

Studijos ir darbo sauga

Lazerinė spinduliuotė
(Dirbtinė optinė spinduliuotė)



Big Scary Laser

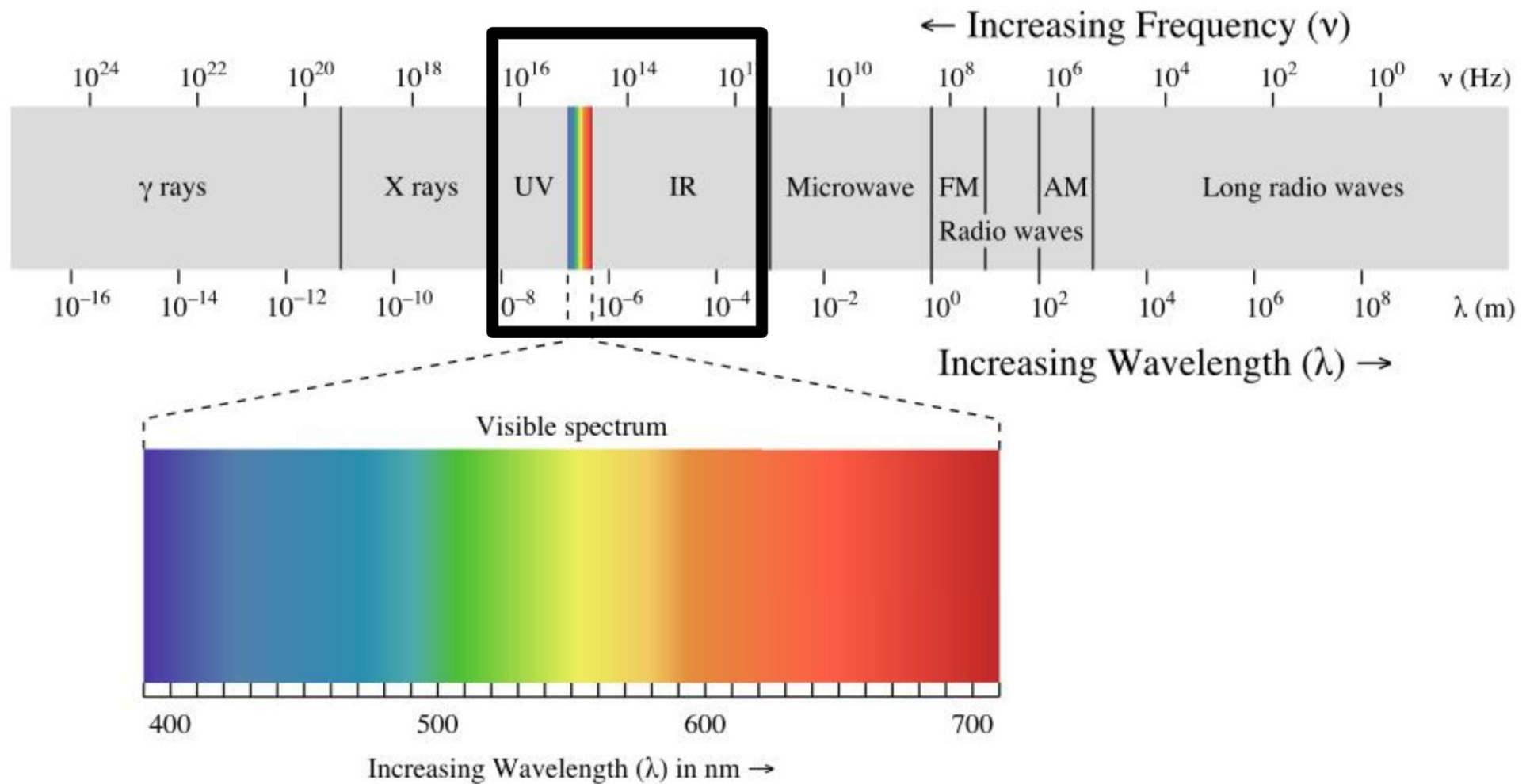
**Do not look Into beam
with remaining eye**

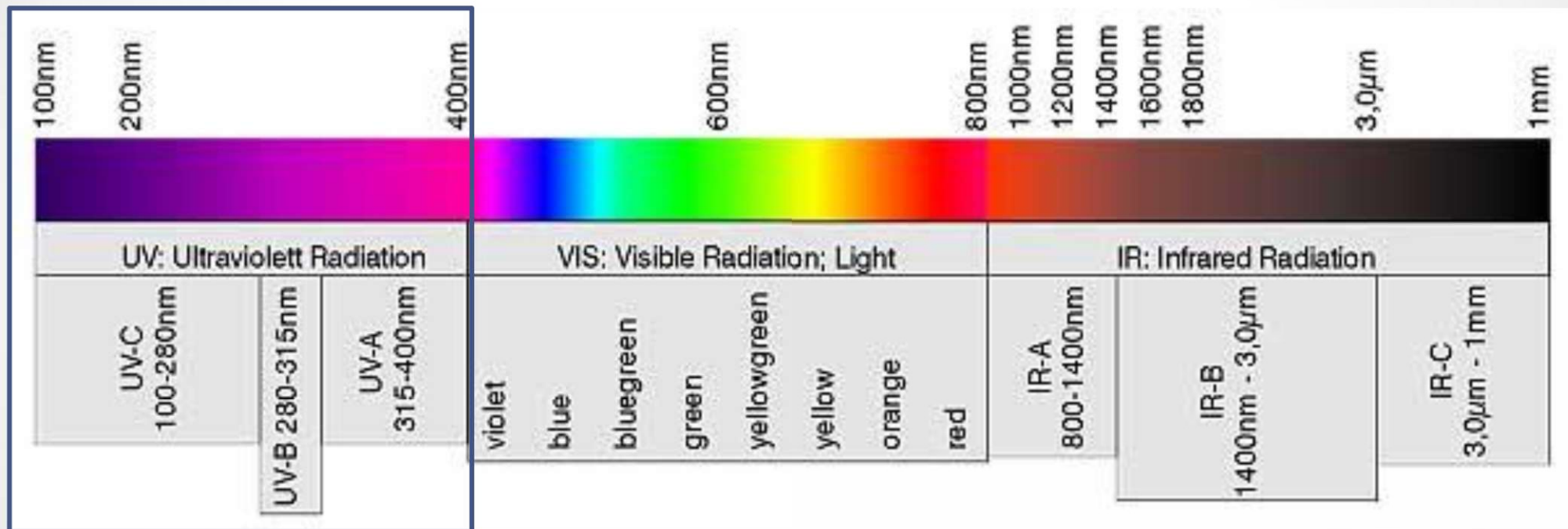
www.electricstuff.co.uk

Lazerinė spinduliuotė



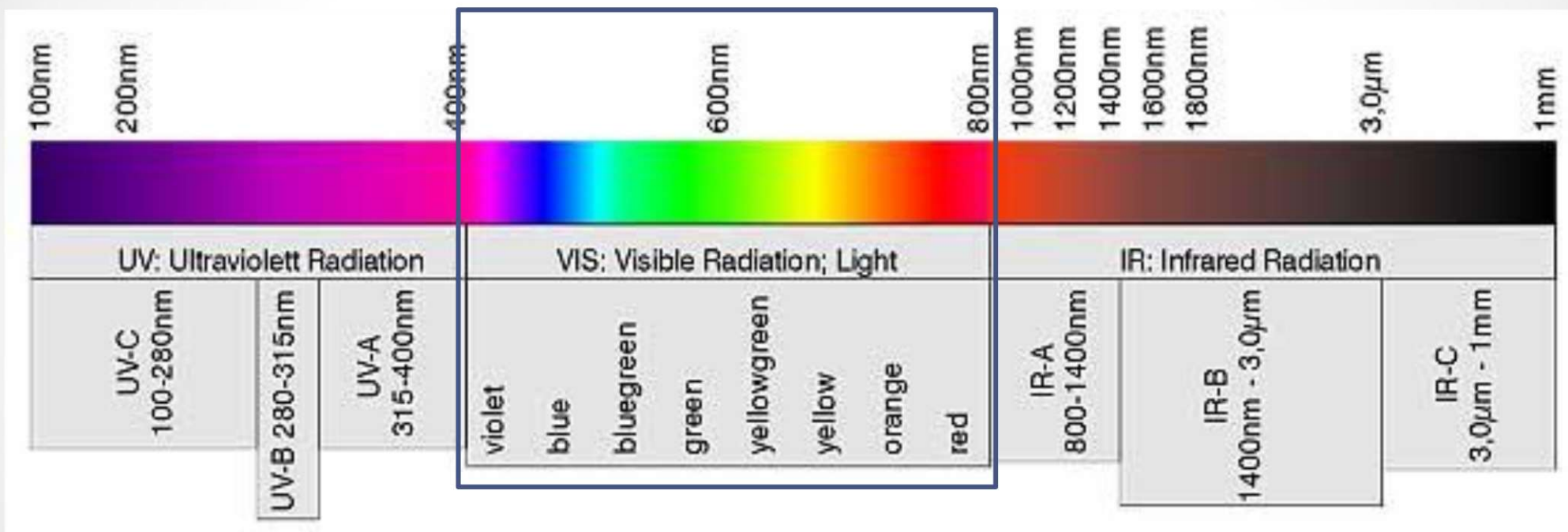
Elektromagnetinės bangos





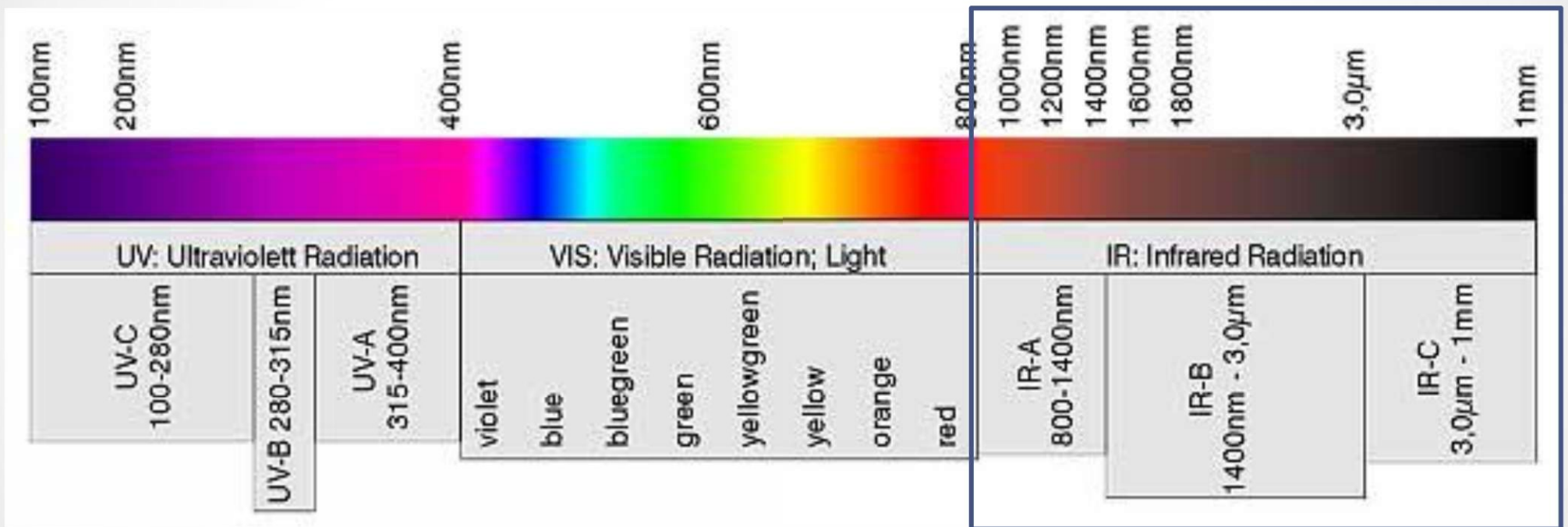
UV naudojimo sritys

Bangos ilgis	Panaudojimas	Šalutinio produkto susidarymas
UV C	Baktericidinė sterilizacija Fluorescencija (laboratorijoje) Fotolitografija	Rašalo džiovinimo metu Kai kur zoniniame ir darbiname apšvietime Veikiant kai kurioms projekcinėms lempoms Lankinio suvirinimo metu
UV B	Saulės vonios Fototerapija Fluorescencija (laboratorijoje) Fotolitografija	Veikiant baktericidinėms lempoms Rašalo džiovinimo metu Kai kur zoniniame ir darbiname apšvietime Veikiant projekcinėms lempoms Lankinio suvirinimo metu
UV A	Fluorescencija (laboratoriniai darbai, neardomieji bandymai, pramoginiai efektai, kriminologija, klastočių nustatymasi, turto žymėjimas) Fototerapija Saulės vonios Rašalo džiovinimas Vabzdžių gaudyklės Fotolitografija	Veikiant baktericidinėms lempoms Kai kur zoniniame ir darbiname apšvietime Veikiant projekcinėms lempoms Lankinio suvirinimo metu



Regimosios šviesos naudojimo sritys

Bangos ilgis	Panaudojimas	Šalutinio produkto susidarymas
Regimoji	Zoninis ir darbinis apšvietimas Indikatorių lemputės Šviesoforai Plaukų ir iškilusių venų šalinimas Rašalo džiovinimas Vabzdžių gaudyklės Fotolitografija Kopijavimas Projekcijoms TV ir AK ekranuose	Saulės voniose Kai kuriose šildymo ir džiovinimo srityse Suvirinimo metu

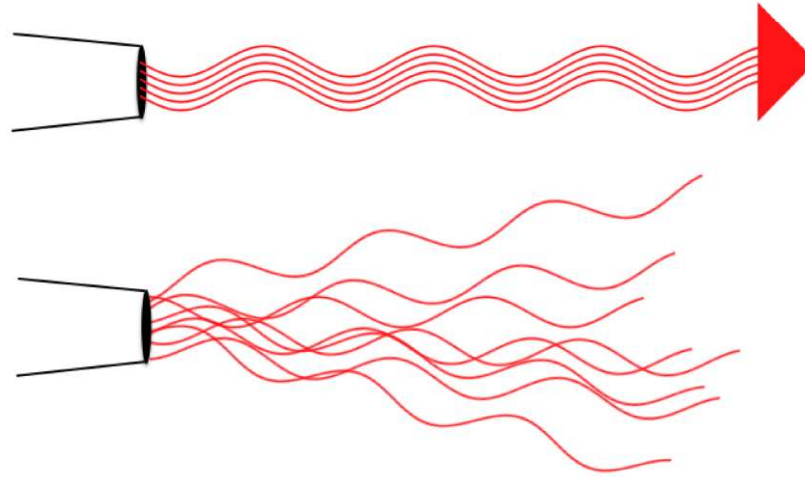


IR naudojimo sritys

Bangos ilgis	Panaudojimas	Šalutinio produkto susidarymas
IR A	Sekimo apšvietimas Šildymas Džiovinimas Plaukų ir iškilusių venų šalinimas Ryšių sistemos	Kai kur zoniniame ir darbiniam apšvietime Suvirinimo metu
IR B	Šildymas Džiovinimas Ryšių sistemos	Kai kur zoniniame ir darbiniam apšvietime Suvirinimo metu
IR C	Šildymas Džiovinimas	Kai kur zoniniame ir darbiniam apšvietime Suvirinimo metu

Noherentinė ir nekoherentinė spinduliuotė

- Koherentinė – lazerinė spinduliuotė

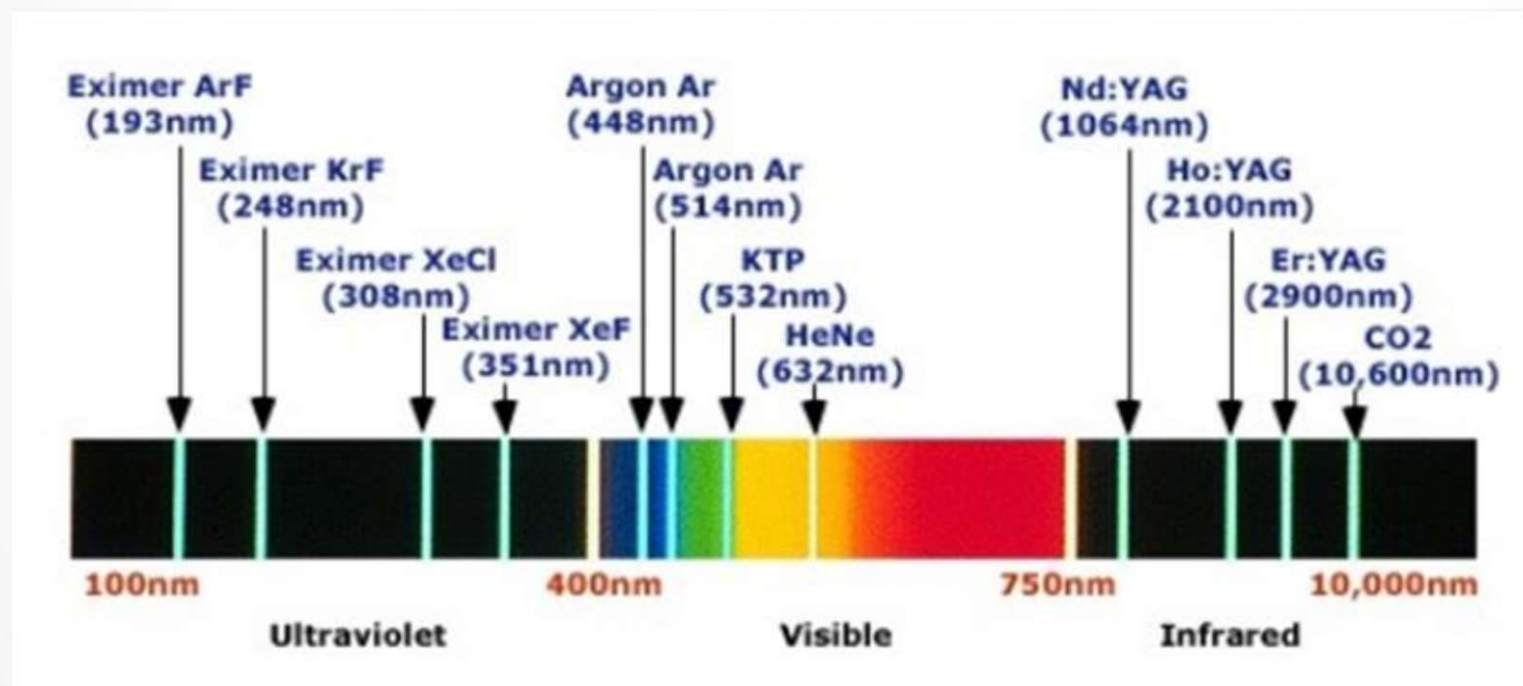


Nekoherentinė – kaitrinės lempos šviesa

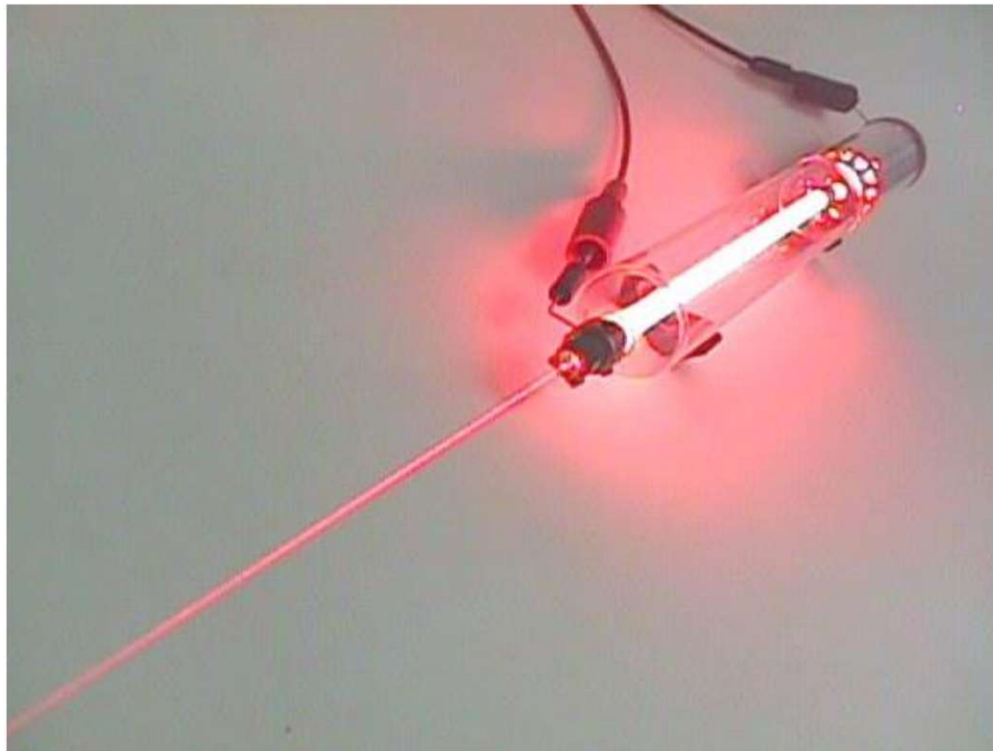
Lazerių rūšys

- Dujiniai
- Kietakūniai
- Pluošto
- Plonojo disko
- Puslaidininkiniai
- Skysčio (dažų)

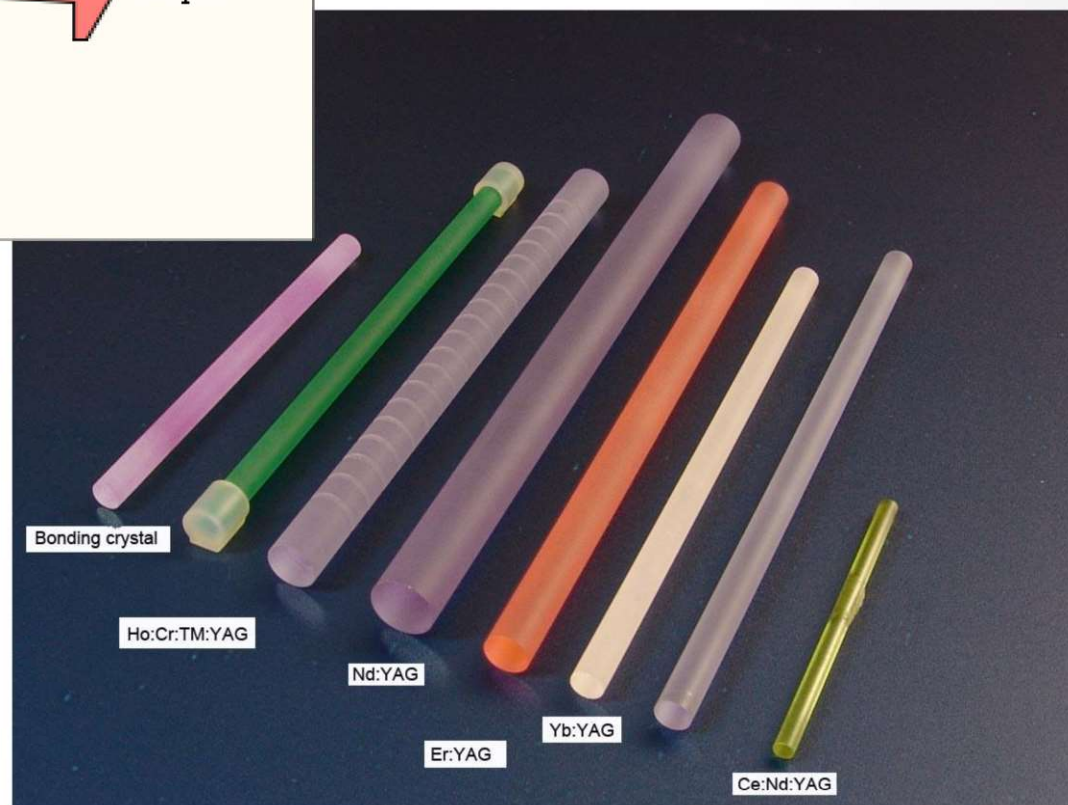
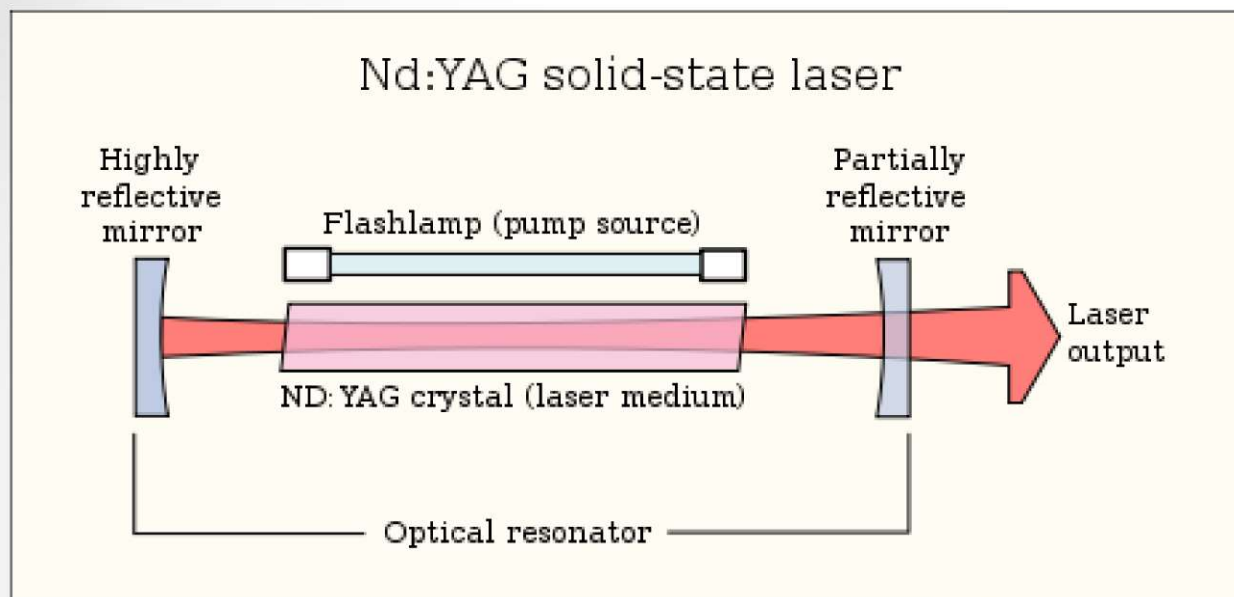
Lazerių generuojami bangos ilgiai



Dujiniai lazeriai

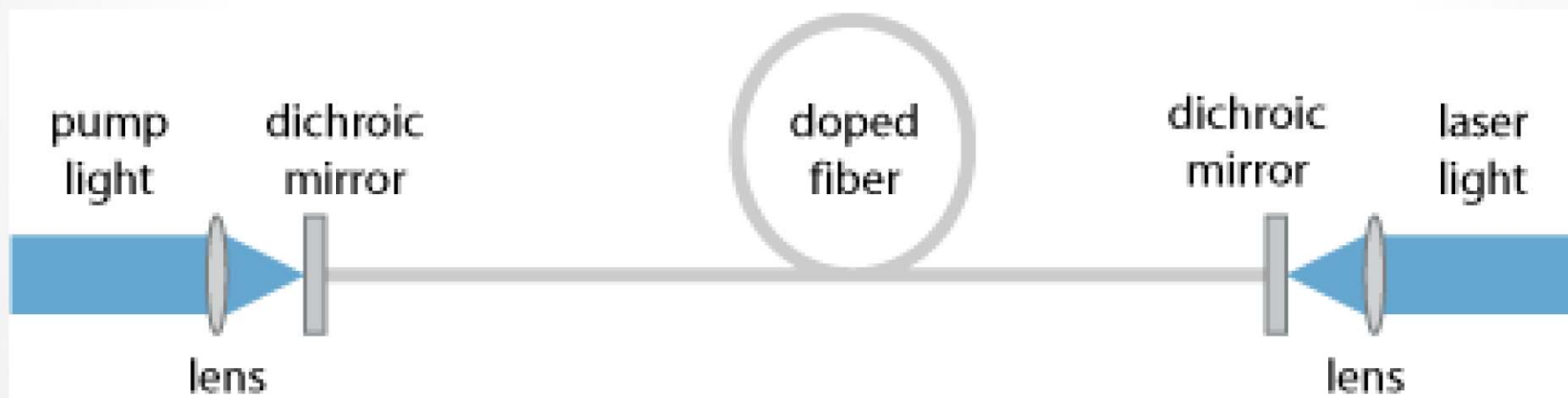


Kietakūniai lazeriai



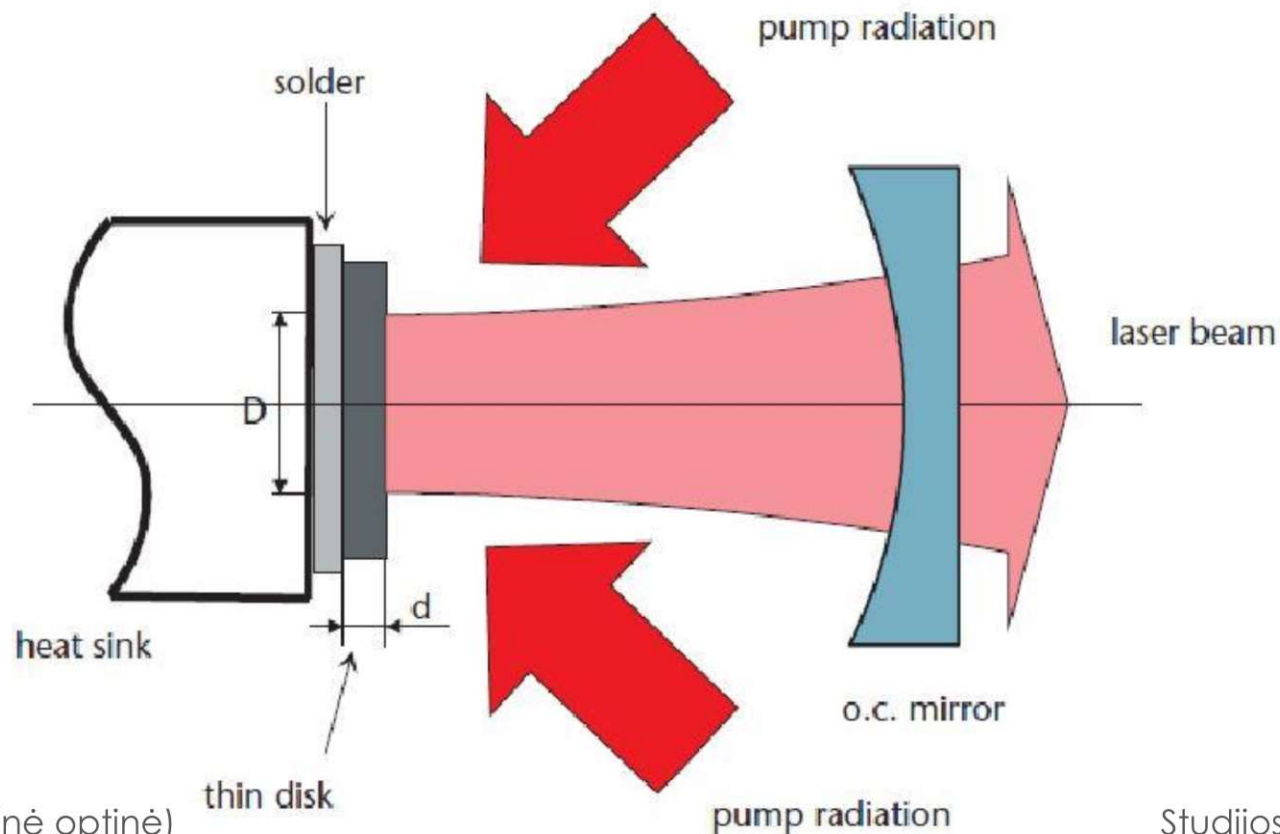
Pluošto (skaidulinis) lazeris

Tipas	Lazeris	Pagrindinis bangos ilgis	Galia
PLUOŠTO	Iterbio (Yb)	1 030–1 120 nm	NW iki kW



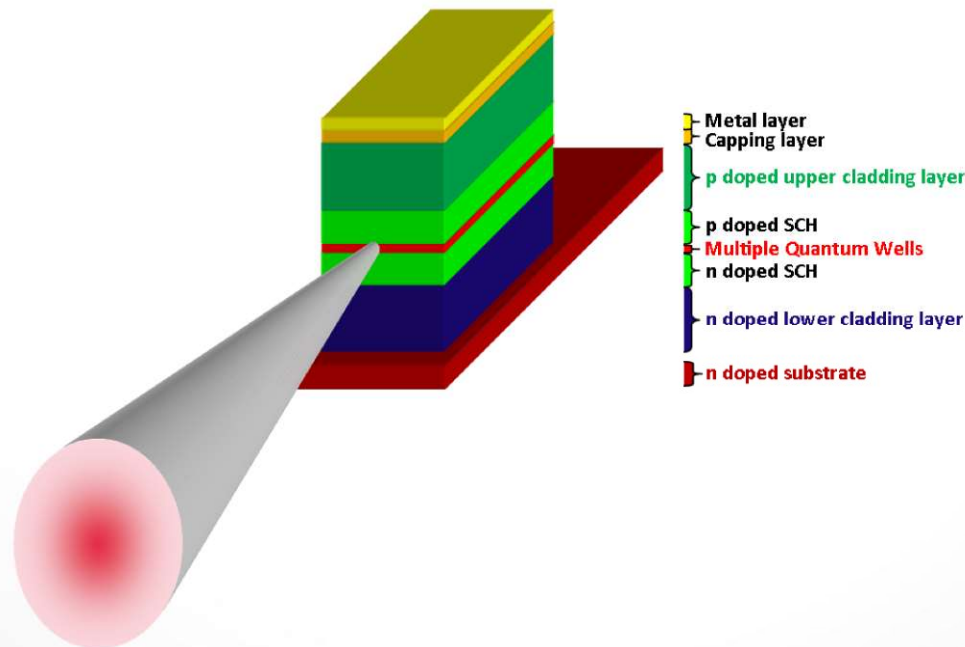
Plono disko lazeris

Tipas	Lazeris	Pagrindinis bangos ilgis	Galia
PLONOJO DISKO	Iterbio: YAG (Yb:YAG)	1 030 nm	CW iki 8 000 W



Puslaidininkiniai lazeriai

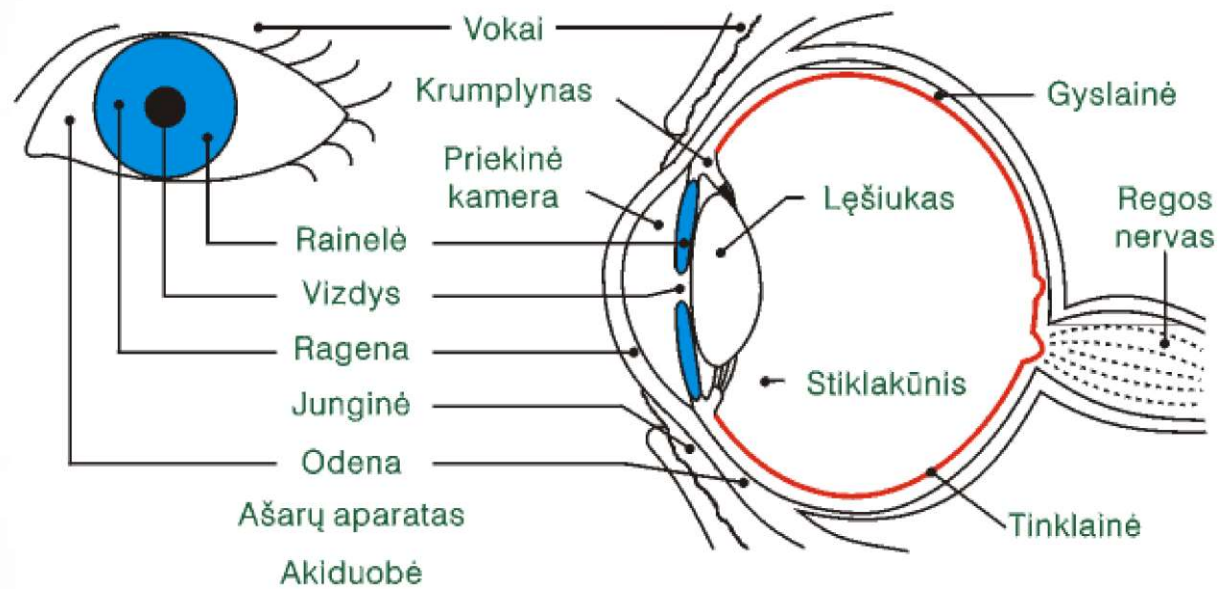
Tipas	Lazeris	Pagrindinis bangos ilgis	Galia
PUSLAIDI-NINKINIAI	GaN GaAlAs InGaAsP	400–450 nm 600–900 nm 1 100–1 600 nm	NW (kai kurie impulsiniai) iki 30 W



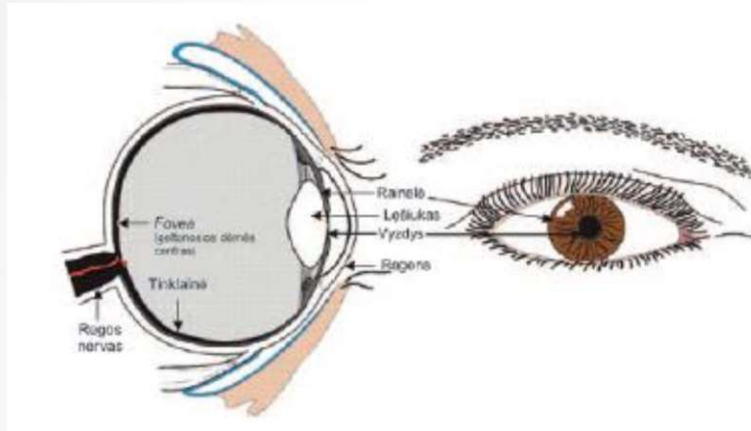
Lazerių panaudojimas

Kategorija	Naudojimo pavyzdžiai
Medžiagų apdirbimas	Pjaustymas, suvirinimas, lazerinis ženklavimas, gręžimas, fotolitografija, sparti gamyba
Optiniai matavimai	Atstumų matavimas, tipografinis matavimas, lazerinis greičio matavimas, lazerinis vibracijų matavimas, elektroninė speklų vaizdų interferometrija, optinio pluošto hidrofoni, didelės spartos vaizdavimas, dalelių rūšiavimas
Medicina	Oftalmologija, refrakcinė chirurgija, fotodinaminė terapija, dermatologija, lazeriniai skalpeliai, kraujagyslių chirurgija, dantų gydymas, medicininė diagnostika
Ryšių sistemos	Su šviesolaidžiais, laisvaerdvio, naudojant palydovus
Optika pagrįstas informacijos saugojimas	Kompaktiniai diskai ir DVD, lazerinis spausdintuvas
Spektroskopija	Medžiagų nustatymas
Holografija	Pramogos, informacijos saugojimas
Pramogos	Lazerių šou, lazerinės rodyklės

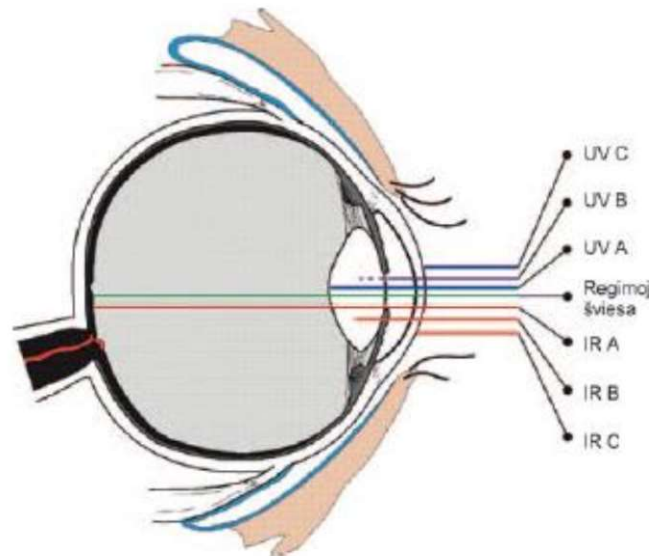
Akis



Optinės spinduliuotės biologinis poveikis akims



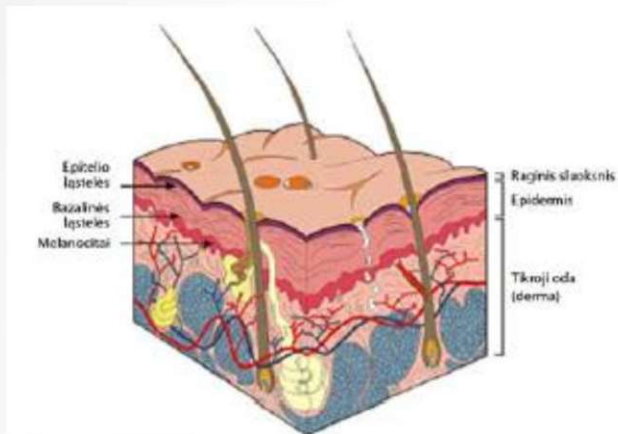
Į akį patenkanti šviesa praeina pro rageną, priekinę kamerą, po to pro kintančią apertūrą (vyzdį), lęšiuką, stiklakūnį ir galiausiai sufokusuojama ant tinklainės. Regos nervas perduoda signalus iš tinklainėje esančių šviesos fotoreceptorių į smegenis.



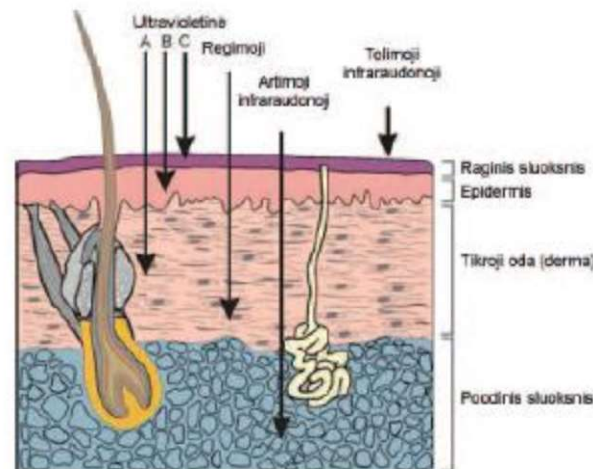
Optinės spinduliuotės poveikis sveikatai

Bangos ilgis (nm)		Akys	Oda
100–280	UV C	Fotokeratitas Fotokonjunktyvitas	Eritema Odos vėžys
280–315	UV B	Fotokeratitas Fotokonjunktyvitas Katarakta	Eritema Elastozė (fotosenėjimas) Odos vėžys
315–400	UV A	Fotokeratitas Fotokonjunktyvitas Katarakta Tinklainės pažeidimas	Eritema Elastozė (fotosenėjimas) Greita odos pigmentacija, Odos vėžys
380–780	Regimoji	Tinklainės pažeidimas(mėlynos šviesos pavojus) Tinklainės nudegimas	Nudegimas
780–1 400	IR A	Katarakta Tinklainės nudegimas	Nudegimas
1 400–3 000	IR B	Katarakta	Nudegimas
3 000–106	IR C	Ragenos nudegimas	Nudegimas

Optinės spinduliuotės biologinis poveikis odai

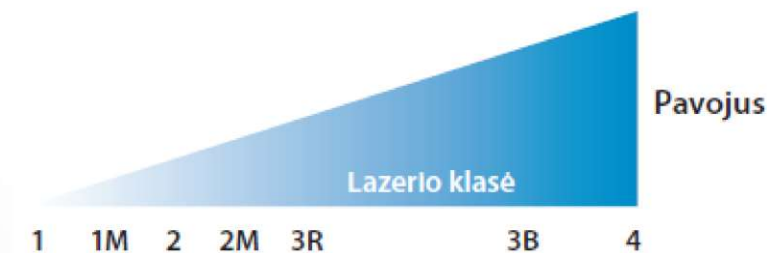


Išorinis odos sluoksnis, epidermis, sudarytas daugiausia iš keratinocitų (epitelio ląstelių), kurie susidaro bazaliniame sluoksnyje ir kyla į paviršinį sluoksnį, kur po to nusilupa. Tikrąją odą (dermį) sudaro daugiausia kolageno pluoštai su nervinėmis galūnėmis, prakaito liaukos, plaukų folikulai ir kraujagyslės.

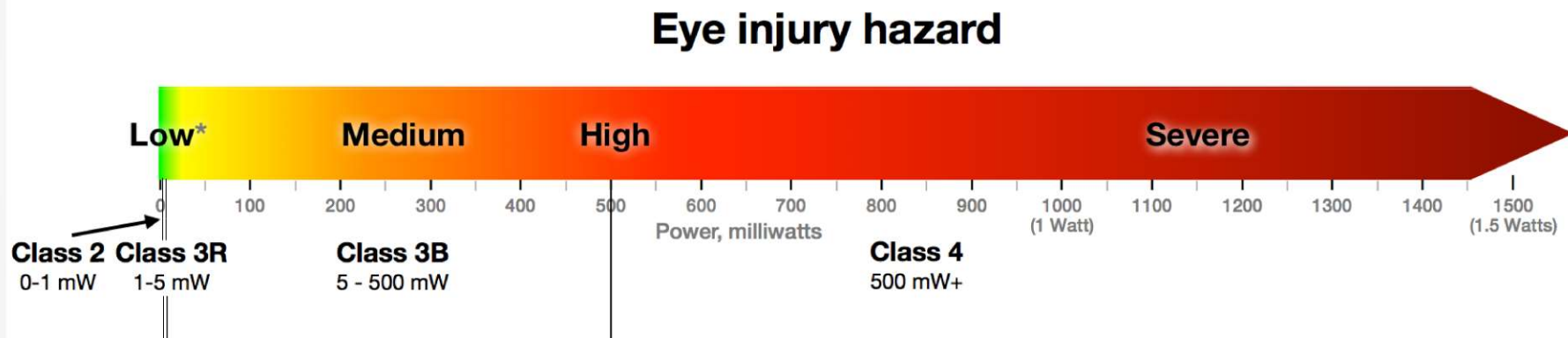


Lazerių saugos klasifikacija (koherentinė spinduliuotė)

- Lazerių klasifikacija remiasi prieinamos spinduliuotės ribinėmis vertėmis (PSRV), kurios nustatomos kiekvienai lazerių klasei.
- PSRV atsižvelgia ne tik į lazerinio gaminio optinę galią, bet ir į žmogaus galimybę prieiti prie lazerio spinduliuotės.
- Lazeriai grupuojami į 7 klases: kuo aukštesnė klasė, tuo didesnis sužalojimo pavojus.



Pavojus akims



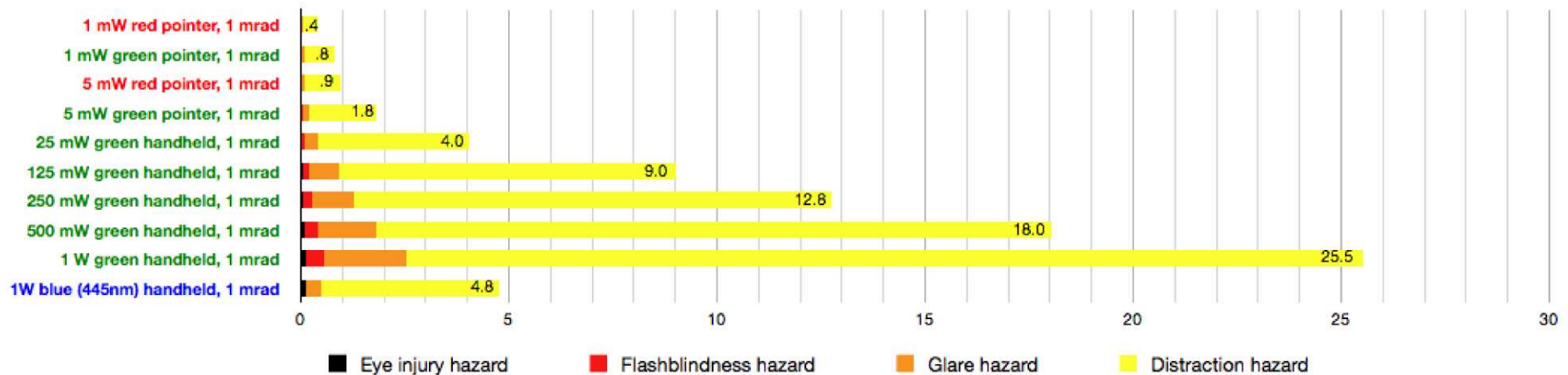
*Eye injury hazard descriptions above are valid for exposures relatively close to the laser. Because the beam spreads, less light will enter the pupil at greater distances. The hazard decreases the farther a person is from the laser, and the shorter the exposure time (e.g., do not deliberately look or stare into the beam). For example, a 1mW Class 2 laser beam is eye safe for unintentional exposures after about 2 ft (7 m), a 5mW Class 3R beam is eye safe after about 52 ft (16 m), a 500 mW Class 3B beam is eye safe after about 520 ft (160 m), and a 1500 mW Class 4 beam is eye safe after about 900 ft (275 m). (Calculations are for visible light, a 1 milliradian beam, and a 1/4 second Maximum Permissible Exposure limit.)

Pavojinga akims atstumo priklausomybė nuo lazerio galios

Eye and visual hazard distances for 532 nm (green) lasers of various powers							
Laser power	Power increase, compared to 5 mW	Square root of power increase	Maximum eye hazard distance, feet / meters	Maximum flashblindness hazard distance, feet / meters	Max. glare/disruption hazard distance, feet / meters	Maximum distraction hazard distance, feet / meters	"Safe" distance (laser is not considered a distraction)
5 mW	1	1	52 / 16	260 / 80	1200 / 366 1/4 mile	11700 / 3560 2.2 miles	Beyond 2.2 miles
50 mW	10x	3.162	164 / 50	822 / 250	3794 / 1156 7/10 mile	36995 / 11276 7 miles	Beyond 7 miles
125 mW	25x	5	260 / 79	1300 / 396	6000 / 1829 1.1 miles	58500 / 17830 11 miles	Beyond 11 miles
250 mW	50x	7.071	368 / 112	1838 / 560	8485 / 2586 1.6 miles	82730 / 25216 15.7 miles	Beyond 15.7 miles
500 mW (1/2 watt)	100x	10	520 / 160	2600 / 800	12000 / 3660 2.3 miles	117000 / 35600 22.2 miles	Beyond 22.2 miles

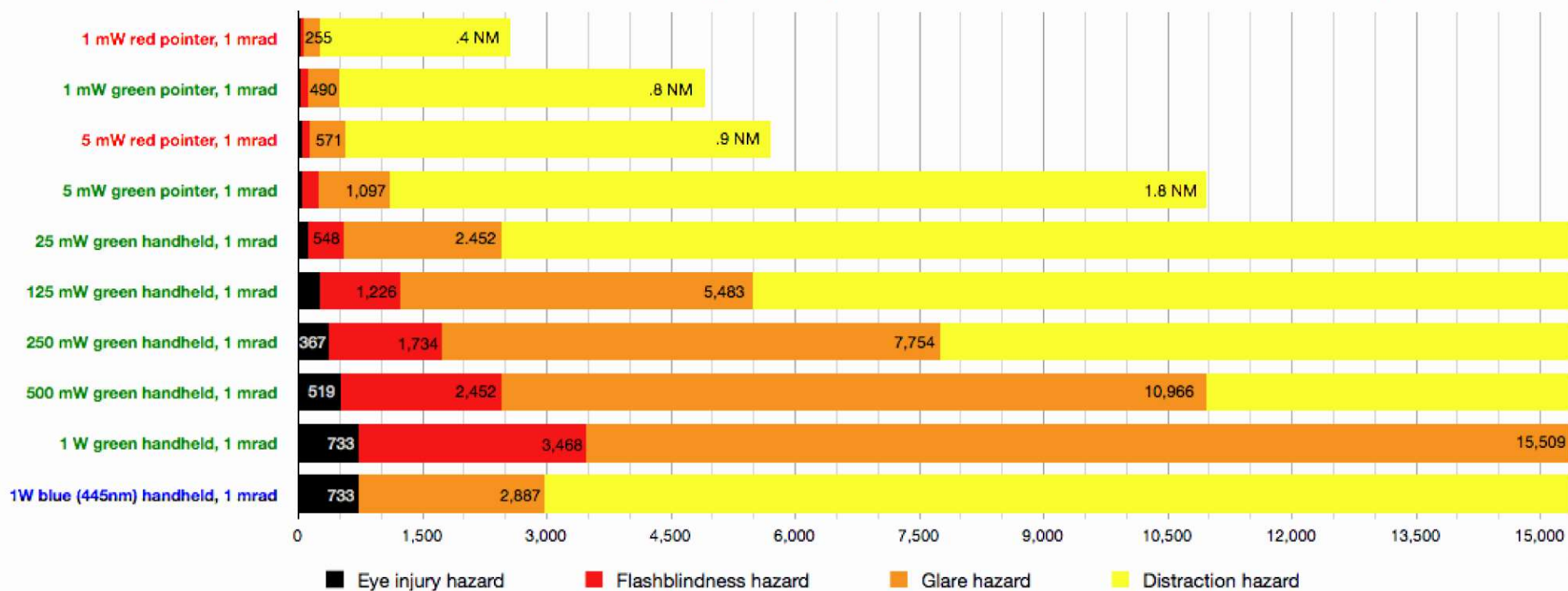
Lazerinių rodyklių keliami pavojai

Worst-case 1 mrad divergence - eye and visual interference hazard distances, nautical miles

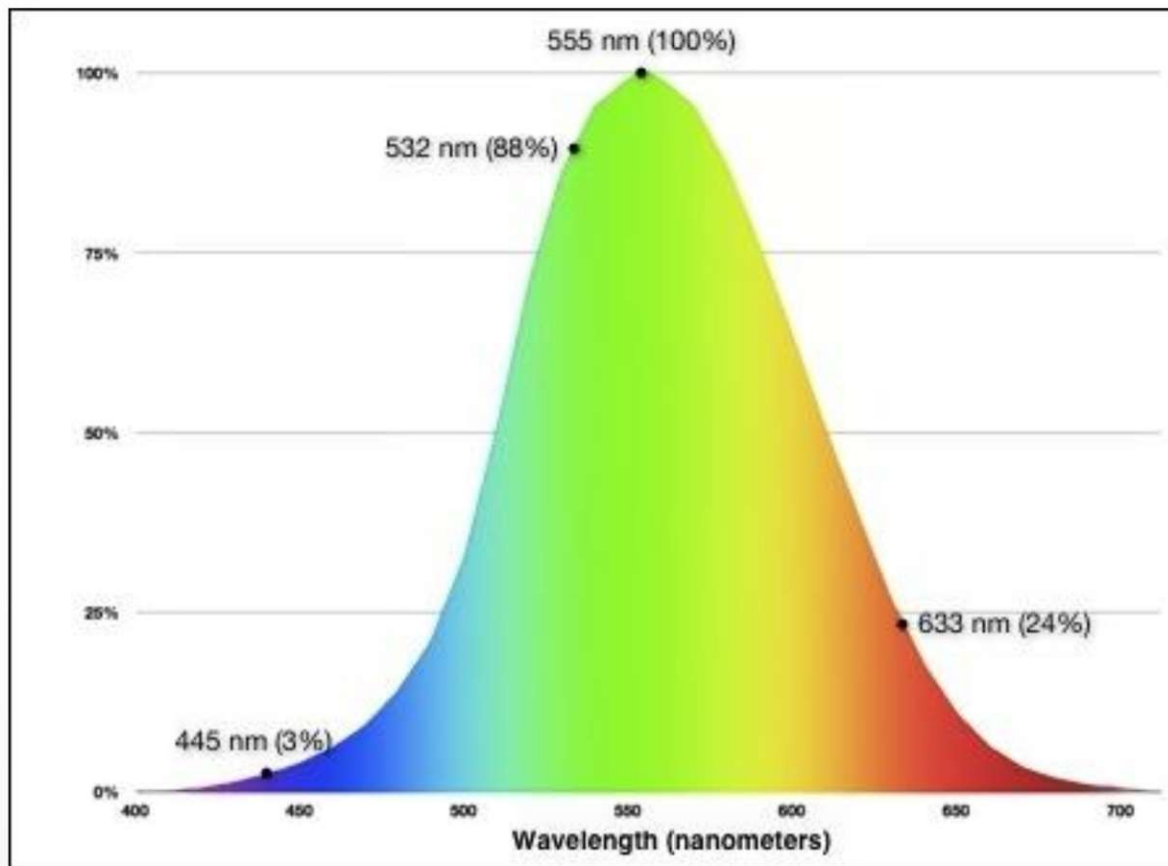


Lazerinių rodyklių keliami pavojai

Worst-case 1 mrad divergence - eye and visual interference hazard distances, feet



Skirtingų bangos ilgių lazerių pavojingumas



Reikiamos kontrolės priemonės skirtingų saugos klasių lazeriams

	1 klasė	1M klasė	2 klasė	2M klasė	3R klasė	3B klasė	4 klasė
Pavojingumo klasės aprašymas	Saugu pakankamai tikėtinomis sąlygomis	Saugu plikai akiai; gali būti pavojinga naudojant optinius įtaisus	Saugu esant trumpiems poveikiams; akis apsaugo aversinė reakcija	Saugu plikai akiai, esant trumpalaikiams poveikiams; gali būti pavojinga naudojant optinius įtaisus	Traumos rizika palyginti maža, tačiau gali būti pavojinga netinkamai naudojant nekvalifikuotiems asmenims	Pavojinga tiesiogiai žiūrint	Pavojinga akims ir odai; gali sukelti gaisrą
Kontroliuojama zona	Nebūtina	Apribota arba aptverta	Nebūtina	Apribota arba aptverta	Aptverta	Aptverta ir su blokatoriumi	Aptverta ir su blokatoriumi
Rakinimas	Nebūtinas	Nebūtinas	Nebūtinas	Nebūtinas	Nebūtinas	Būtinas	Būtinas
Darbuotojų mokymai	Reikia laikytis gamintojo pateiktos saugaus naudojimo instrukcijos	Rekomenduojami	Reikia laikytis gamintojo pateiktos saugaus naudojimo instrukcijos	Rekomenduojami	Privalomi	Privalomi	Privalomi

Reikiamos kontrolės priemonės skirtingų saugos klasių lazeriams

	1 klasė	1M klasė	2 klasė	2M klasė	3R klasė	3B klasė	4 klasė
Apsaugos priemonės	Normaliai naudojant nereikalingos	Neleidžiama naudoti didinimo, fokavimo ir kolimavimo optikos	Nežiūrėti tiesiogiai į pluoštą	Nežiūrėti tiesiogiai į pluoštą. Neleidžiama naudoti didinimo, fokavimo ir kolimavimo optikos	Saugoti nuo tiesioginio poveikio akims	Saugoti nuo pluošto poveikio akis ir odą. Apsaugoti nuo nepageidaujamų atspindžių	Saugoti nuo tiesioginio arba atspindėto išsklaidyto pluošto

Nekoherentinių šaltinių saugos klasifikacija

- Nekoherentinių (plataus spektro) šaltinių saugos remiasi maksimalia prieinamos spinduliuotės verte įvertinant visus gaminio pajėgumus jos veikimo metu bet kada po pagaminimo.
- Klasifikacijoje atsižvelgiama į optinės spinduliuotės kiekį, bangos ilgių pasiskirstymą ir žmonių prieigos prie optinės spinduliuotės galimybes.
- Plataus spektro šaltiniai skirstomi į 4 rizikos grupes: kuo aukštesnė rizikos grupė, tuo didesnė žalos padarymo galimybė.



Natūralaus apšvietimo ir lazerinės spinduliuotės palyginimas

- Akies parametrai:

- Židinio nuotolis 25 mm
- Max rainelės skersmuo 7 mm
- Rainelės skersmuo saulėtą dieną 2 mm

- Saulės parametrai:

- Galia 100 mW cm⁻²
- Spindulio skėstis 10 mrad

- Vaizdo dydis ant rainelės

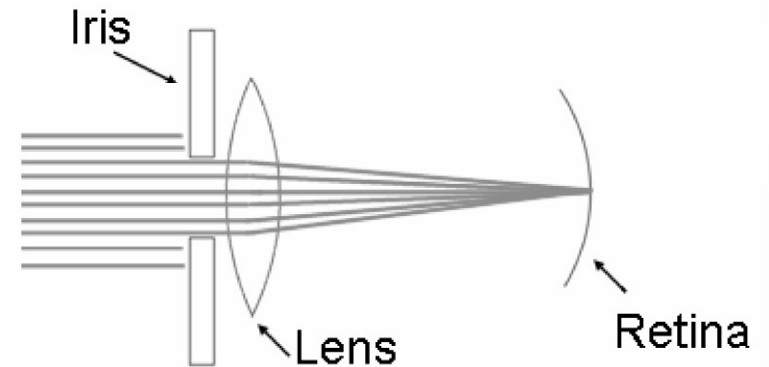
$$d = 10^{-2} \text{ rad} \times 25 \text{ mm} = 0,25 \text{ mm}$$

- Galia praeinanti pro ranelę

$$P = 100 \text{ mW cm}^{-2} \times \pi \times (1 \text{ mm})^2 \approx 3 \text{ mW}$$

Galia ant tinklainės

$$P_t = \frac{3 \text{ mW}}{\pi \times (0,125 \text{ mm})^2} \approx \mathbf{6 \text{ W cm}^{-2}}$$



Natūralaus apšvietimo ir lazerinės spinduliuotės palyginimas

- 1 mW He-Ne lazeris
- Lazerio spindulys kolimuotas, todėl difrakcija apsprendžia mažiausią vaizdą tinklainėje

$$d = \frac{2\lambda f}{\pi r} = \frac{2 \times 633 \cdot 10^{-7} \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}}{\pi \times 1 \text{ mm}} = 10 \mu\text{m}$$

- Galia tenkanti tinklainei

$$P_t = \frac{1 \text{ mW}}{\pi (5 \cdot 10^{-4} \text{ cm})^2} \approx 1300 \text{ W cm}^{-2}$$

- Tai yra ~200 kartų daugiau nei žiūrint į saulę

Apsaugos priemonės

Pakeitimas mažiau pavojingu procesu arba įranga

Ar tikrai būtinas pavojingas optinės spindulių lygis?



Ar jis tikrai turi būti toks ryškus?



Konstruktinės apsaugos priemonės

- Prieigos apribojimas
- Apsauga ribojant įrangos veikimą
- Avariniai išjungikliai
- Blokuojantys įtaisai
- Filtrai ir stebėjimo langai
- Pagalbinės reguliavimo priemonės

Administracinės priemonės

- Vietos taisyklės
- Kontroliuojama zona
- Saugos ženklai ir perspėjimai



Įeiti draudžiama
Tik įgaliotam personalui



ATSARGIAI!
ULTRAVIOLETINĖ SPINDULIUOTĖ



Naudoti apsauginį
antveidį



Pašalinams įeiti
draudžiama



LAZERIS
KONTROLIUOJAMA ZONA



Veikiant lazeriui būtina dėvėti
apsauginius akinius

Asmeninės apsaugos priemonės

- Apsauga nuo kitų pavojų
- Akių apsauga
- Odos apsauga

Apsauga nuo kitų pavojų

Renkantis tinkamas AAP nuo optinės spinduliuotės poveikio, reikėtų atsižvelgti į šiuos ne optinės prigimties pavojus:

- Smūgio
- Karščio ir (arba) šalčio
- Įsiskverbimo
- Kenksmingų dulkių
- Suspaudimo
- Biologinį
- Cheminį
- Elektros smūgio

Kaip pasirinkti apsauginius akinius

Kl.: Koks reikalingas apsaugos lygis?



Rinkitės akinius, kurių silpninimas

$$> \frac{\text{poveikio lygis}}{\text{VRV}}$$

Kl.: Koks turi būti šviesos pralaidumas? Matomumo kokybė?



Rinkitės akinius, kurių šviesos pralaidumas >20 %.

Jeigu tokių nėra, padidinkite apšvietimo lygį.

Patikrinkite, ar ant filtrų nėra įbrėžimų ir šviesos išsklaidymo.

Kl.: Kokios spalvos matoma darbo aplinka?



Patikrinama, ar per apsauginius akinius aiškiai matomas įrangos valdymo įtaisai ir avariniai ženklai.

Kl.: Ar nesusidaro per daug atspindžių?



Venkite veidrodinių dangų ir didelio blizgumo filtrų ir rėmelių.

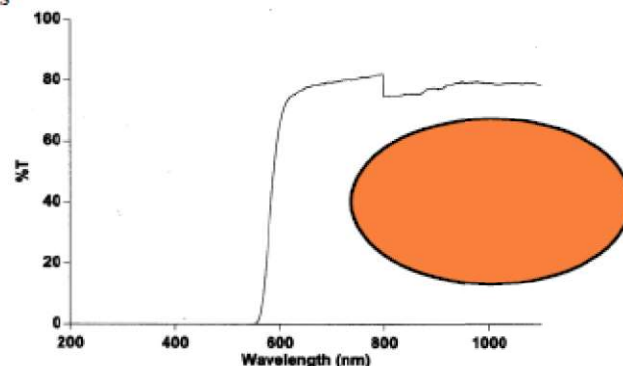
Kl.: Jeigu akių apsaugos įranga yra maitinama iš tinklo arba baterijų, o maitinimas nutrūksta, ar ji tebesaugo?



Rinkitės filtrus, kurie pasižymi maksimaliu silpninimu ir be maitinimo.

5-6W Verdi (532 nm), ~10W Argon laser (488 nm) and pulsed frequency doubled Nd:YAG (532 nm)

- Pink or Orange plastic spectacles:



reasonable usability

OD is written on side of goggles usually

No protection from Ti:sapphire

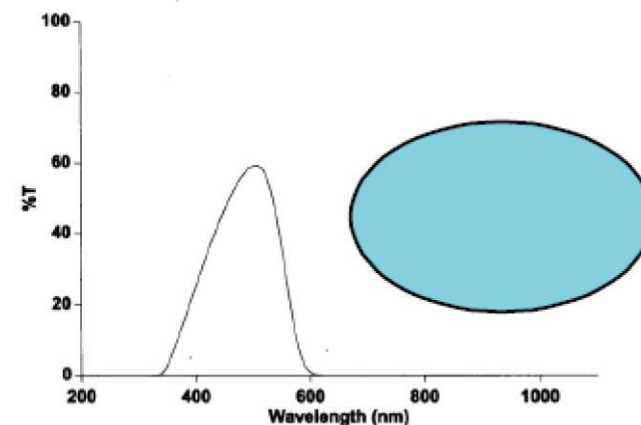
Full protection for CW 488-532 nm laser radiation

- Variations for 488 (argon) and 532 (doubled Nd:YAG) have varying protection at other wavelengths

21

II. Ti:Sapphire pulses as well as amplified Ti:Sapphire pulses (800 nm)

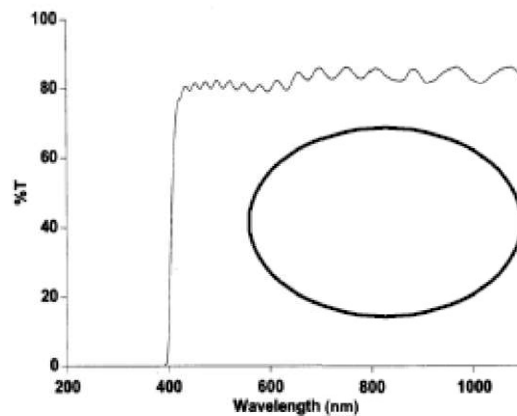
- BG-39 glass goggles:



- Bluish glass
 - Very good usability
- Clearly-marked for protection in 700-1000 nm range
- Protection from Ti:sapphire laser radiation
 - Does *not* protect against pump laser light (488-532 nm)

III. Excimer (ArF, KrF, XeCl), 190 nm-360 nm, or CO₂, (10.6 micron) lasers

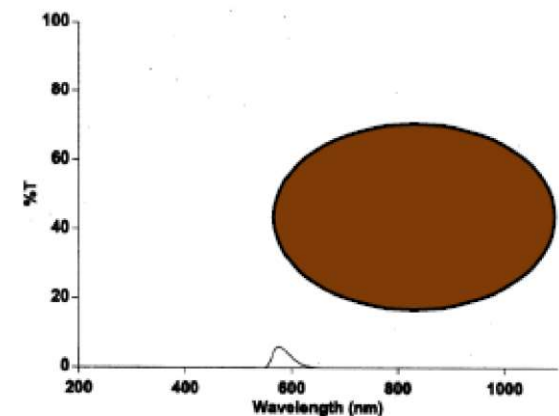
- Clear polycarbonate goggles:



- Clear plastic
 - excellent usability
- Inexperienced students, visitors may believe that these goggles will protect them from visible radiation as well!

IV. Broadband protection: Excimer laser, CO₂, Nd:YAG, doubled Nd:YAG

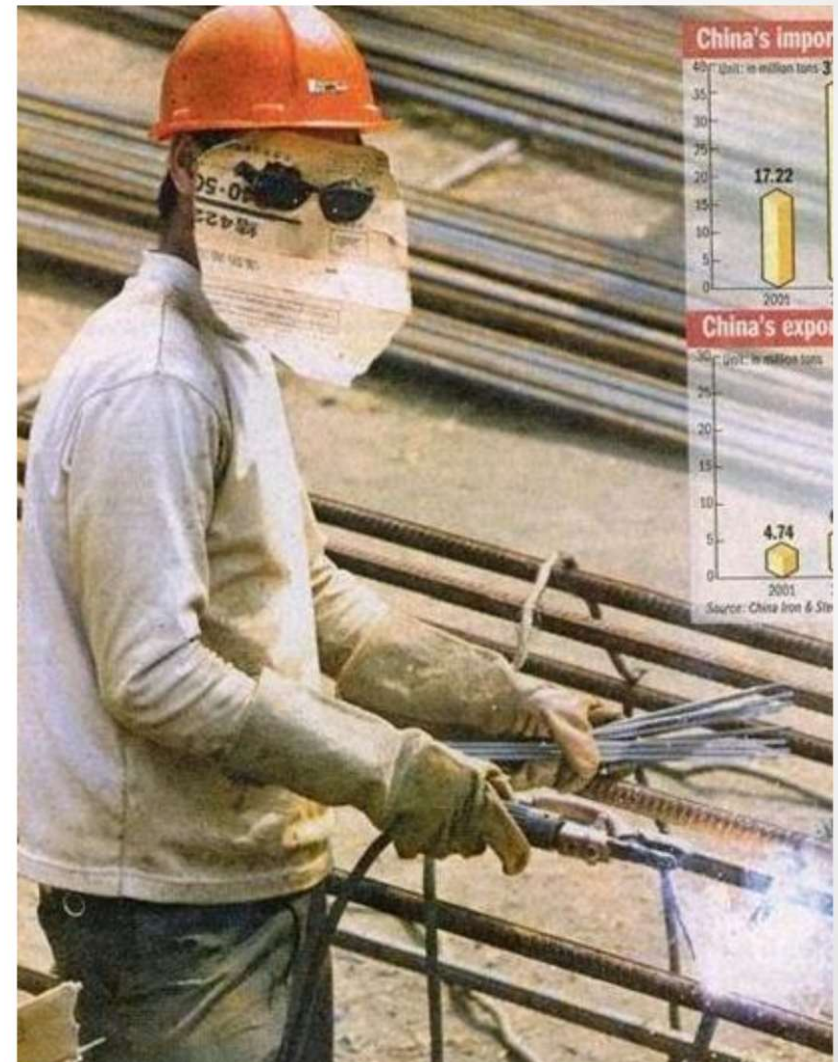
- “Laser-gard broad spectrum B”:



- Brownish plastic
 - poor usability
- Full protection for 190-532 nm laser radiation
- Also some protection from Ti:sapphire

Odos apsauga

- Dėl optinės spinduliuotės poveikio darbo vietoje dažniausiai pavojus kyla rankoms, veidui, galvai ir kaklui, nes likusias odos vietas paprastai dengia darbo drabužiai. Rankas galima apsaugoti mūvint pavojaingos optinės spinduliuotės nepraleidžiančias pirštines. Veidą galima apsaugoti šviesą sugeriančiu veido skydu arba antveidžiu, kuris taip pat gali apsaugoti ir akis. Tinkamas galvos apdangalas apsaugos galvą ir kaklą.



Normatyviniai aktai

LIETUVOS RESPUBLIKOS SOCIALINĖS APSAUGOS IR DARBO MINISTRO
IR LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRO
Į S A K Y M A S

DĖL DARBUOTOJŲ APSAUGOS NUO DIRBTINĖS OPTINĖS SPINDULIUOTĖS KELIAMOS RIZIKOS NUOSTATŲ PATVIRTINIMO

2007 m. gruodžio 14 d. Nr. A1-366/V-1025
Vilnius

Įgyvendindami 2006 m. balandžio 5 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą 2006/25/EB dėl būtiniausių sveikatos ir saugos reikalavimų, susijusių su fizikinių veiksmų (dirbtinės optinės spinduliuotės) keliama rizika darbuotojams (19-oji atskira direktyva, kaip apibrėžta Direktyvos 89/391/EEB 16 straipsnio 1 dalyje) (OL 2006 L 114, p. 38), bei siekdami nustatyti darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimus:

1. T v i r t i n a m e Darbuotojų apsaugos nuo dirbtinės optinės spinduliuotės keliamos rizikos nuostatus (pridedama).

2. Šis įsakymas įsigalioja nuo 2010 m. balandžio 1 d.

SOCIALINĖS APSAUGOS IR DARBO MINISTRĖ

VILIJA BLINKEVIČIŪTĖ

SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRAS

RIMVYDAS TURČINSKAS

PATVIRTINTA
Lietuvos Respublikos
socialinės apsaugos ir
darbo ministro ir Lietuvos
Respublikos sveikatos
apsaugos ministro
2007 m. gruodžio 14 d.
įsakymu Nr. A1-366/V-
1025

Studijos ir darbo sauga
2016 ● 43