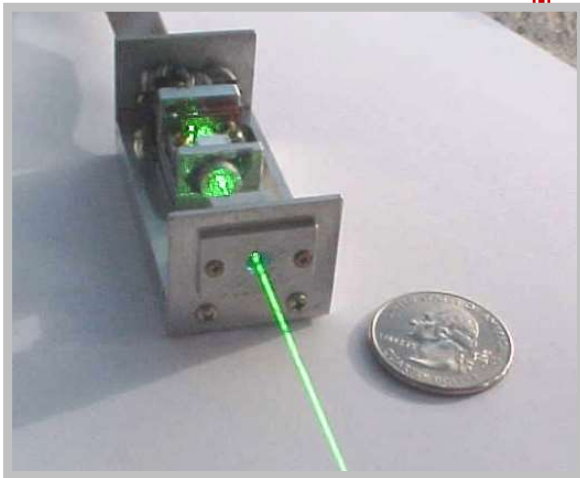
➤ גבול הפליטה הנגישה (Max output)

$$0.5W (500 mW) =$$

➤ הסתכלות באלומה ישירה מסוכנת

➤ הסתכלות בקרן מפוזרת בדרך כלל אינה

מסוכנת –

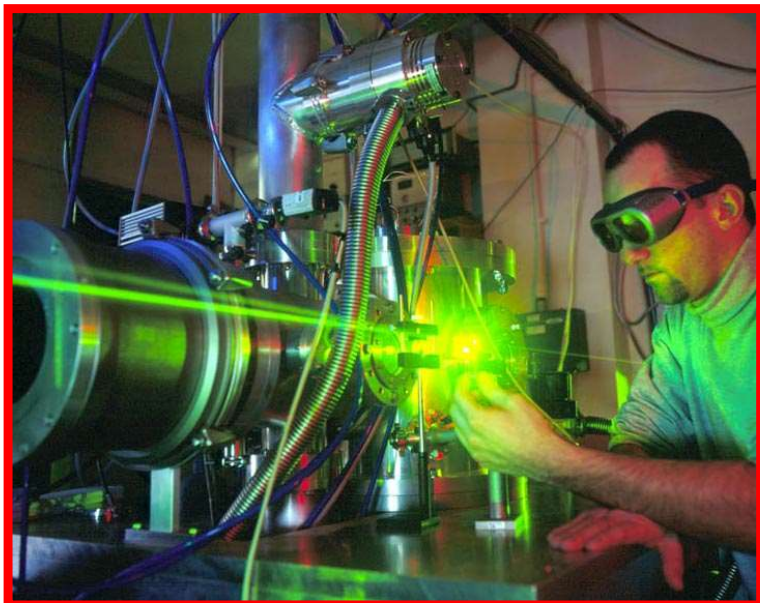




DANGER
Laser
hazard

רמת סיכון 4 (class 4) :

מוצר לייזר שפגיעתו בעין ובעור **מסוכנת** הן
באלומה ישירה והן באלומה מוחזרת ומפוזרת;



גבול הפליטה הנגישה

$500 \text{ mW} < (\text{Max output})$

אלומתו של מוצר כזה

עלולה להצית חומרים דליקים.

סיווג לייזרים

	Long-term eye exposure		Accidental eye exposure			
	Optical viewing instr.	Naked eye	Optical viewing instr	Naked eye	Diffuse reflection	Skin exposure
Class 1	Safe	Safe	Safe	Safe	Safe	Safe
Class 1M	☹️	Safe	☹️	Safe	Safe	Safe
Class 2	☹️	☹️	Safe	Safe	Safe	Safe
Class 2M	☹️	☹️	☹️	Safe	Safe	Safe
Class 3R	☹️	☹️	Low risk	Low risk	Safe	Safe
Class 3B	☹️	☹️	☹️	☹️	Low risk	Low risk
Class 4	☹️	☹️	☹️	☹️	☹️	☹️

ציוד מגן



בטיחות לייזר מעשית?!

ישנה היררכיה בבקרים בכדי
לקבל בטיחות לייזר

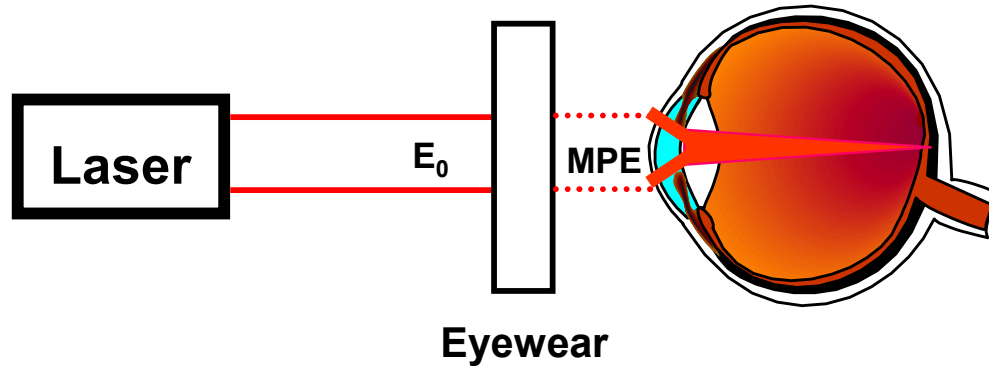
ניהול סיכונים ושיטות עבודה בטיחותיות ❖

(1) בקרה הנדסית ➤

(2) בקרה ניהולית ➤

(3) ציוד מגן אישי ➤

צפיפות אופטית OD למשקפי מגן



$$OD = \log \frac{E_0}{MPE}$$

Given:

$$\lambda = .488 \mu\text{m}$$

$$\Phi = 5 \text{ W}$$

$$d = 7 \text{ mm}$$

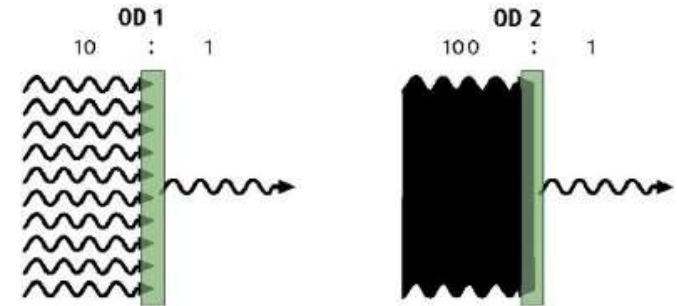
$$A = 0.4 \text{ cm}^2$$

$$E_0 = (5\text{W})/(0.4 \text{ cm}^2) = 12.5 \text{ W/cm}^2$$

$$MPE = 2.5 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2 \text{ (for 0.25 sec.)}$$

Area of Limiting Aperture (Table 8)

OD	% Transmission
0	100%
1	10%
2	1%
3	0.1%
4	0.01%
5	0.001%
6	0.0001%



$$OD = \log_{10} \left[\frac{12.5 \text{ W/cm}^2}{2.5 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2} \right]$$

$$OD = 3.7$$

ערכים רשומים על המסנן להגנה על העיניים EN 207



חלוקה לפי זמן החשיפה ✂

D - לייזר רציף

I - לייזר פולסי בתחום $\mu s - ms$

R - לייזר פולסי רוחב פולס : $\mu s - ns$

M - לייזר פולסי רוחב פולס : $pico + Femto second$

חלוקה לפי תחום ספקטרום (אורכיגל) ✂



חלוקה לפי מס' L ✂

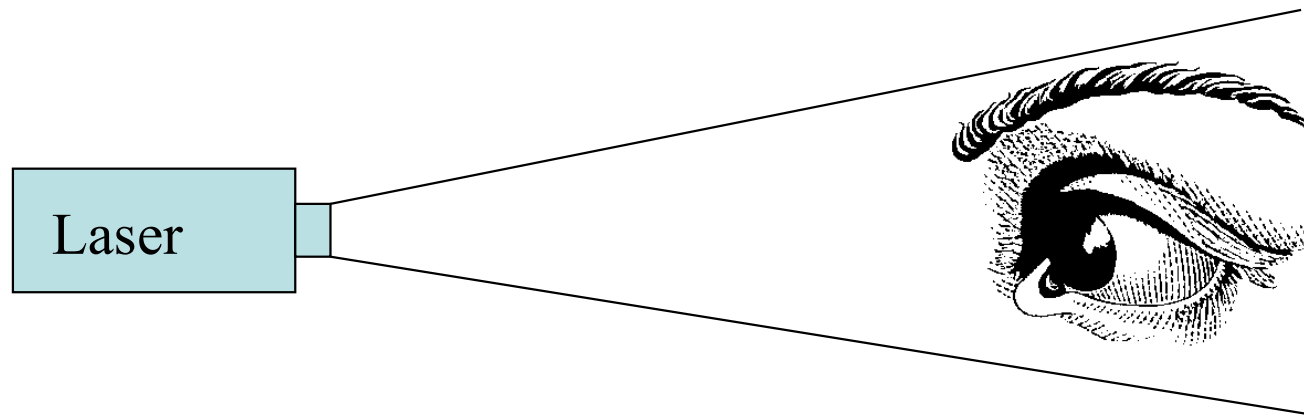
מספר L (L5, L6, L4 etc) מתייחס לצפיפות האנרגיה וההספק המקסימליים שיכולים משקפי המגן לעצור אותם במשך 10 שניות בלי שיגרם להם נזק.

*** למסנן חייב להיות OD גדול ממספר L**

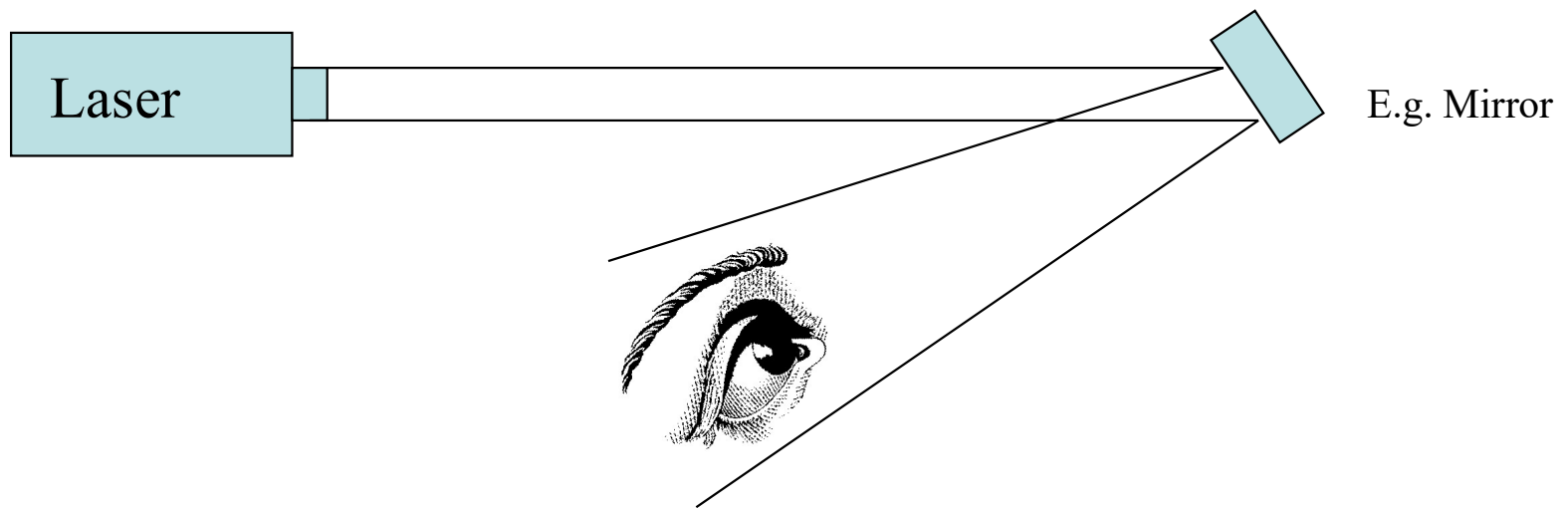
משקפי מגן
דוגמאות רשום

מס' מסנן	תקן חסימה EN 207			תקן קייון EN 208
N°	D	I	R	
10	D 628.3 L2		R180-315 L3/ R315-380 L6	
51	DI 630-700 L2			0.1W 2X10E-5J 630- 655 R2
100	D1064/532/355 L4/L4/L6	I1064 L6	R1064/532/353 L5/L4/L4	

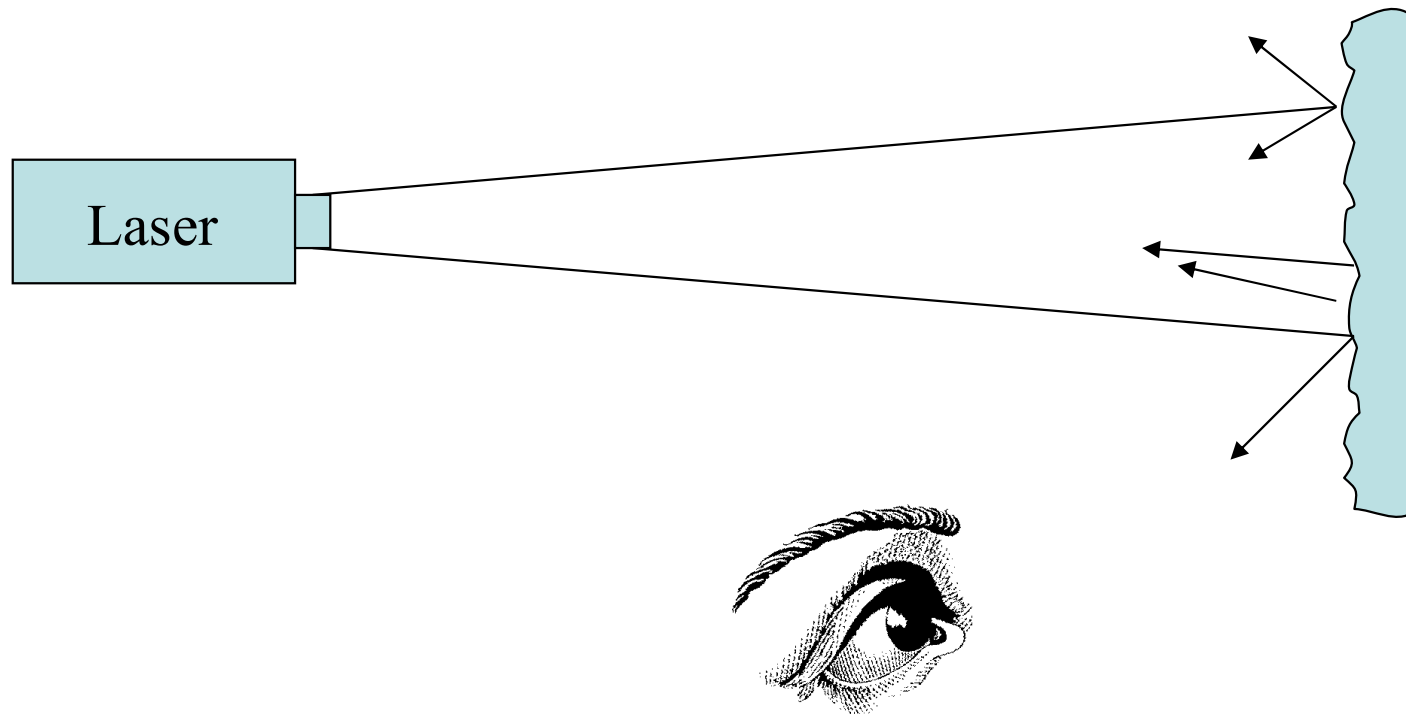
Direct Intrabeam Viewing



Specular Intrabeam Viewing

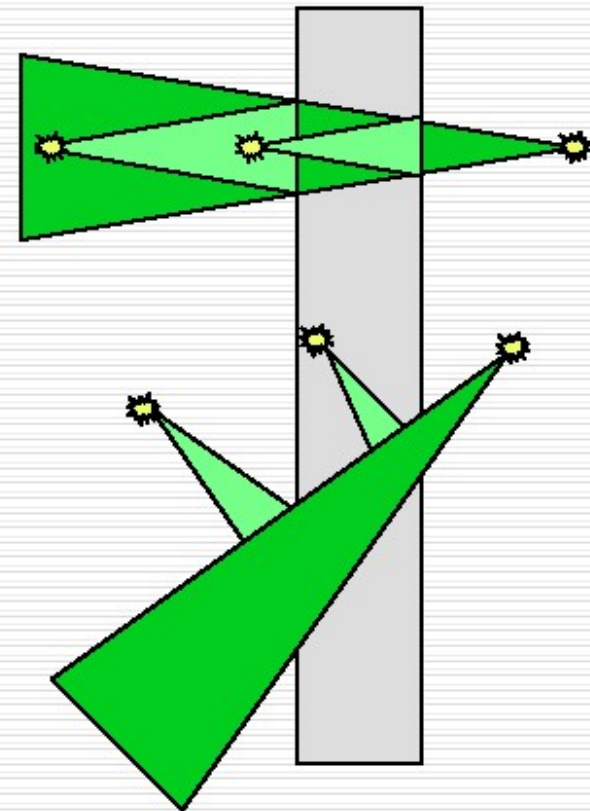
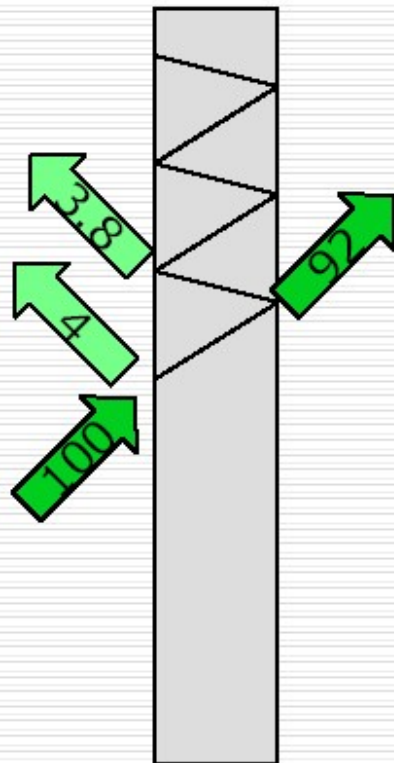


Diffuse Reflected Viewing



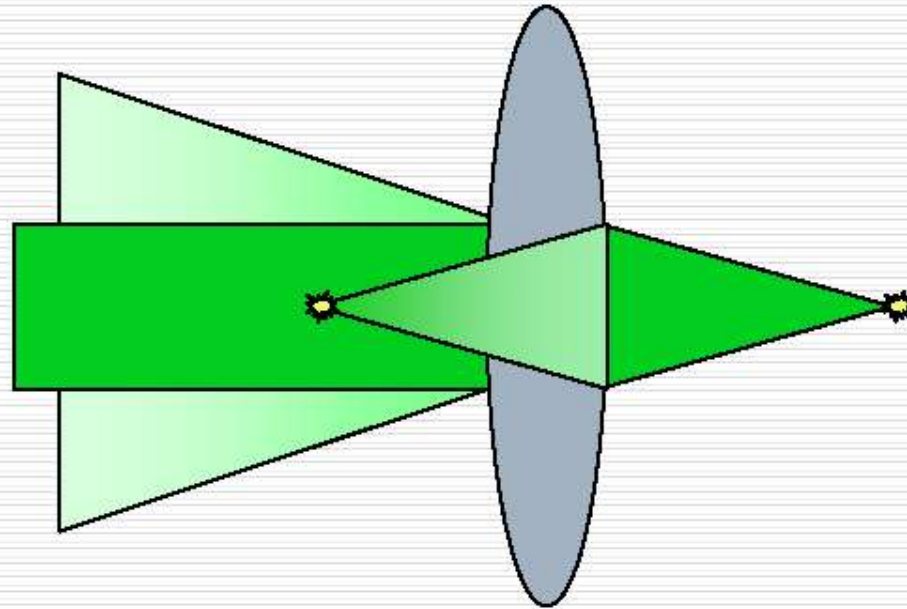
החזרות ממשטח ישר

Flat Surfaces



החזרות מעדשות

Curved Surfaces



תחנת עבודה

- הלייזר נהפך ל סוג 1







חשיבה בטיחותית

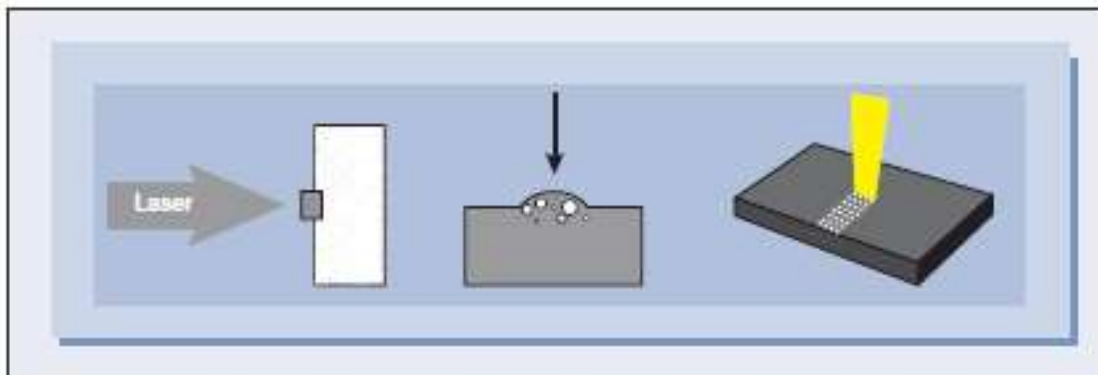
אינטראקציה קרינה עם פולימר

קצר

Foaming

A pyrolysis reaction in the sample releases small amounts of gas, which cause a foamed surface structure. The irregular foam structure scatters light, making the area appear lighter (see Figure 6).

Figure 6 Foaming.





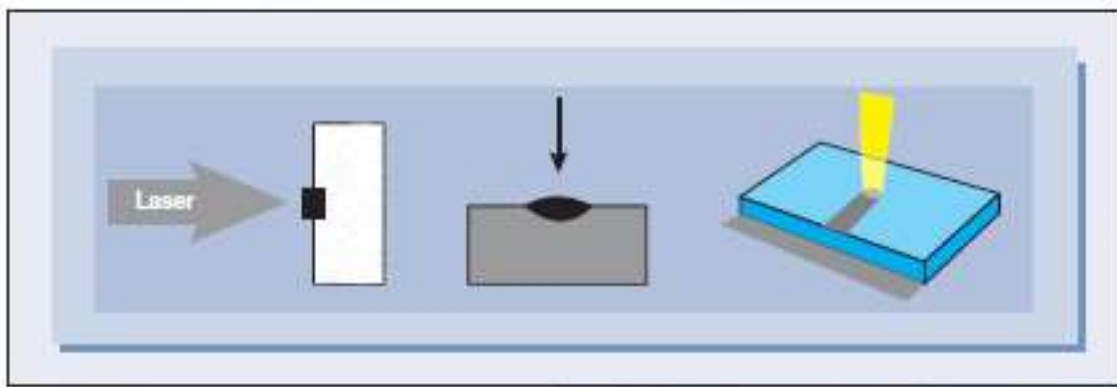
אינטראקציה קרינה עם פולימר

קרבוניזציה

Carbonization

In this technique, the plastic surface decomposes when absorbing the laser light due to the high intensity of the laser pulse. This results in char formation on the surface of the plastic, creating a dark colored mark (see Figure 7).

Figure 7 Carbonization.





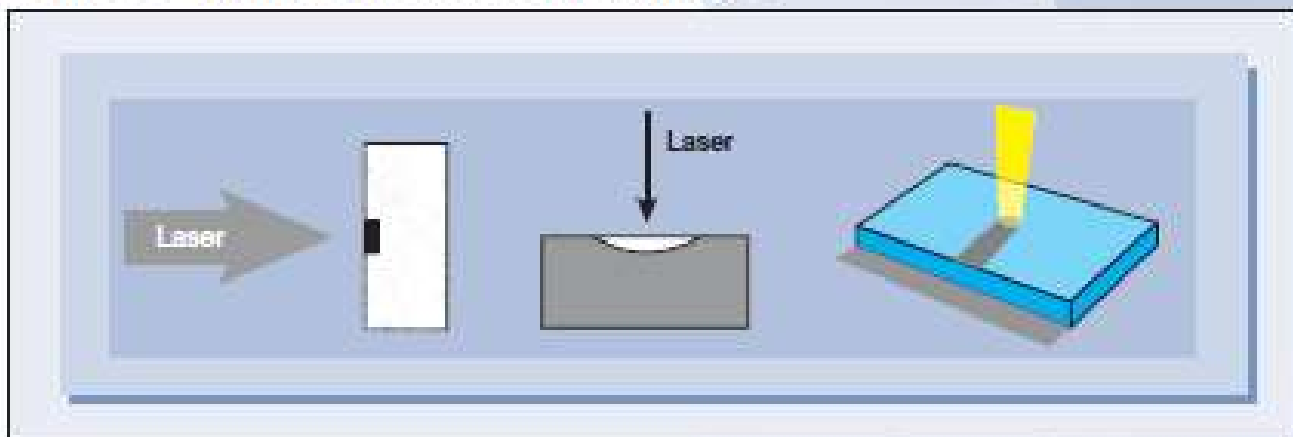
אינטראקציה קרינה עם פולימר

סימון קר

Photo reduction (cold marking)

Dark markings can also be obtained via the reduction of TiO_2 , leading to a laser mark "under the skin" of the plastic with the surface remaining unaffected. The technique (see Figure 8) is suitable for light colored plastics where TiO_2 (Titanium dioxide, a strong white pigment) is included in the pigment package.

Figure 8 Photo reduction (cold marking).





חשיבה בטיחותית

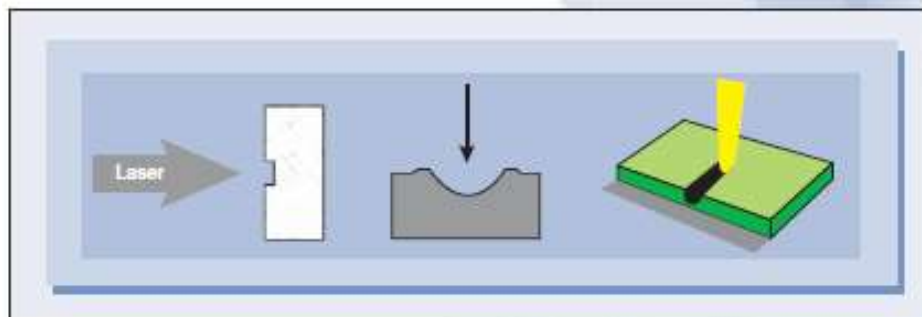
אינטראקציה קרינה עם פולימר

חריטה

Engraving

Surface engraving is obtained when the plastic absorbs a very high amount of laser light, leading to a relatively deep cut in the plastic (see Figure 9). Surface damage is always evident and the contrast is generally poor. Engraving is often used when indelible marking is required for identification, technical information or labeling. This technique is not suitable for decorative marking and is mainly used on metals.

Figure 9 Engraving.



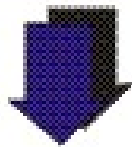


Emission Generation Process

Decomposition mechanisms of organic materials

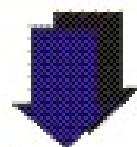
- Retropolymerization
- Statistical decomposition of polymer chains
- Splitting of side chains and following decomposition

Condensation out of the gaseous phase

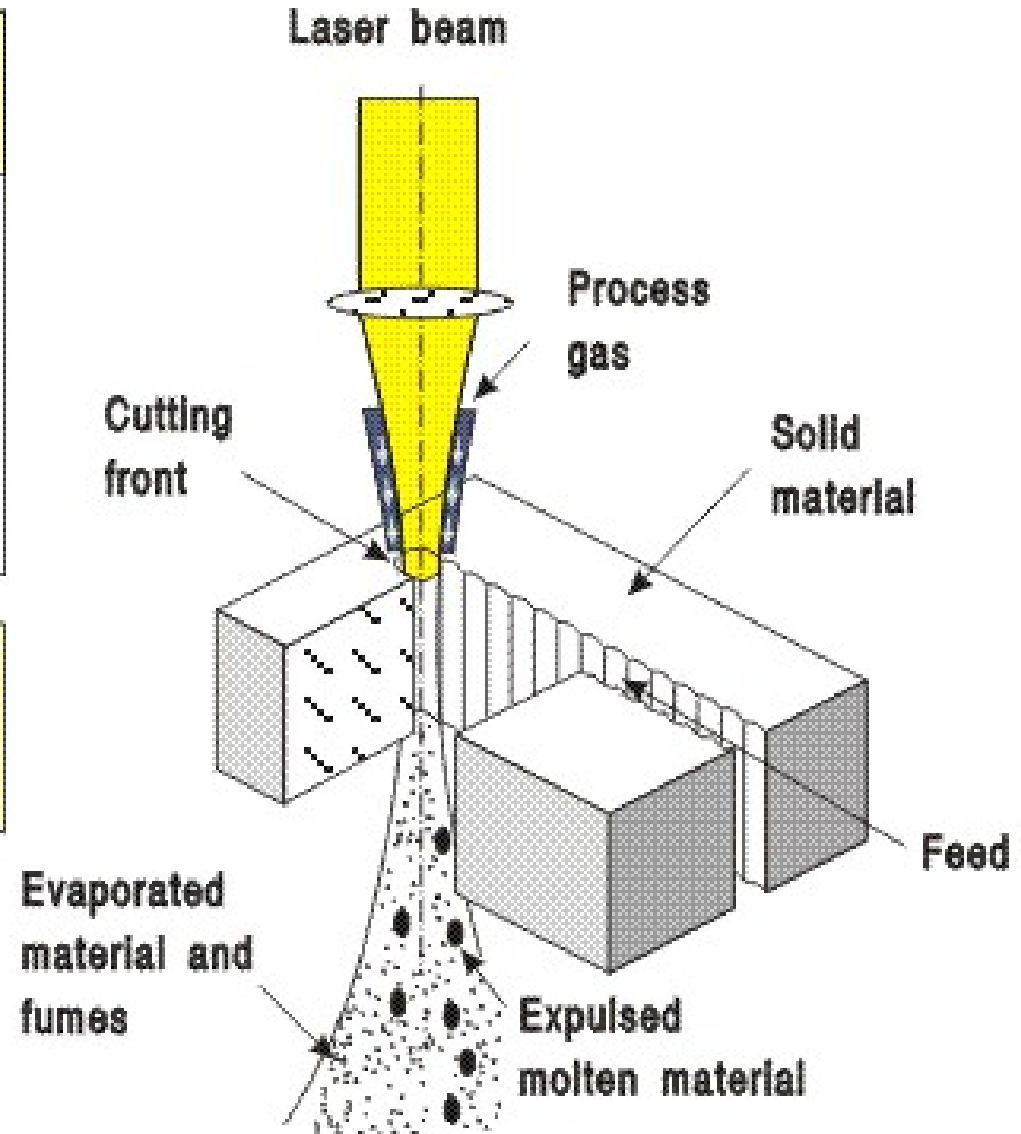


Aerosoles

Remaining in the gaseous phase

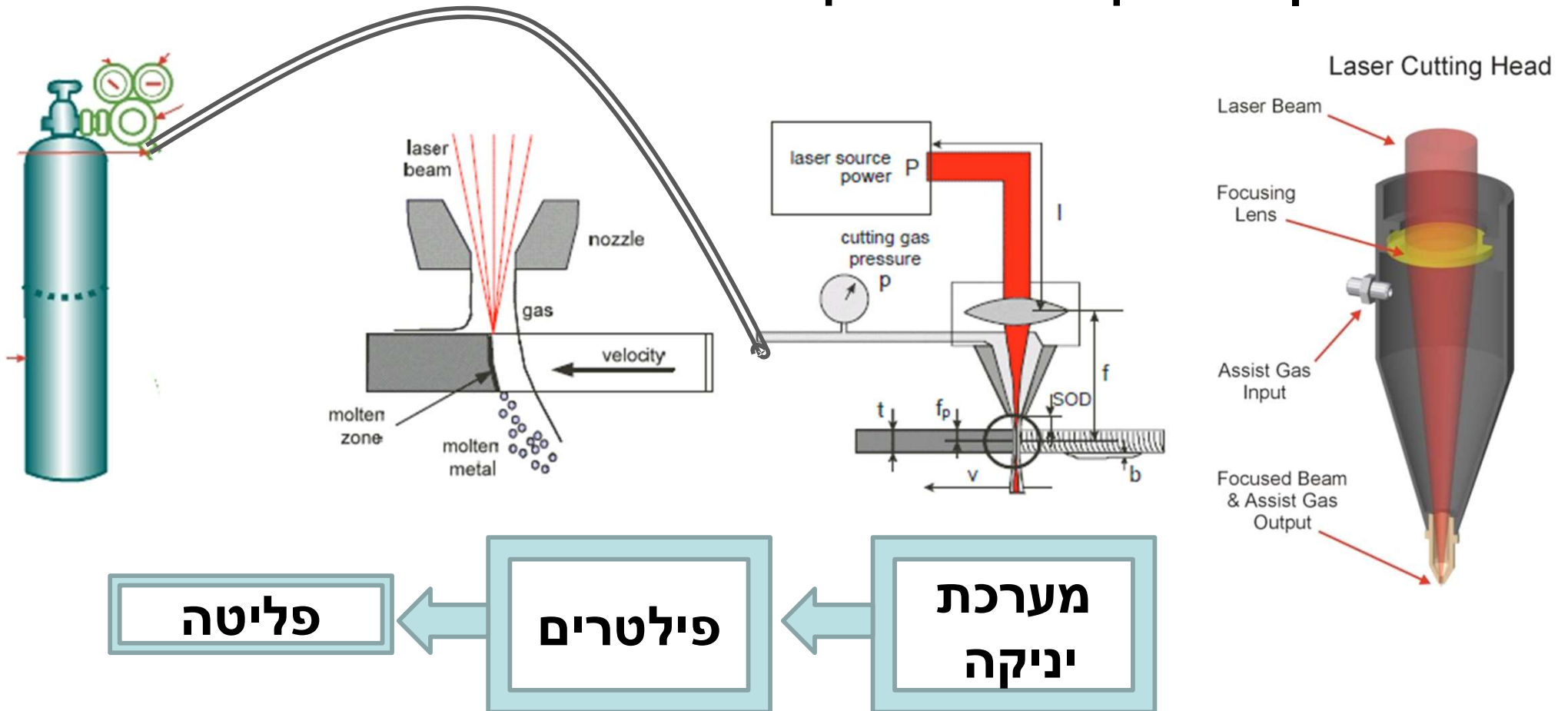


Gases



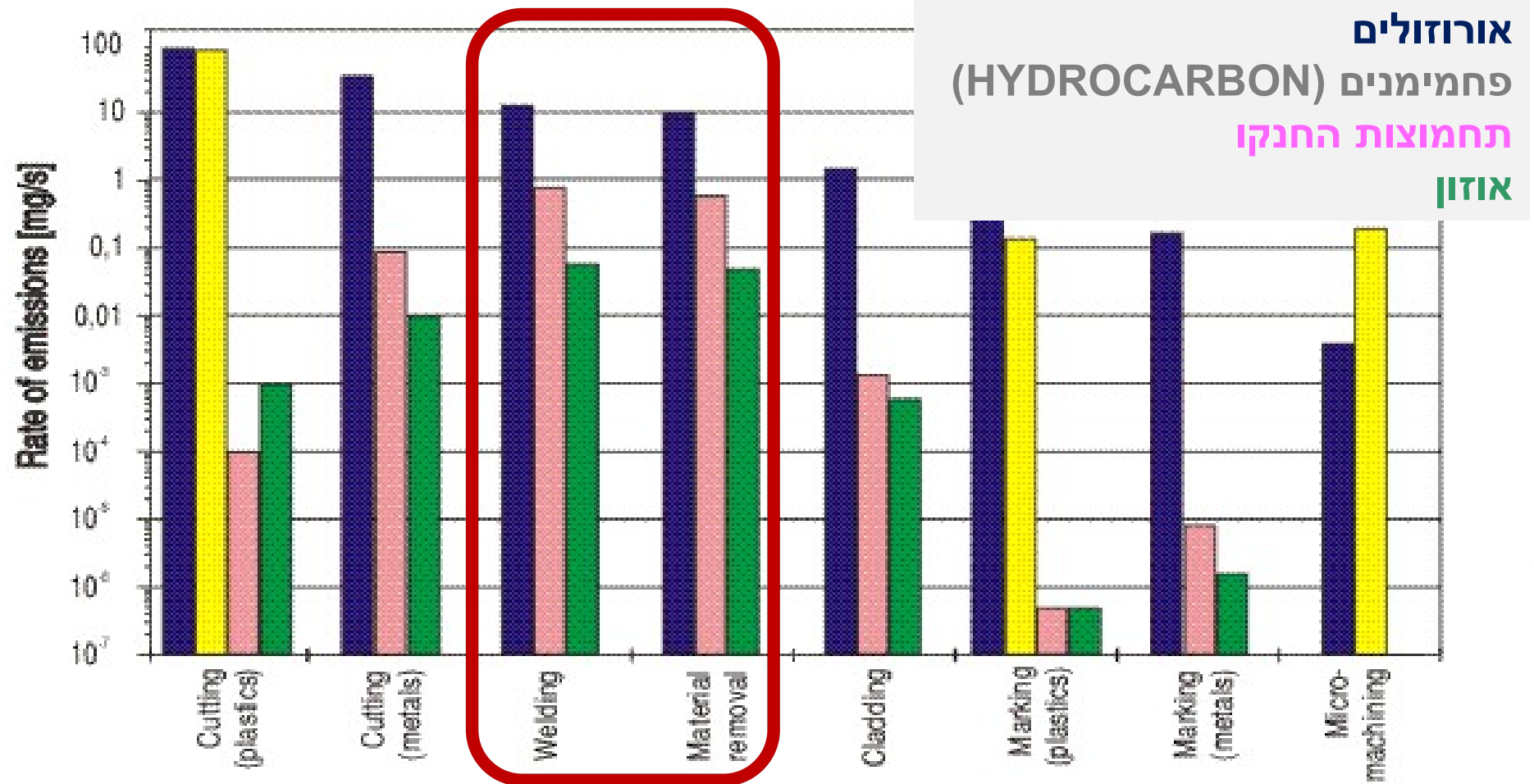
מערכת אופטית ופליטה

- מראות מקוונות את קרן הלייזר אל עדשות המיקוד
- העדשות ממקדות את הקרן לגאומטריה הרצויה
- הגז חמצן מסלק את החלקים המותכים





Typical Emission Rates for Different Laser Processes



סיכונים הכרוכים בלייזר כלוא

קרינת לייזר יכולה לגרום :

1. שריפות בעור ובקרנית

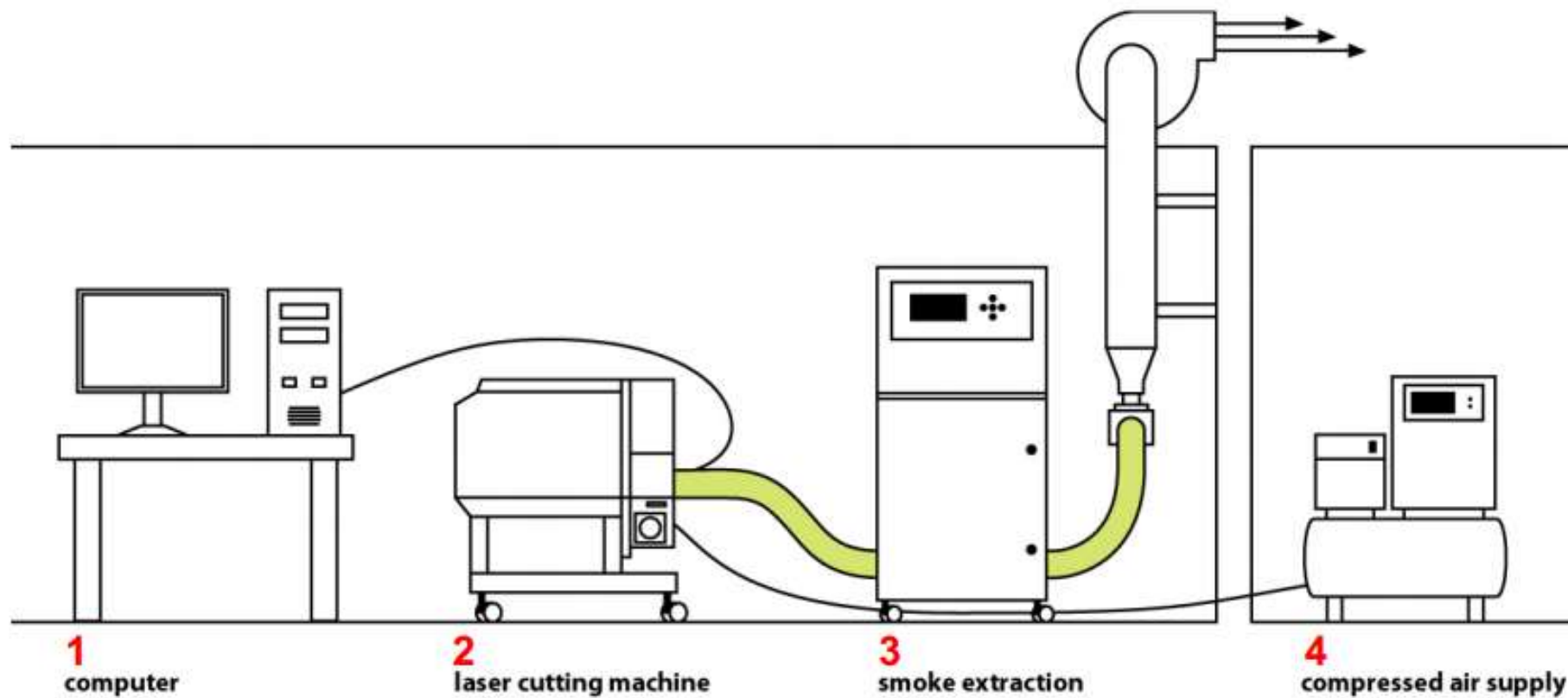
2. להתחיל שריפה

3. לשחרר חומרים רעילים

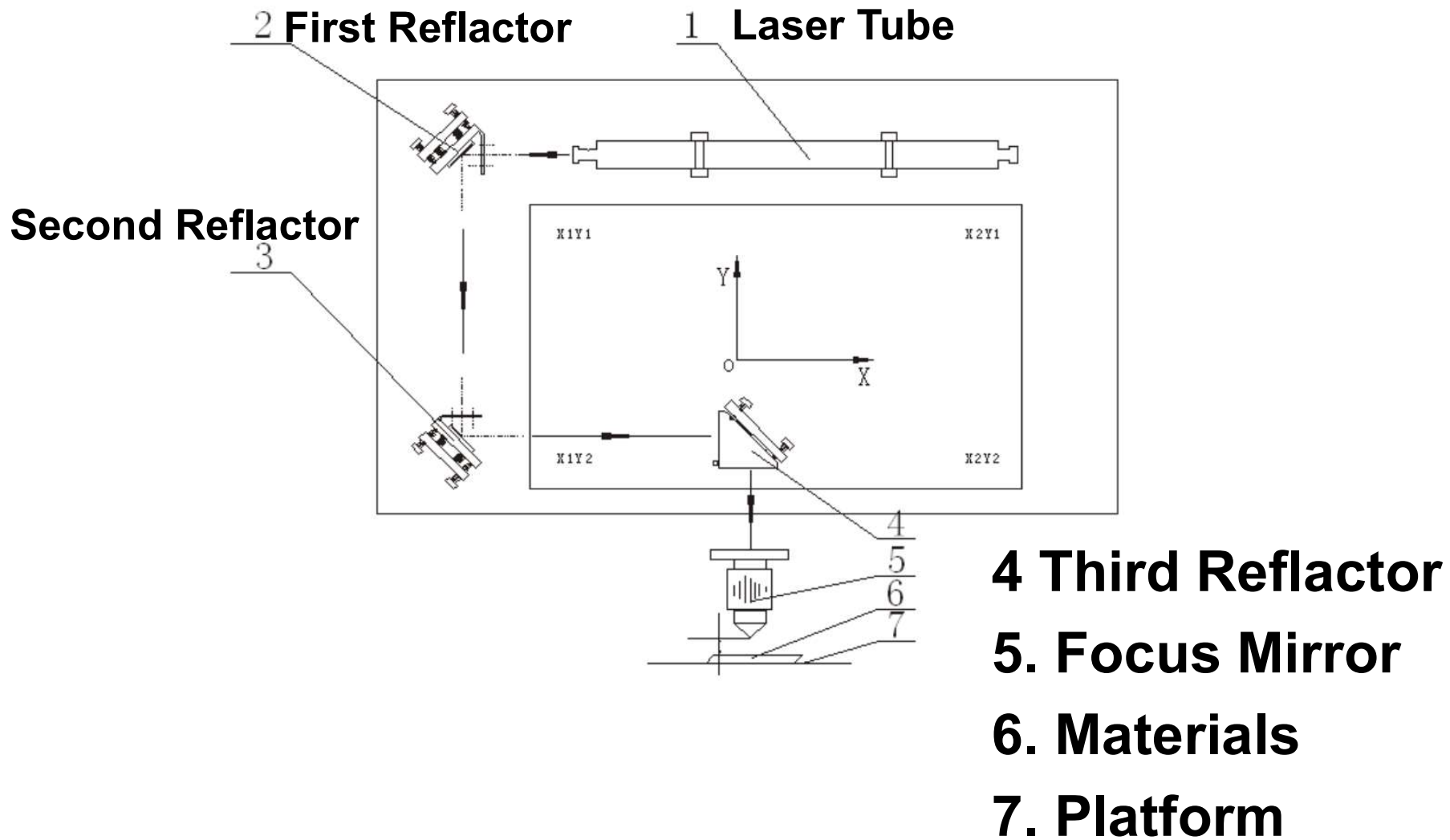
The potential for the laser beam to:

- cause skin and corneal burns
- start a fire, and
- release toxic combustion products

תאור המערכת

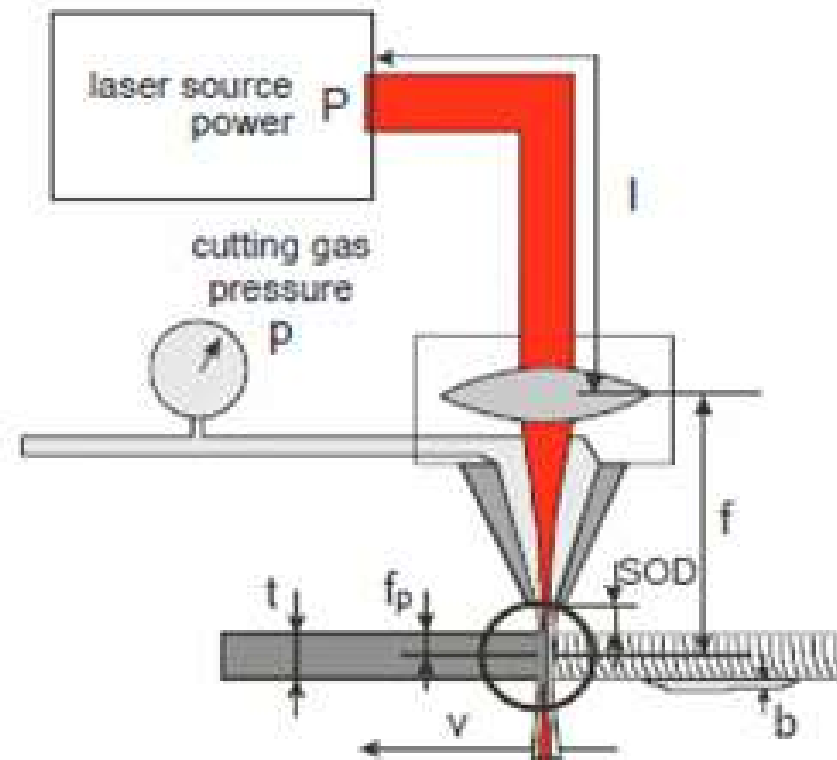
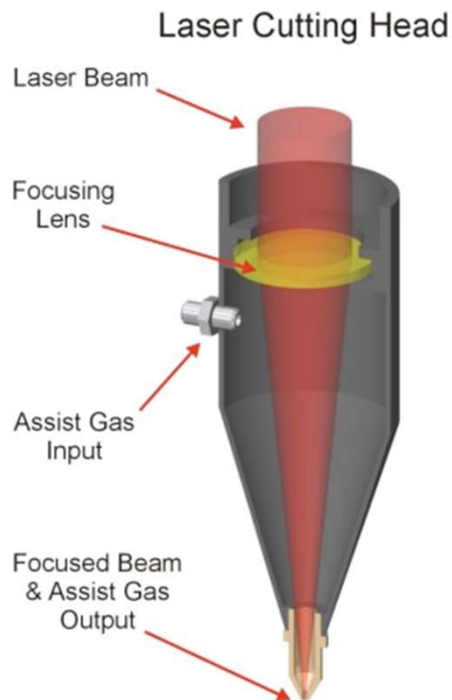


המערכת האופטית



המערכת האופטית

1. מראות לכוון האלומה מהמקור עד לעדשה
2. העדשה אז ממקדת את הקרן לגיאומטריה הרצויה
3. לבסוף הגז הדחוס מסייע להסיר את המתכת המותכת



מאפייני הלייזרים

Laser	Description	Safety Class
Laser Tubes Laser tubes Sealed off CO2 laser	Laser power of 60- 200W Wavelength 10,6 μm	Class 4 Embedded to Class 1 Dual interlock safety system
Aiming laser Diode Laser	Laser power of 5 mW Wavelength 670 nm	Class 3R

מערכת הפילטרים

- אוויר ממערכת החיתוך נשאב דרך פילטרים

- סוגי הפילטרים:

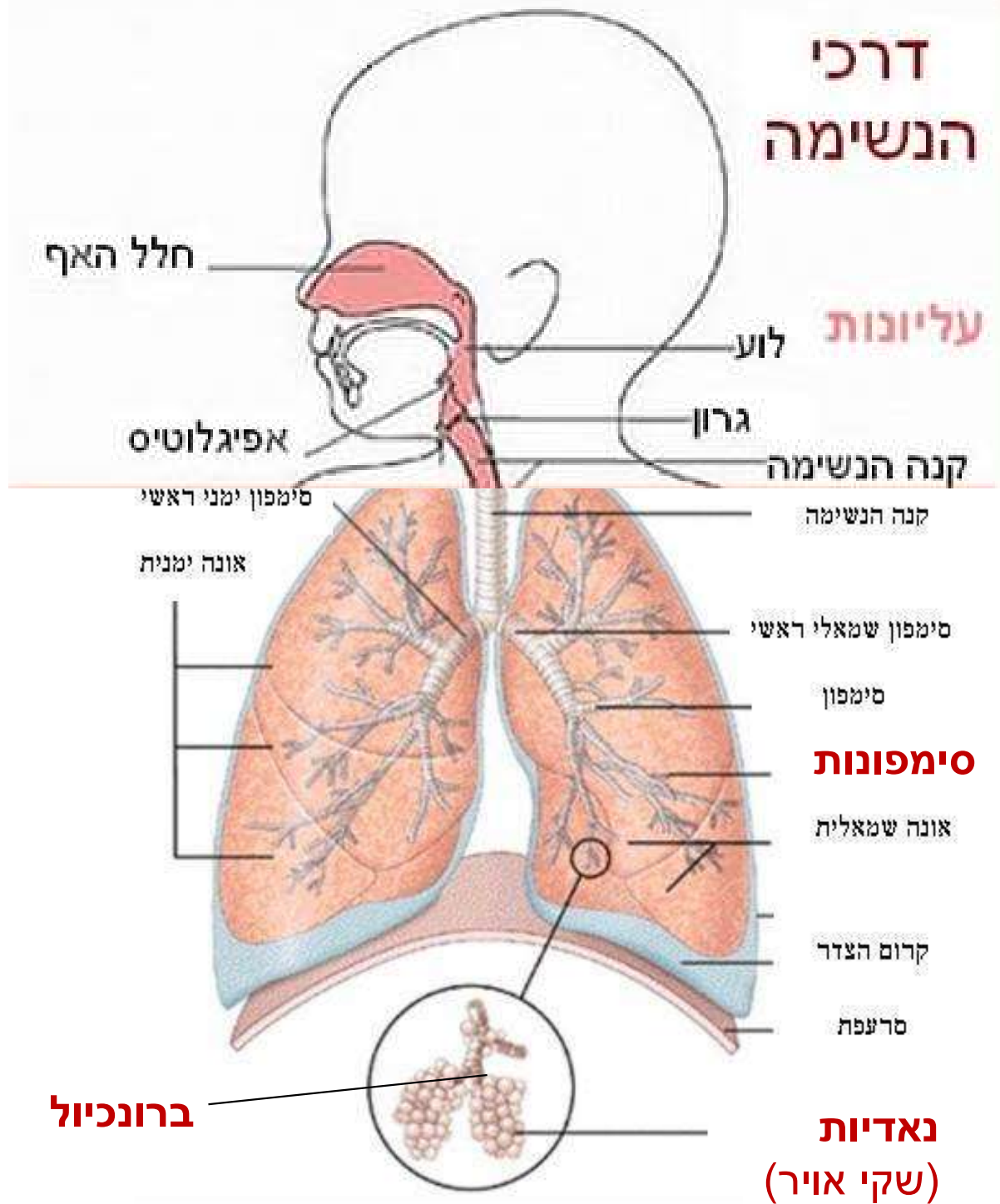
- HEPA (High Efficiency Particulate Air) מסננים אבק ואדים של מתכות

- פילטר פחם: סופגים גזים ואדים של כימיכלים

- מחליפים פילטרים לפי הצורך כל להרגיש ריח במעבדה

- .

דרכי הנשימה



עליונות

סימפונות

נאדיות (שקי אויר)

ברונכיול

חלל האף

לוע

גרון

אפיגלוטיס

קנה הנשימה

סימפון ימני ראשי

קנה הנשימה

אונה ימנית

סימפון שמאלי ראשי

סימפון

אונה שמאלית

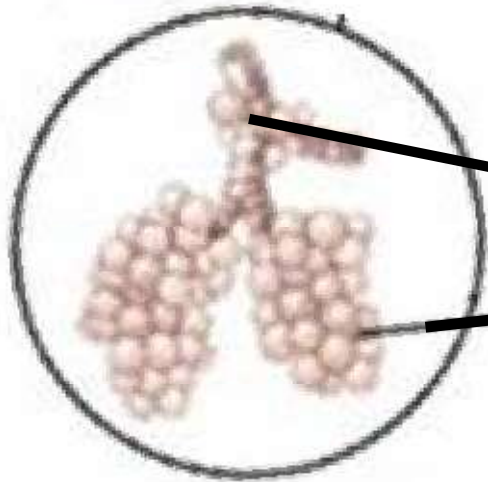
קרום הצד

סרעפת

נאדיות

(שקי אויר)

דירוג של פליטות



1. גודל הפרודות :

– $> 5 \mu m$ ‡ לא נשימים

– $1... 5 \mu m$ ‡ סמפונות וברונכיולות

– $< 1 \mu m$ ‡ נדיות (אלבואלים)

– $< 50 nm$ ‡ זרם הדם

2. צורת החלקיקים :

– כדוריות (טיפות מותכות, חומר מעובה)

– קצוות חדים (איגוף, התפרצויות)

– סיבי (למשל עיבוד של שרפים תרמופלסטיים)

3. מבנה :

- חומרים מסוכנים

Rating of emissions

Crucial criteria for the rating of emissions :

: גודל הפרודות **Size of particles** •

‡ not respirable	> 5 μm	–
‡ Bronchia, Bronchiols	1... 5 μm	–
‡ Alveols	< 1 μm	–
‡ Bloodstream	< 50 nm	–

: צורת החלקיקים **Shape of particles**

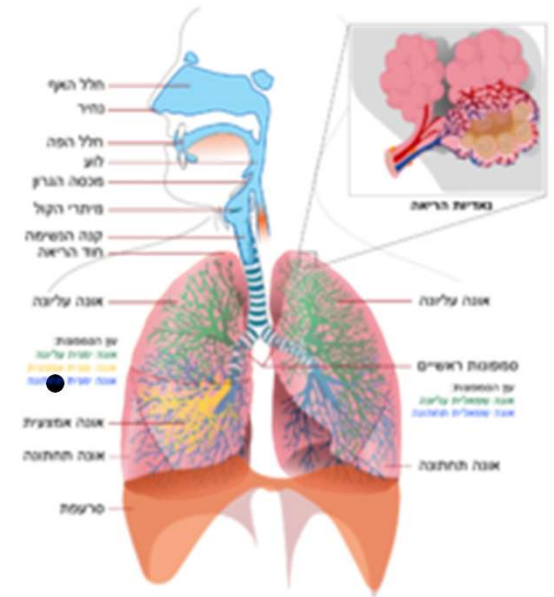
spherical (melt drops, condensed matter) –

edged (e.g. flanking, bursts) –

fibrous (e.g. processing of thermoplastic resins) –

: מבנה **Composition**

Decree about hazardous substances –



חומרים אסורים

1. גזים רעילים

- PVC \rightleftharpoons HCl חומצת מלח (חומצה כלורית)
- טפלון \rightleftharpoons HF חומצה פלואורית
- פולואורתן \rightleftharpoons HCN חומצה ציאנידית
- פוליאוקסימתילן (POM, Delrin, Polyacetal) --- פורמאלדהיד

- 2. גורמי הבזק אש

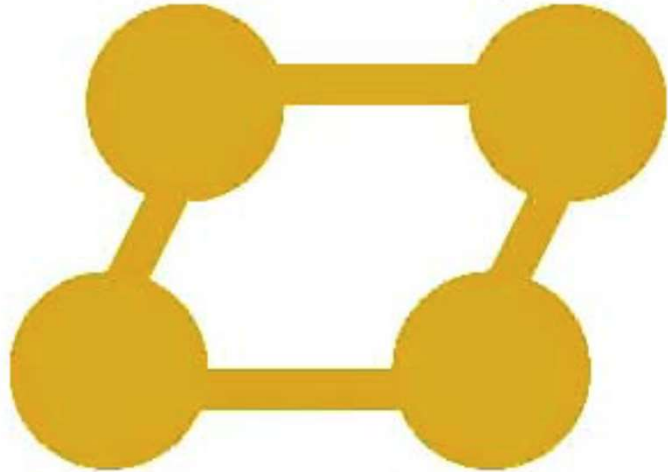
3. להמיס או להתפוצץ

Types of Laser Interactions with Plastics

- **Vaporization**
 - The material vaporizes into gas residue which is blown out when cut.
 - This is the cleanest cutting / marking process.
- **Melt Sharing**
 - The material melts into molten droplets which are blown out when cut.
 - There is typically some melt-back
- **Chemical Degradation**
 - The plastic material chemically degrades typically releasing carbon smoke.
 - The material chars and has soot residue

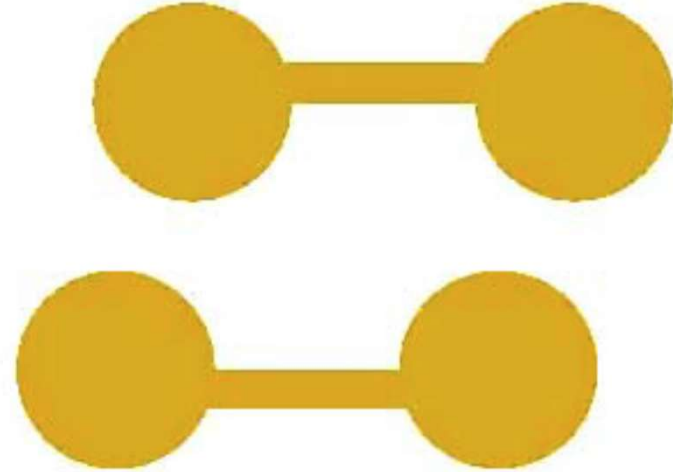
Types of Plastic

- Two main types of plastics. It is
- They have very different cutting and marking characteristics:



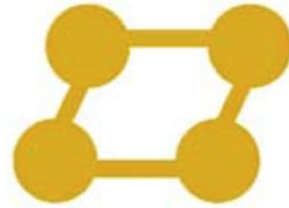
THERMOSETS

&



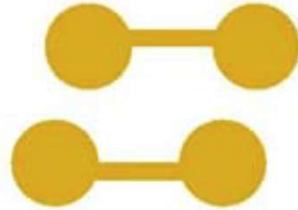
THERMOPLASTICS

Thermosets



- **Polymer chains** have more **connections**
- **Break down easily** when heated
- **Can not be successfully melted** without **damaging the molecular structure** and the **material changing color**
- **Laser processing** is primarily accomplished **by chemical degradation**
- **These plastics typically cut and weld very poorly** with **residue on the surface.**

Thermoplastics



- **Polymer chains are simpler and have less bonding connections.**
- **Plastics can be melted easily without the polymer chains breaking down.**
- **Laser cutting is primarily accomplished by melt shearing.**
- **The laser cuts are much better quality**
- **The laser marks have much lower visibility.**

Types of Plastics - Examples

Thermosets:

- Rubber based products
 - Polyimide
- Epoxy Resins
 - FR2/FR4

Thermoplastics:

- Polypropylene
- Polyethylene
- Polystyrene
 - Nylon
 - ABS*
- Polycarbonate*
 - PVC*

* Exhibits atypical behavior for a thermoplastic











Summary Table of Plastic Types

Name	Type	Cutting quality	Marking quality	Safety
ABS	Thermoplastic	■ Poor-Fair	■ Poor-Fair	Melts
Acrylic: PMMA, Plexiglas	Thermoplastic	■ Excellent	■ Good	
Bakelite	Thermoset	■ Poor	■ Good	
Fluoropolymers PTFE, Teflon, EFTE	Thermoplastic	■ Good	■ Fair-Good	
FR4/FR2: PCB	Thermoset	■ Poor	■ Good	
Nylon	Thermoplastic	■ Good	■ Fair-Good	
Nylon(Glass Filled)		■ Fair-Good	■ Good	
Polyester: Mylar, PET, PETE, PETG	Thermoplastic	■ Good	■ Fair-Good	











Summary Table of Plastic Types

Name	Type	Cutting quality	Marking quality	Safety
Polyethylene: HPDE, MDPE, LDPE, UHMW	Thermoplastic	■ Fair-Good	■ Fair-Good	
Polyimide: Kapton	Thermoset	■ Poor	■ Fair-Good	
Polypropylene	Thermoplastic	■ Good	■ Fair-Good	Catches fire
Polystyrene	Thermoplastic	■ Fair-Good	■ Fair-Good	
Polysulfone	Thermoplastic	■ Fair-Good	■ Fair-Good	
PMMA Polymethylmethacry lat Perspex, Plexiglass	Thermoplastic	■ Good	■ Good	MMA a clear smoke with distinct sweet smell

Summary Table of Plastic Types

Name	Type	Cutting quality	Marking quality	Safety
Polycarbonate: Lexan, Calibre, Makrolon, Panlite, Makrolife	Thermoplastic	 Poor	 Good	Thick smoke when cut
Polyoxymethylene :POM, Delrin, Polyacetal	Thermoplastic	 Good	 Fair-Gd	Formaldehyde (Gas)
Polyurethane		 Fair-Gd	 Poor-Fr	HCN (Gas)
PVC : Vinyl	Thermoplastic	 Poor	 Good	HCl GAS: DO NOT CUT!
Rubber	Thermoset	 Good	 Good	Dense sooty smoke.

Never cut these materials

Name	Type	Cutting quality	Marking quality	Safety
Polycarbonate: Lexan, Calibre, Makrolon, Panlite, Makrolife	Thermoplastic	 Poor	 Good	Thick smoke when cut
Polyoxymethylene :POM, Delrin, Polyacetal	Thermoplastic	 Good	 Fair-Gd	Formaldehyde (Gas)
Polyurethane		 Fair-Gd	 Poor-Fr	HCN (Gas)
PVC : Vinyl, pleather, artificial leather	Thermoplastic	 Poor	 Good	HCl GAS: DO NOT CUT!
Rubber	Thermoset	 Good	 Good	Dense sooty smoke.

PMMA Polymethylmethacrylat Perspex, Plexiglass

- **MMA** a clear smoke with distinct sweet smell
- **MMA** will eventually degrade to carbon dioxide and water.
- In low concentrations, it has no known harmful effects.



Polycarbonate:

Lexan, Calibre, Makrolon, Panlite, Makrolife

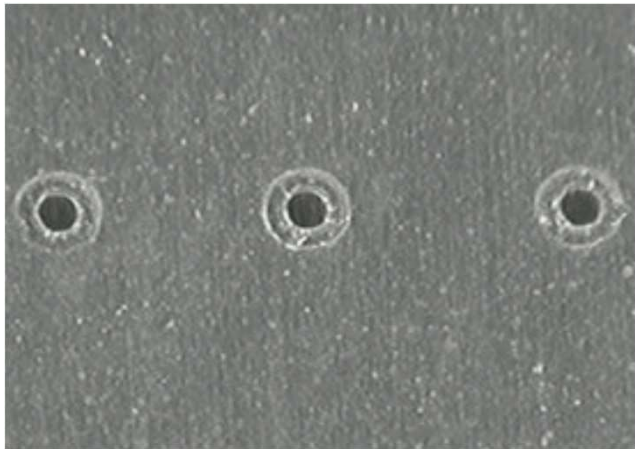
- פלסן הוא השם המסחרי של פוליקרבונט שמיוצר ע"י חברת פלרם הישראלית.

- **Thick smoke when cut**



Polyurethane

- **HCN GAS**



Film Drilling Example



Foam Cutting Example



Marking Example

PVC –

Vinyl, pleather, artificial leather

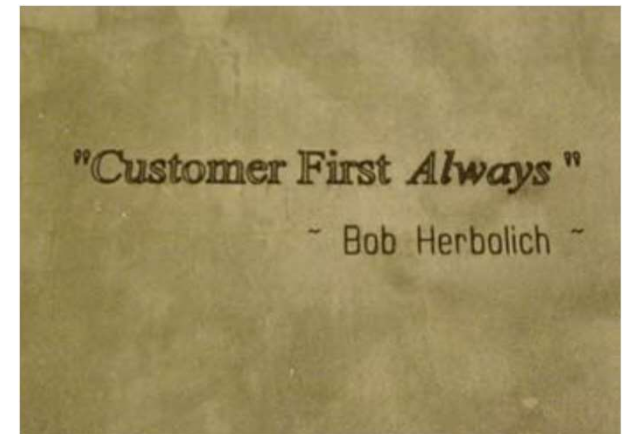
- **HCL GAS: DO NOT CUT!**

Don't ever cut this material as it will ruin the optics, cause the metal of the machine to corrode, and ruin the motion control system.



Rubber

- **Dense sooty smoke.**



wood

Material	Notes	Warning
Plywood/Composite woods	These contain glue, and may not laser cut as well as solid wood.	
Paper, card stock	Cuts very well on the laser cutter, and also very quickly.	
MDF/Engineered woods	These are okay to use but may experience a higher amount of charring when cut.	
Many woods	Avoid oily/resinous woods	Be very careful about cutting oily woods, or very resinous woods as they also may catch fire.
Cardboard, carton	Cuts well but may catch fire.	Watch for fire.

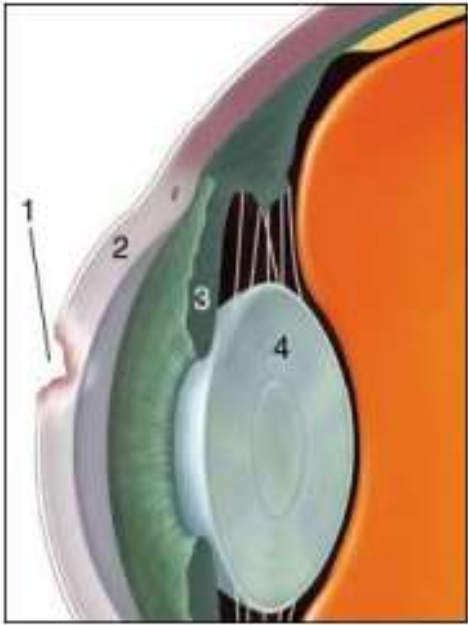


נזק לעור Skin Burns

- CO2 laser reflected from a metal surface
- החזרות של לייזר CO2 ממשטח מתכתי

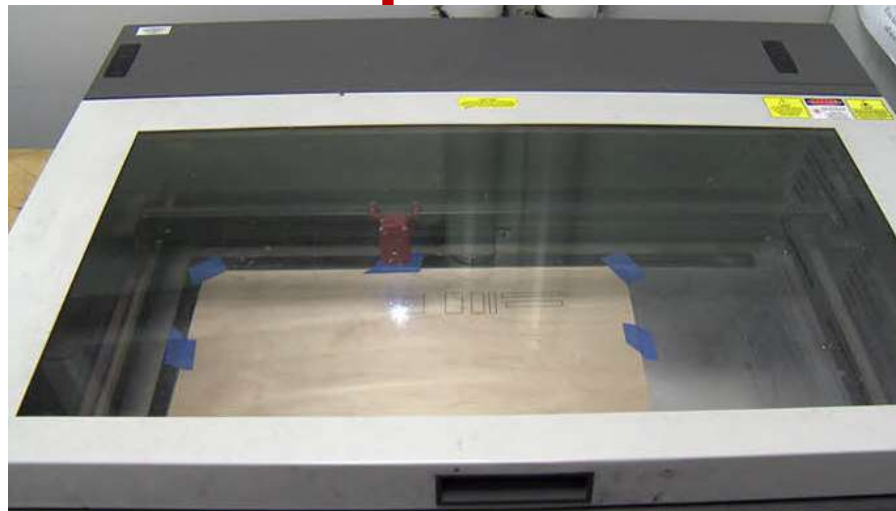


פגיעה בקרנית



Corneal burn – Rabbit
קרנית שרופה - ארנבת

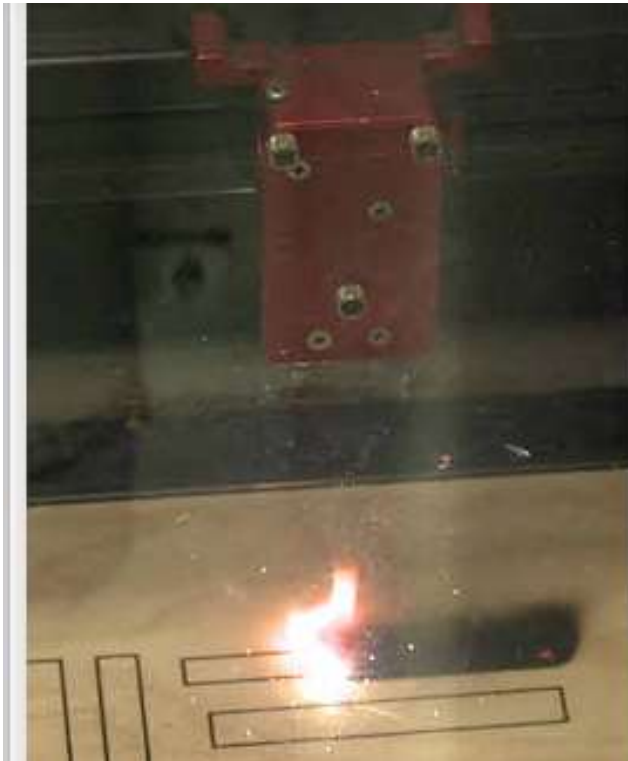
אף פעם לא להתעסק עם אינטרלוק



בטיחות אש

סיבות לשריפה

1. הלייזר יכול לגרום להצתות אם לא מופעל נכון
2. קצב החיתוך איטי
3. הספק לייזר גבוה



בטיחות אש

התנהגות למניעת שריפה

- **יש להשגיח תמיד את העבודה שלך**, לא משנה כמה זמן לוקחת העבודה שלך. הסכנה של אש נוכח תמיד.
- **אם אתה צריך לעזוב, אתה חייב**
 - להשהות את העבודה או
 - לבקש אדם מוסמך לפקח על העבודה שלך בשבילך.

הכרת המעבדה

אש קטנה : אין סכנה לחיי אדם
אם אתה מסוגל להשתלט על האש בצורה בטוחה,
הפעל מטפים לכיבוי אש



1. קרע את האזיקון
2. שלוף את הניצרה
3. כוון את פי המטף לעבר מוקד האש
4. לחץ על ידית ההפעלה
5. התז את חומר הכיבוי על מוקד האש בתנועות מצד לצד

לכל מטפה יש שעון לחץ.

מחוג במצב ירוק - המטפה תקין

מחוג במצב אדום - המטפה ריק



הכרת המעבדה: אש גדולה



1. בקש עזרה



2. הפסק את החשמל

הכרת המעבדה

הצל בני אדם מסכנה ממשית ומיידית



הכרת המעבדה



כללי התנהגות במקרה של שריפה

- סייע בפינוי אנשים אל מקום בטוח



יציאת חרום

Safety Hazards

- מגע עם חלקים חמים
- מגע היד\ העיניים עם הקרניים
- שאיפת אדים
- עשן, חלקיקי אבק סיכון סביבתי



מוצרי בעירה

- חיתוך חומרים בלייזר יוצר תוצרי בעירה אשר מגרים את העיניים והגרון ועשויים לשחרר אדים וארוסלות רעילים
- חומרי פלסטי, אקריליק והמלמין מייצרים מוצרי לוואי רעילים ביותר

**אין להפעיל את הלייזר,
אם מערכת האוורור אינה פועלת**

products of combustion

- Cutting of materials by a laser generates products of combustion which are irritating to the eyes and throat and may release toxic vapors and aerosols
- **plastic, acrylic and melamine materials create the most toxic by-products**

Do not operate the laser if the ventilation system is not operating



DANGER
Laser
hazard

במקרה תאונה ?? !!

למדריך/אחראי המעבדה



1. דווח

טופס (ב/ל 250) הפנייה למיון



2. קבל

מיד למיון (לבדיקות וטיפול)

3. פנה

מה נותר לעשות!!?

- להירשם ביחידת הבטיחות
- רישום להדרכת בטיחות לייזרים – תואר ראשון
- ליהנות מהנסויים
- לצחוק כל הדרך הביתה

www1.technion.ac.il

מסחר ופנטים | הקהילה | מידע ושירותים | מחקר | לימודים | רישום וקבלה | אודות | בית

חיפוש | English | YouTube | Facebook | קישורים מהירים

קישורים מהירים

- פקולטות
- מידע ושירותים
- הספריה המרכזית ע"ש אלישר
- Webmail
- מדריך טלפון פנימי
- יחידת הבטחון
- יחידת הביטוח
- מרכז המבקרים ע"ש קולר קליפורניה
- פוקוס - מגזין הטכניון (באנגלית)
- TechnionLive ניוזלטר (באנגלית)
- מגזין הטכניון
- ידיעון שבועי
- אתר הנהלת הטכניון
- אתר המינהלה
- פורטל הטכניון
- ציוד ומעבדות לשירותי מחקר עבור - התעשייה והאקדמיה
- אתר הרכש
- אתר מכרזי הטכניון
- מרכז המחשבים ע"ש טאוב
- שרת הוידאו
- הוראה מתוקשבת - Moodle

אירועים

- 12.3.12, 14.3.12, 15.3.12
המרכז למדעי המתמטיקה, סדרת הרצאות מיוחדת: פרופ' מישל לזו, אוניברסיטת טולוז
- 13-14.3.12
Seiden Frontiers in Science and Engineering Forum - 2012 Workshop on Control Theory in Biology
- 18-20.3.12
The 26th Umbrella Symposium on Sustainable Urban Development
- 20.3.12
טקס הענקת פרס קפלן
- 21.3.12
כנס ישראל לזמות 2012

כנסים ואירועים נוספים



חיפוש באתר זה

אתר הטכניון

MSDS

לומדת בטיחות למעבדות

הדרכות בטיחות

מדיניות יחידת הבטיחות

דף הבית

דף הבית

ברוכים הבאים לאתר יחידת הבטיחות והגהות של הטכניון

שלום רב,

מטרתו של אתר זה לשמש את קהילת הלומדים והעובדים של הטכניון ככתובת מקצועית מרכזית לכל הנושאים הקשורים לבטיחות וגהות:

באתר זה ניתן למצוא כלים רבים שיעזרו לכם בביצוע המטלות והעבודה בצורה בטוחה תוך שמירה על הבריאות ודרישות חוק שונות.

בין היתר כולל האתר:

ריכוז של נהלים מקצועיים בנושאי בטיחות, תקנות וחוקים בנושאי בטיחות, בריאות ואיכה"ס, טכניקות בטיחות, נהלי מעבדות, פרסומים,

דוחות שונים וחדשות שונות בנושאי בטיחות גהות איכות הסביבה ועוד...

דף הבית

בטיחות במעבדות

בטיחות ביולוגית

בטיחות כימית

בטיחות בעבודה ותחזוקה

גלריה

חרום ופינוי

טפסים דייווחים

מדיניות יחידת הבטיחות

מי אנחנו

מבנה אתגוני יחידת הבטיחות

צור קשר

נהלי בטיחות והוראות

קישורים

מפת אתר

טופס הרשמה להדרכות בטיחות בטכניון

אנא מלא טופס זה ובחר את ההדרכה הרצויה לך בסיום לחץ שלא והטופס יתקבל ביחידת הבטיחות. לאחר קליטת הטופס תקבל זימון לקורס מיחידת הבטיחות. בהצלחה

יחידת הבטיחות והגהות בטכניון
טל. 8292146, 8292147
* דרוש

שם ומשפחה *

תעודת זהות *

שם הקורס *

בחר בקורס אחד מהרשימה

- בטיחות בעבודה בלייזר - לסטודנטים לתואר ראשון
- בטיחות בעבודה בגלילי גז
- עבודה בחנקן נוזלי
- בטיחות בעבודה בלייזר - קורס בסיסי
- בטיחות בעבודה בלייזר - קורס רענון 14/3/2012
- בטיחות בעבודה בלייזר - קורס רענון 20/3/2012
- בטיחות בעבודה בלייזר - לסטודנטים לתואר ראשון
- כללי בטיחות בחשמל לעובדי תחזוקה
- נעילה ותיוג
- רעש מזיק
- רענון לנהגי מלגזות
- הסמכת עגורנאים
- קורס רענון למפעילי עגורנים
- כניסה לחלל מוקף
- עבודה בגובה
- ארגונומיה משרדית
- הרמה נכונה - 22.2.2012 - 09.00-11.00
- חילוץ ממעליות
- עזרה ראשונה מחזור א - 11/3/2012
- עזרה ראשונה מחזור ב - 13/3/2012
- קורס כיבוי אש לאנשי ביטחון וחירום

מעבודה/ מחלקה *

טפסים ודיווחים

[טופס דיווח תאונת עבודה/ מחלת מקצוע](#)
[טופס הרשמה להדרכות בטיחות בטכניון](#)

דף הבית

בטיחות במעבדות

בטיחות ביולוגית

בטיחות כימית

בטיחות בעבודה ותחזוקה

גלריה

חרום ופינוי

טפסים ודיווחים

מדיניות יחידת הבטיחות

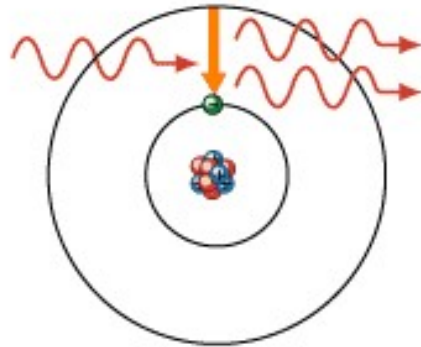
לכן ... שמרו על עצמכם

תודה

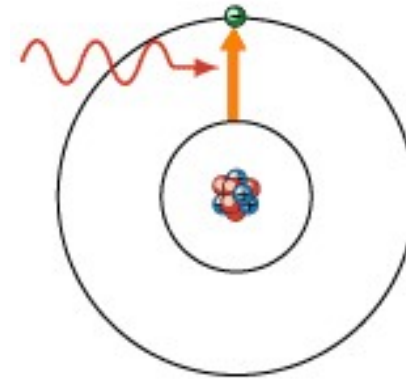
הרחבה לנושאים נוספים

תהליכים מתחרים

היפוך
אוכלוסין



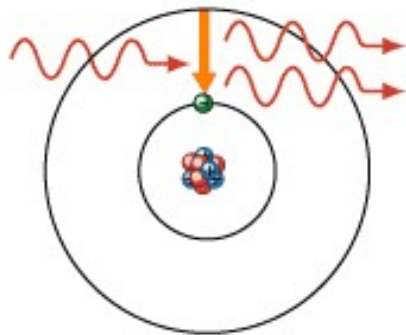
פליטה מאולצת



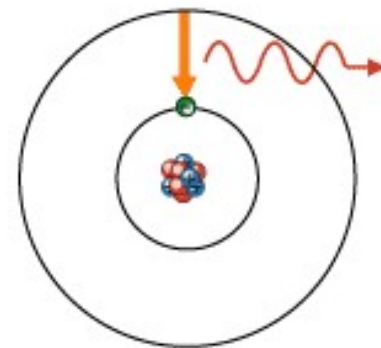
בליעה מאולצת

תהליכים מאולצים
כפונקציה של התפלגות

רמה
יציבה



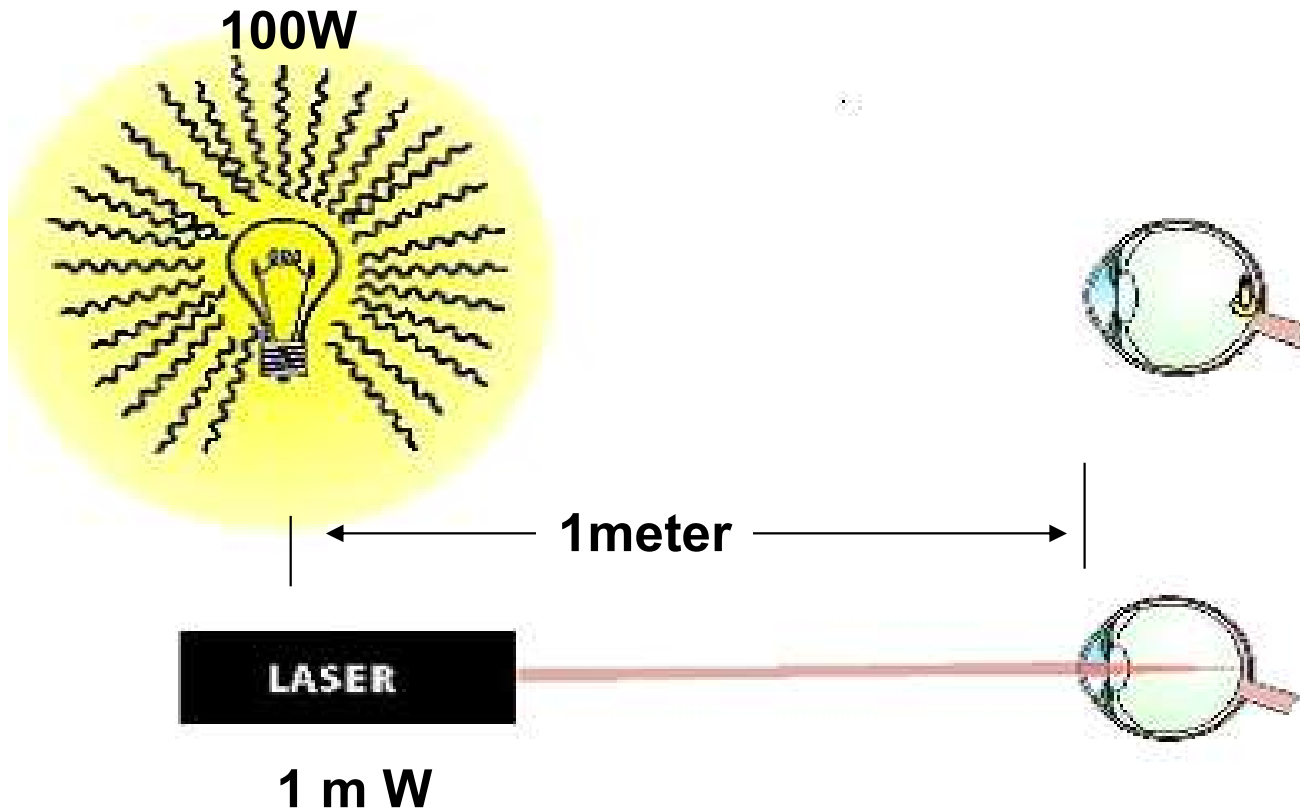
פליטה מאולצת



פליטה ספונטנית

תחרות פליטה
כפונקציה של זמן

איך הכיווניות משפיעה על העיניים שלנו?



מהי צפיפות ההספק על הרשת

א. במקרה של נורת להט
בהספק 100W

גודל הדמות על הרשתית :
300 מיקרומטר

ב. במקרה של לייזר

בהספק 1mW

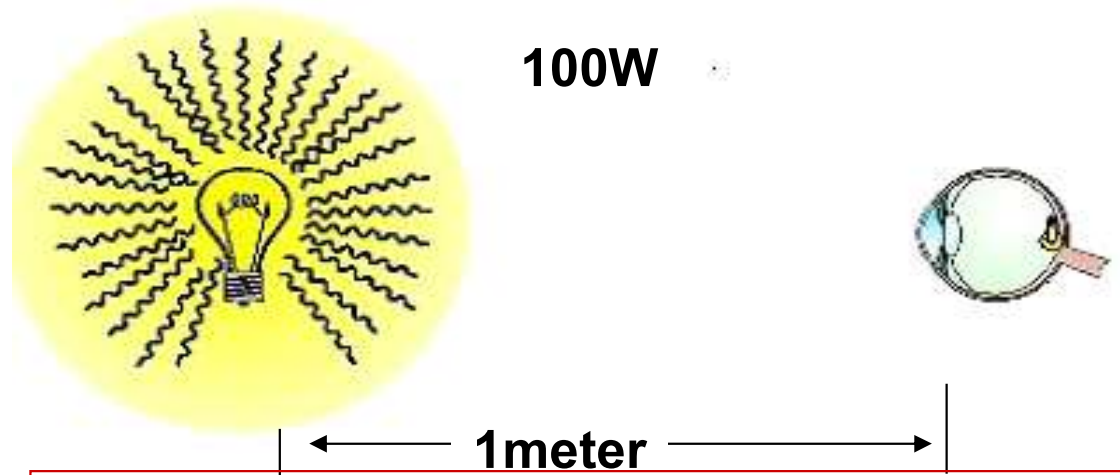
גודל הדמות על הרשתית :
10 מיקרומטר

קוטר האישון : 7mm

קוטר גלגל העין : 17mm

ההספק עד לקרנית

במקרה של נורת להט:
 מתפשט על מעטפת P ההספק
 כדור מסביב לנורה
 רדיוס מעטפת ההספק על הקרנית
 $R=1\text{meter}$



הספק הלייזר על הקרנית
 נשאר ללא שינוי

$$P_{\text{corn Laser}} = 10^{-3}\text{W}$$

שטח המעטפת	$A=4\pi R^2 = 4\pi 1000^2$
ההספק ליד הנורה	$P_0=100\text{W}$
ההספק ליחידת שטח	$E_1 = P_0/A$
	$E_1 = 100/(4\pi 1000^2)$
שטח הקרנית	$A_{\text{corn}} = \pi (D_{\text{corn}})^2/4$
	$A_{\text{corn}} = \pi 7^2/4$
	$= 38.5 \text{ mm}^2$
הספק על הקרנית	$P_{\text{corn}} = E_1 \times A_{\text{corn}}$
	$P_{\text{corn}} = 100/(4\pi 1000^2) \times 38.5$
	$P_{\text{corn}} = 3 \times 10^{-4}\text{W}$

השפעת המיקוד על הרשתית

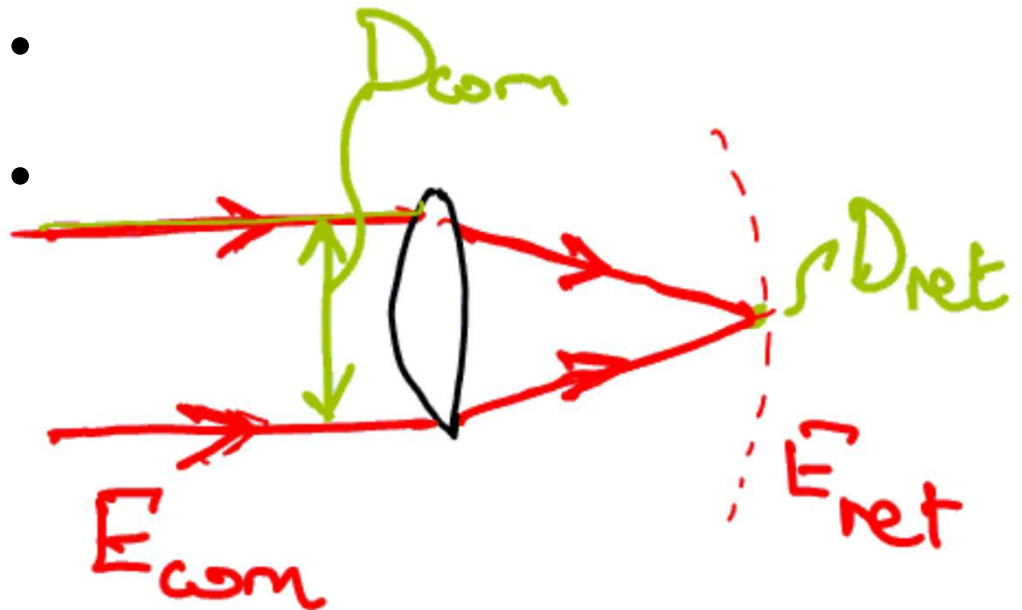
$$E_{\text{corn}} = P_{\text{corn}}/A_{\text{corn}} \quad \bullet$$

$$E_{\text{ret}} = P_{\text{ret}}/A_{\text{ret}} \quad \bullet$$

גודל קוטר הדמות על הרשתית

About 10 μm diam –

$$A_{\text{ret}} = 78.5 \times 10^{-6} \text{ mm}^2 \text{ –}$$



לכן

$$E_{\text{ret}}/E_{\text{corn}} = A_{\text{corn}}/A_{\text{ret}}$$

$$= 38.5/78.5 \times 10^{-6} \text{ mm}^2$$

$$E_{\text{ret}}/E_{\text{corn}} \sim 5 \times 10^5$$

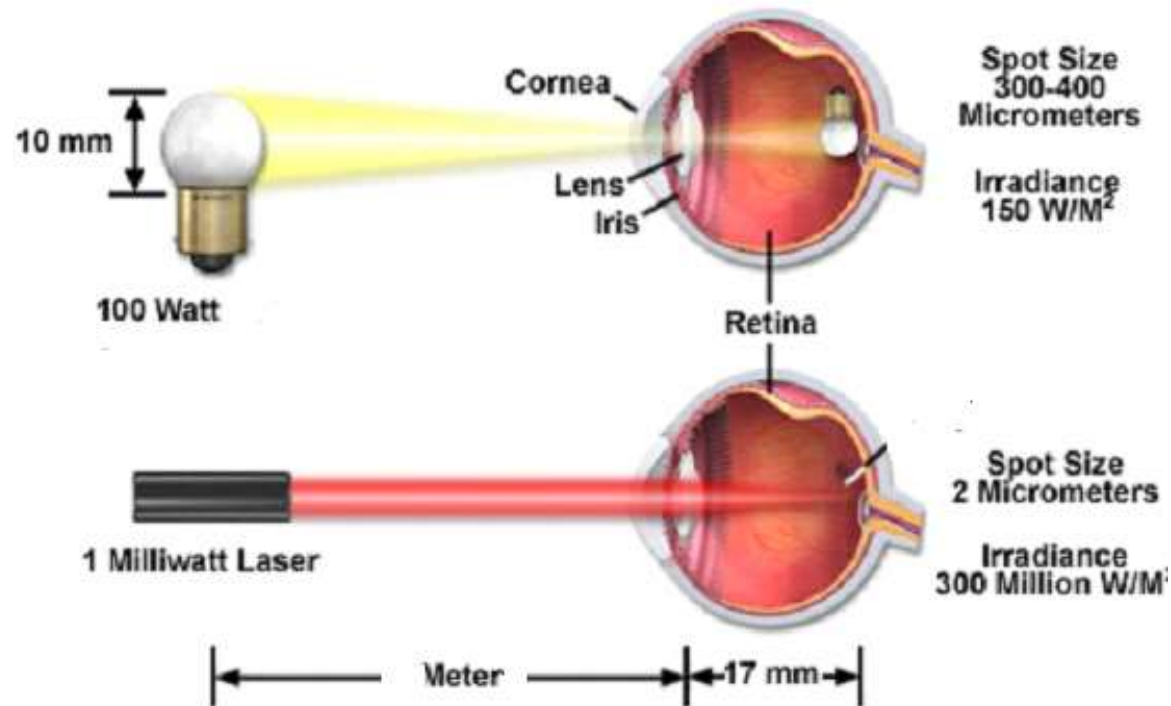
עוצמת הארה על הרשתית גדולה

פי 100000 מאשר על הקרנית

עוצמת הארה על הרשתית

צפיפות ההספק על הרשתית

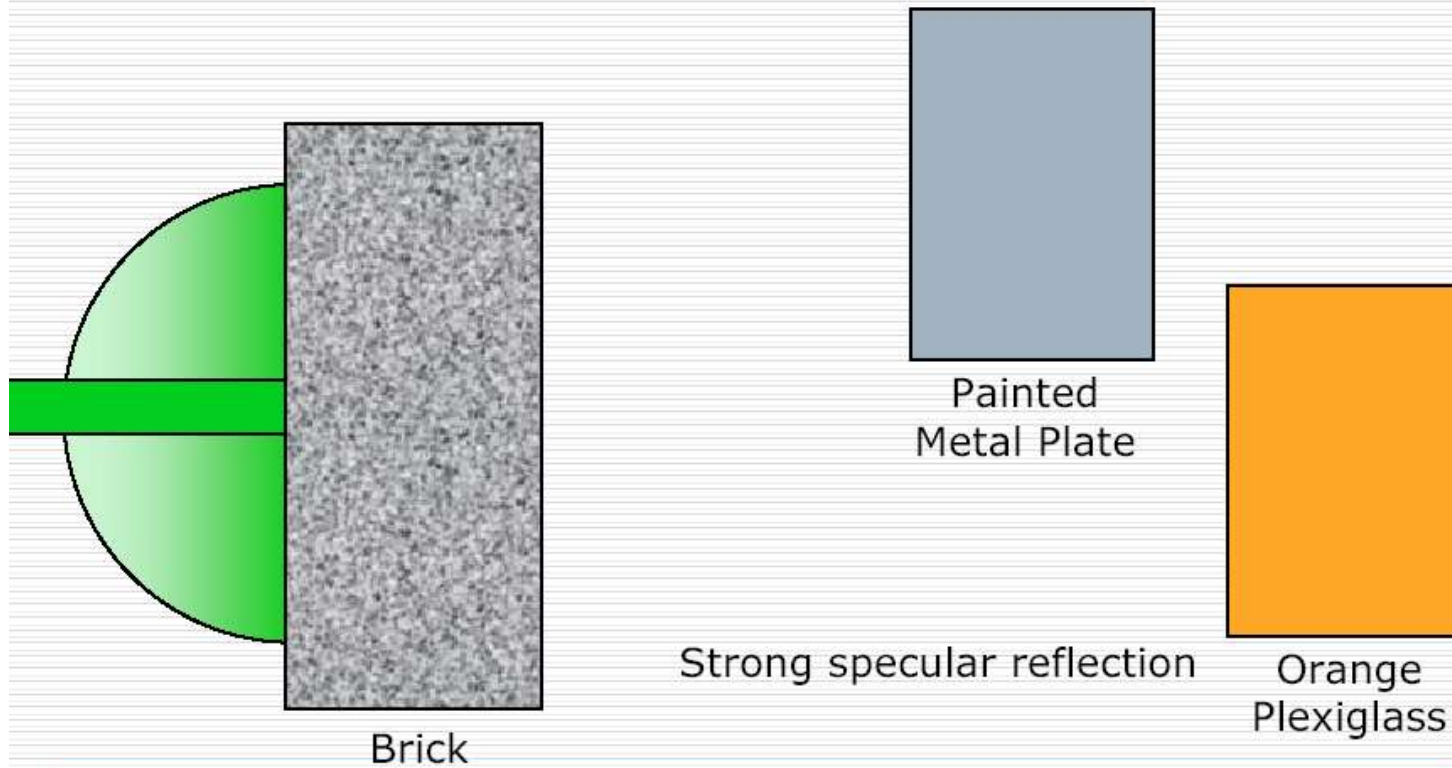
$$E_{ret \text{ lamp}} = 150 \text{ W/M}^2 \quad \leftarrow \text{נורת הלהט } 100 \text{ W}$$



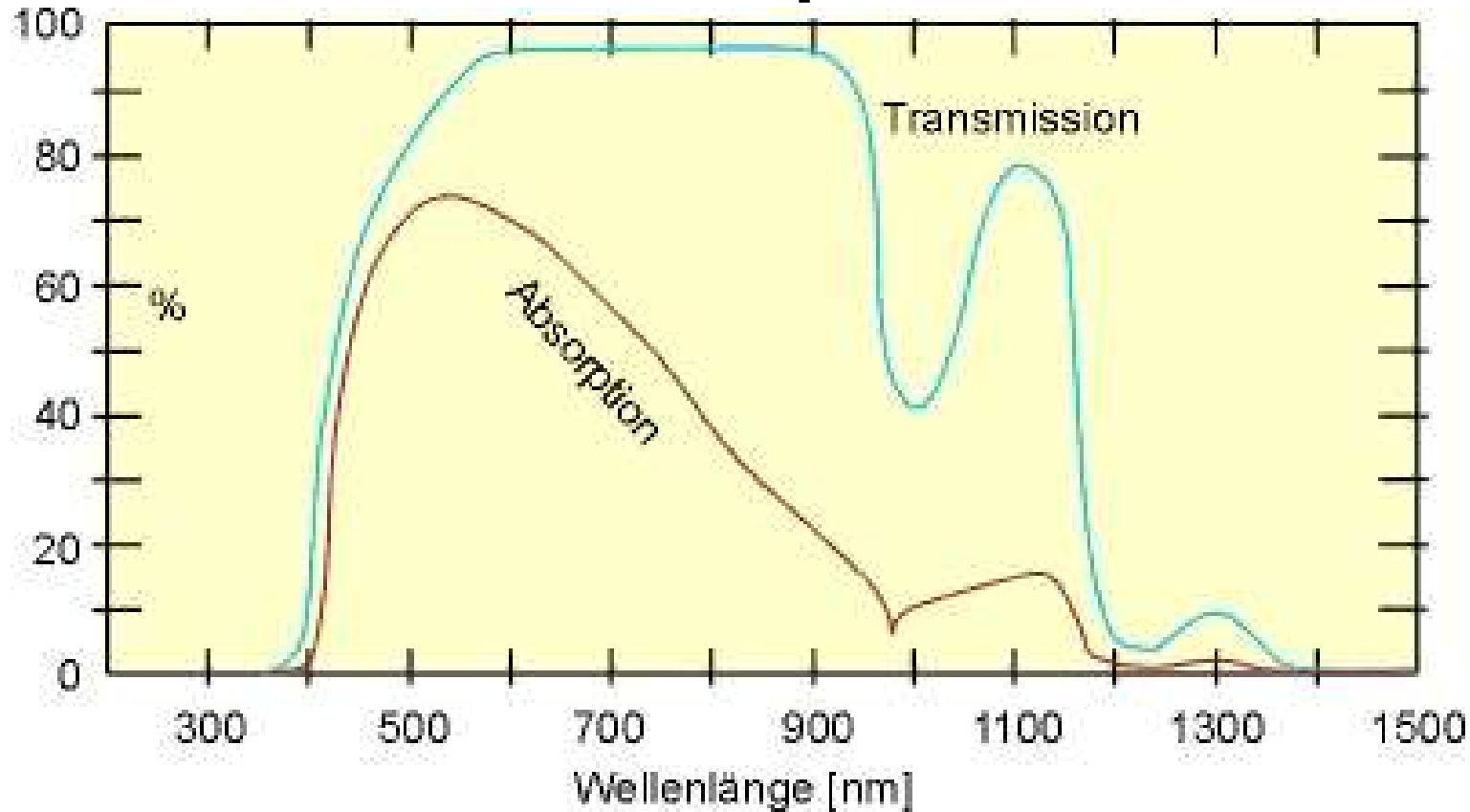
$$E_{ret \text{ laser}} = 300 \cdot 10^6 \text{ W/M}^2 \quad \leftarrow \text{לייזר } 1 \text{ mW}$$

חוסמי קרן – גרועים לאנרגיות גבוהות

Bad Beam Dumps (High Power)

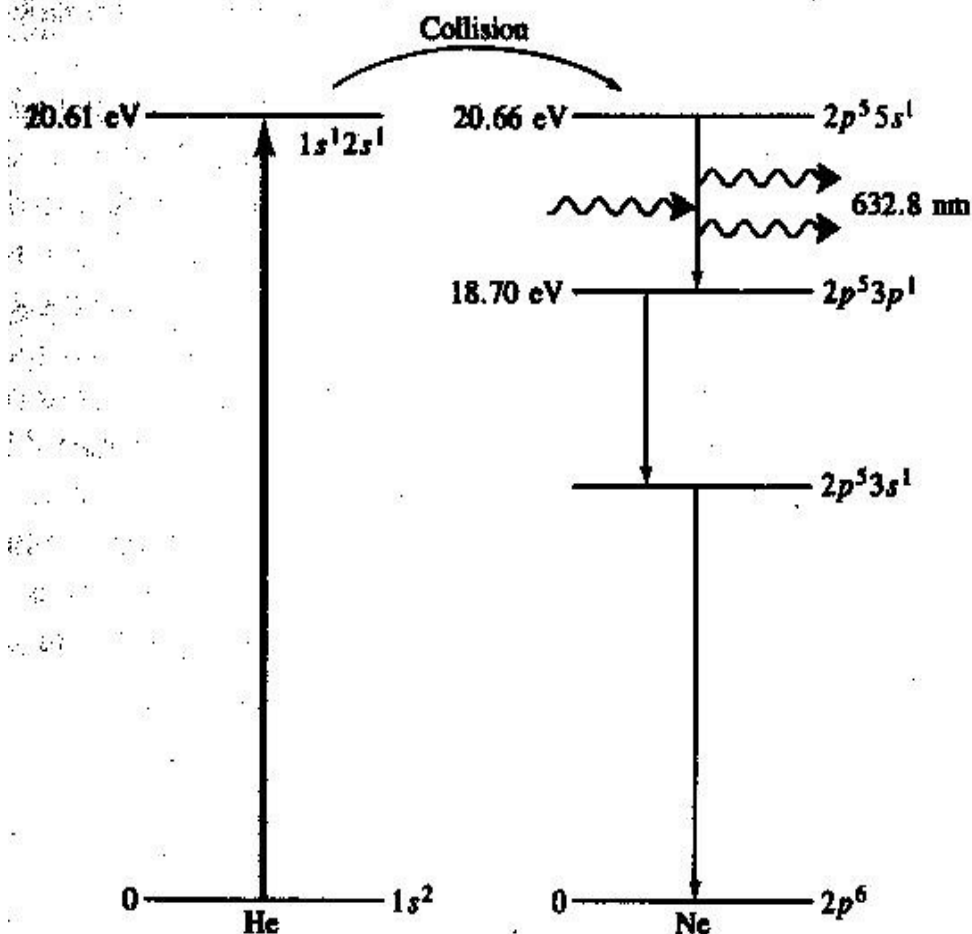


Eye transmission & retina absorption



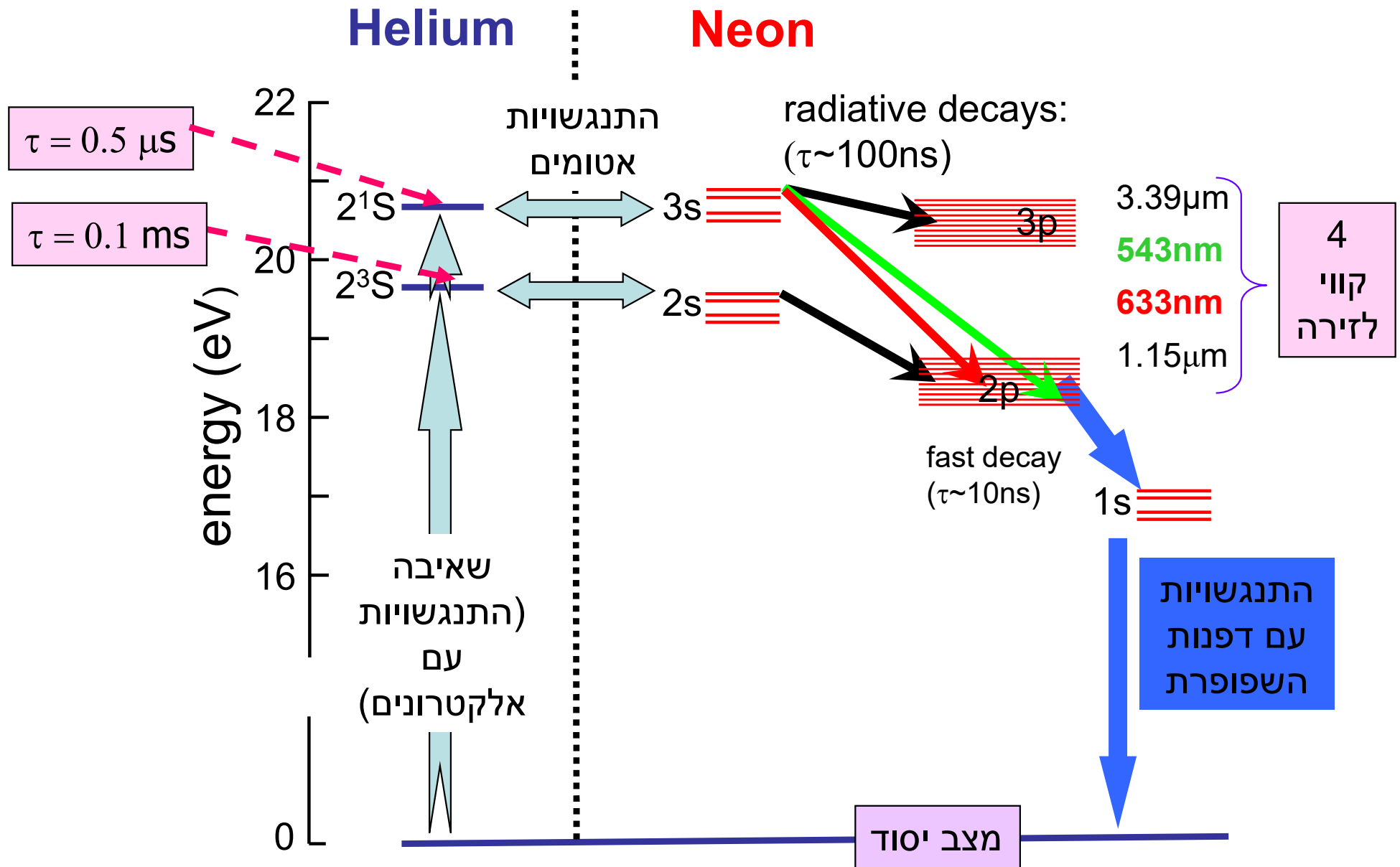
Transmission of the vitreous gel + lense
And absorption (red line) by the retina

לייזר-היפוך אוכלוסיה HeNe

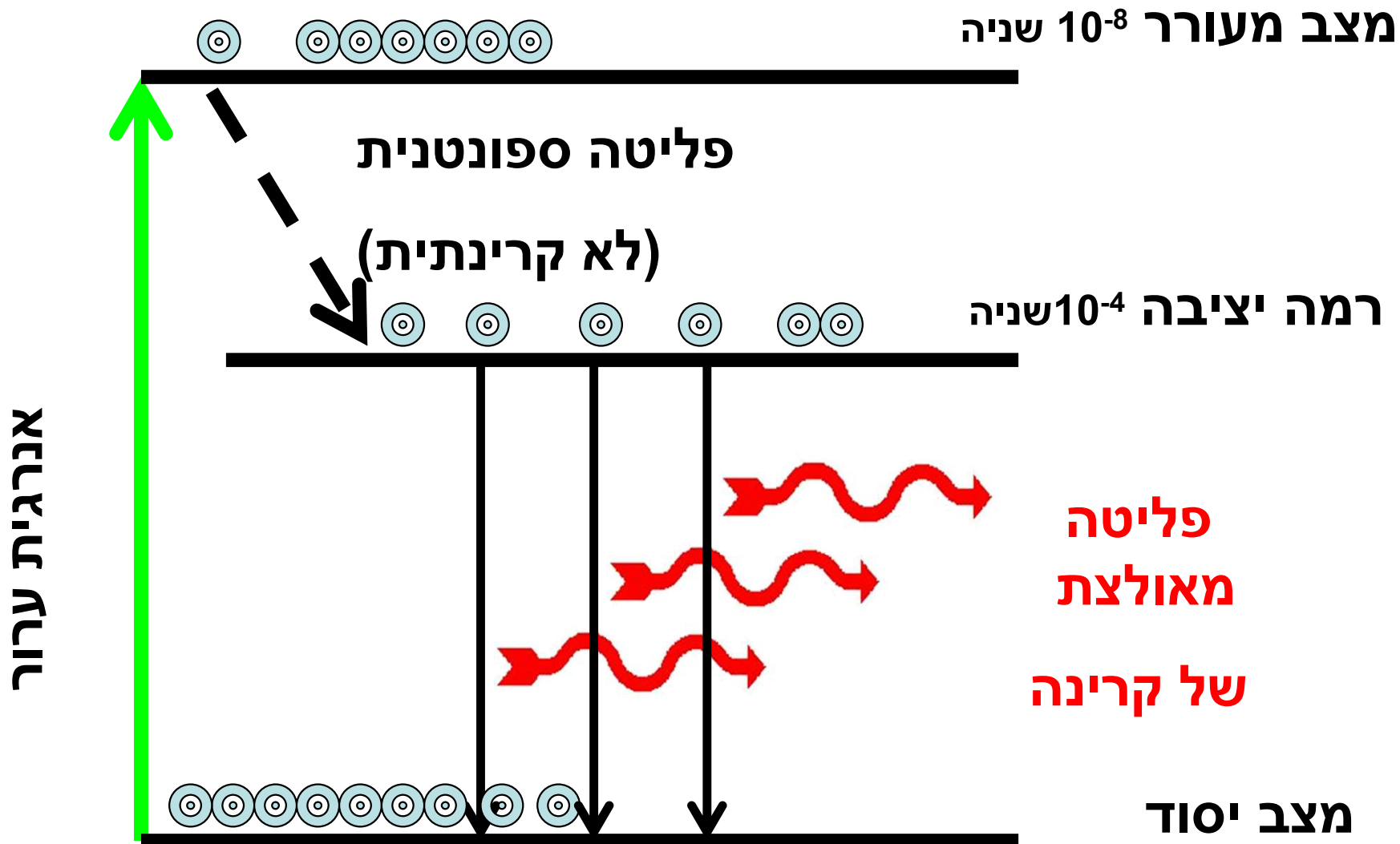


1. אטומי הליום ממעוררים למצב מטה-סטבילי (ע"י התנגשויות עם אלקטרונים בשפופרת גז)
2. התנגשות He לבין Ne . מעלים את הנאון לרמת האנרגיה העליונה,
3. Ne יורד תוך פליטת פוטון.
4. פוטון זה יוזם מעברים קרינתיים באטומי נאון אחרים שהגיעו לרמת אנרגיה זו. פליטה מאולצת

רמות האנרגיה של לייזר He-Ne



עקרונות פעולת הלייזר



נצילות אורית של לייזר He-Ne

לייזר He:Ne

צורך 8mA במתח $V = 3\text{kV DC}$.

ההספק האורי המופק ממנו הוא

$$P_{\text{laser}} = 7 \text{ mW}$$

חשב את היעילות האורית.

$$\begin{aligned} P_{\text{elec}} &= IV \\ &= (8 \times 10^{-3}) \times (3 \times 10^3) \\ &= 24 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{laser}}}{P_{\text{elec}}} = 2.9 \times 10^{-4}$$

• אינטראקציה בין אור לרקמה

1. בליעה

2. פיזור

• מנגנוני האינטראקציה

1. אינטראקציה תרמית

• אפליקציות רפואיות של הלייזר

2. הדמיה אופטית

3. ציטומטר זרימה

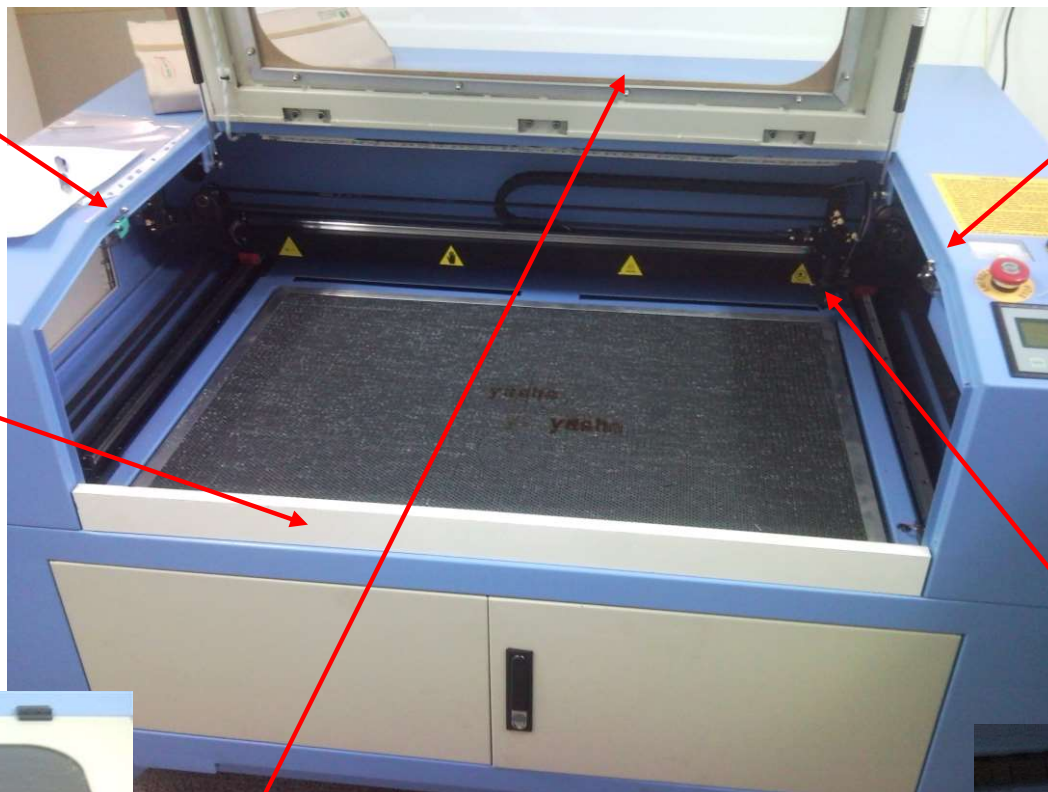
שיבה בטיחותית ניסוי במעבדה



Fail Safe Interlock



Fail Safe Interlock



Block of stray light

5 mW red laser for alignment



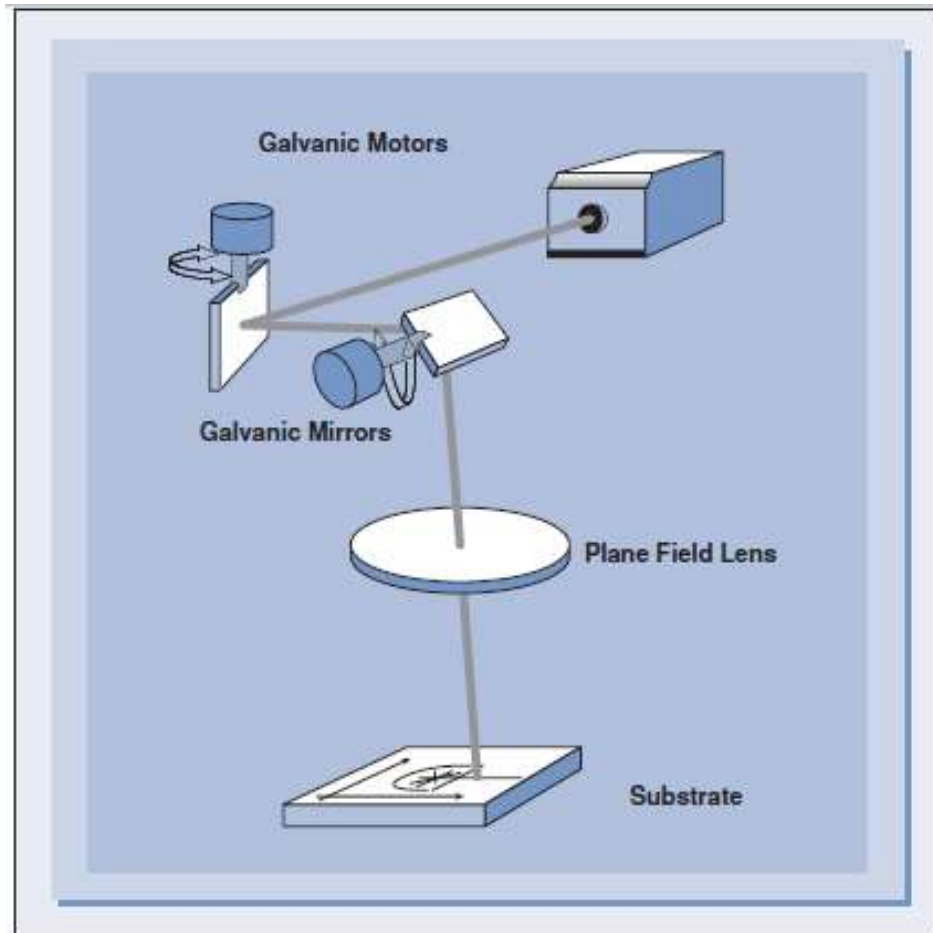
**Door
With blocking of stray light
& spacers for Ventilation**



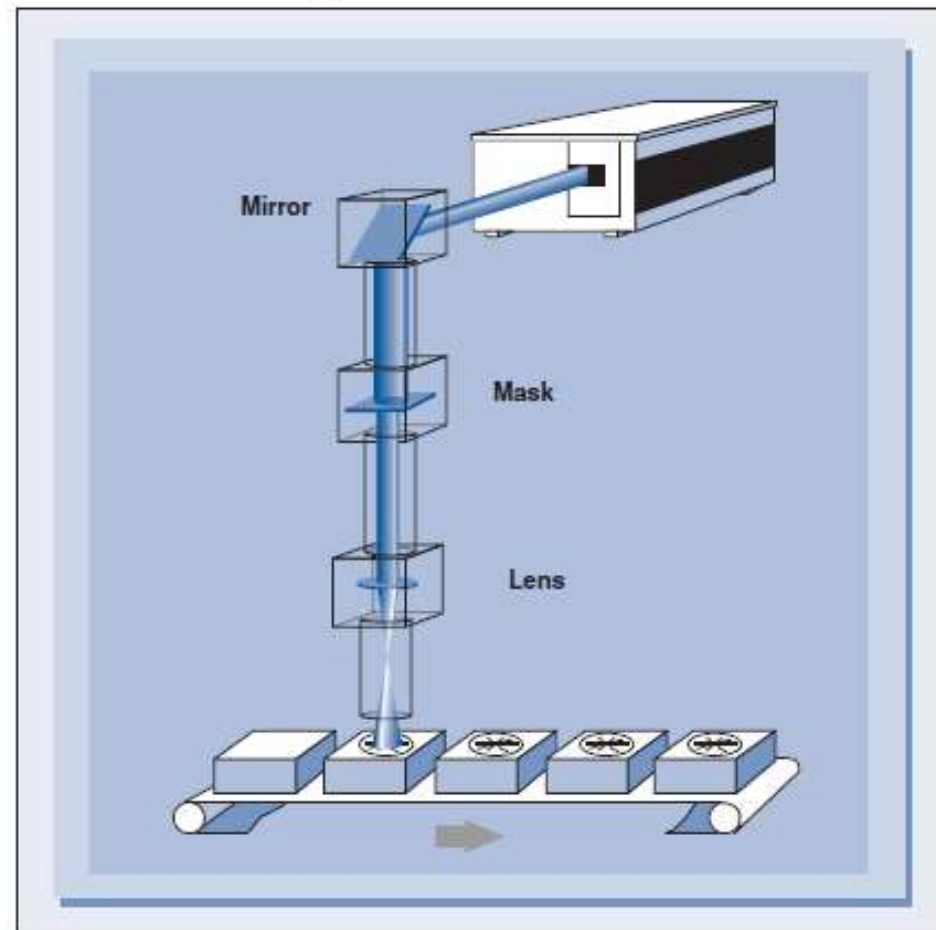


חשיבה בטיחותית

ניסוי במעבדה



Laser marking with a mask.

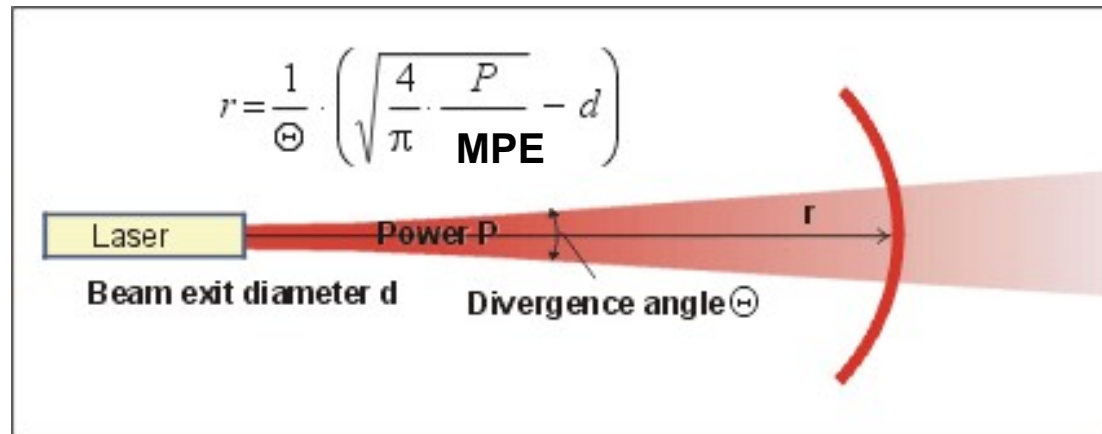




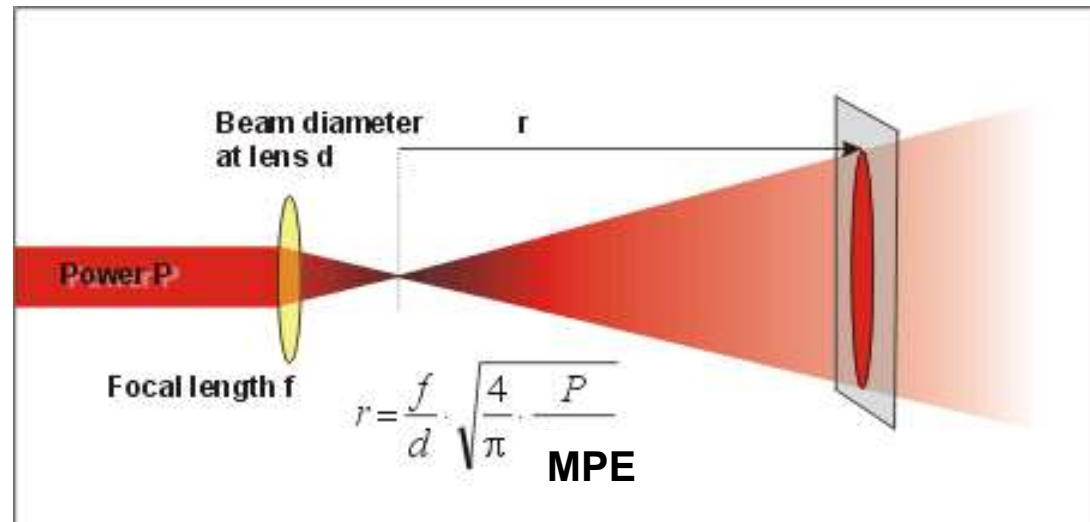
Minimal Hazard Distance (NHD)

NHD for a laser of given power and exit beam diameter is given by the formula

Divergent beam



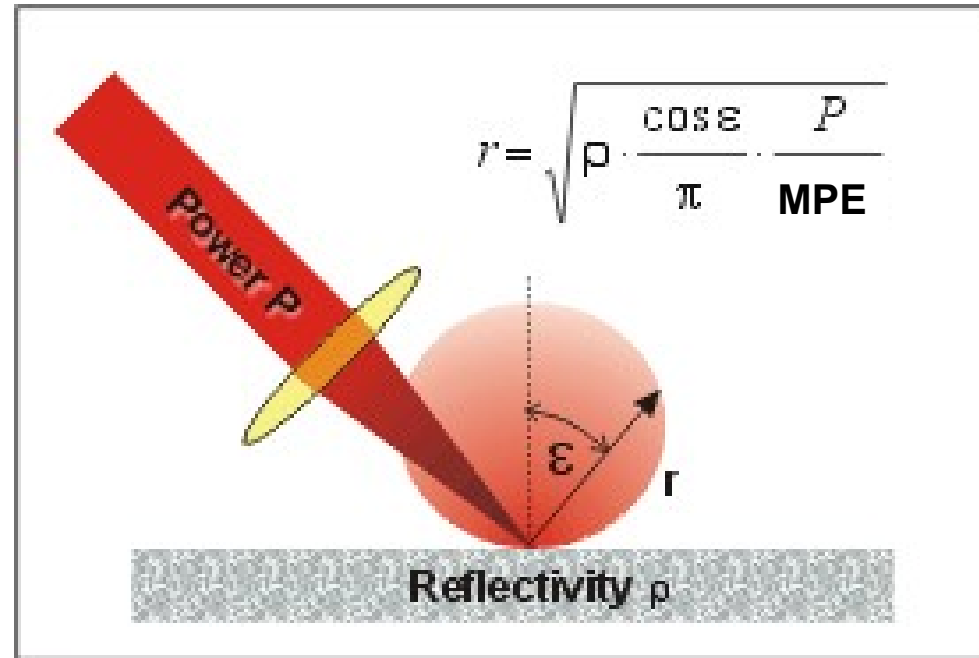
Focused beam



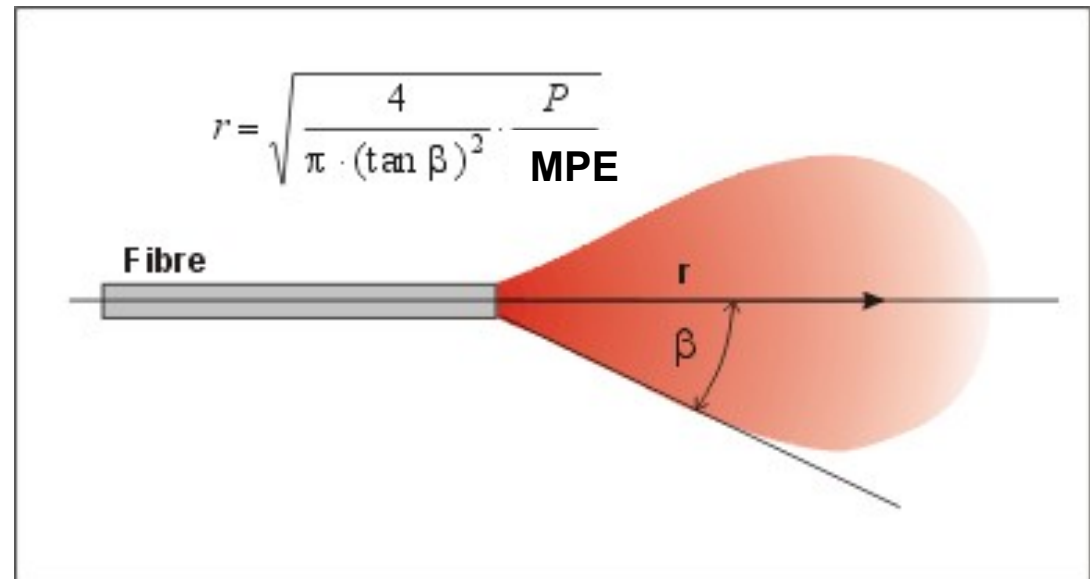


Minimal Hazard Distance (NHD)

Diffuse reflection



Fibre





NHZ חישוב

A CO₂ laser with a power P of 1000 W and exit beam diameter d out of the laser of 3 cm is focused by a convex lens of focal length $f_0 = 20$ cm. Determine the nominal hazard distance (NHD) from the focal point of lens

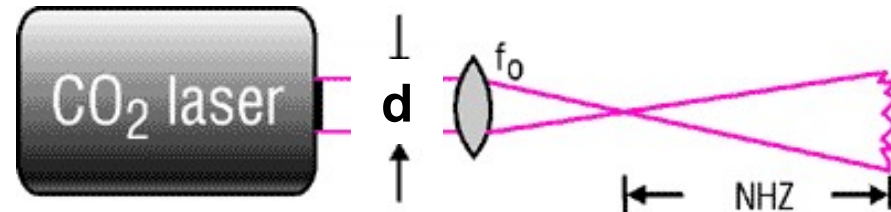
Given: $P = 1000$ W (power)

$f_0 = 20$ cm (focal length of lens)

$d = 3$ cm (beam diameter at exit)

MPE = 0.1 W/cm²

$$\text{NHZ} = \frac{f_0}{d} \left(\frac{4P}{\pi(\text{MPE})} \right)^{\frac{1}{2}}$$



$$\begin{aligned} \text{NHZ} &= (20/3) * ((4 * 1000) / (3.14 * 0.1))^{0.5} \\ \text{NHZ} &= 752 \text{ cm} = 7.52 \text{ m} \end{aligned}$$