



BEZPEČNOST PRÁCE S LASERY

Ing. Jan Remsa, Ph.D.

Motto: „The Safety Rulebook was written in blood.“
ZS 2022/23

OBSAH ŠKOLENÍ

- Přednáška
 - Právní a ostatní předpisy
 - Základní pojmy a princip laseru
 - Klasifikace laserů a značení
 - Účinky na člověka
 - Nehody a skoronehody
- Test 17 otázek – 15 nutné pro absolvování
 - Alespoň jedna správná odpověď

PRÁVNÍ PŘEDPISY

- Zákon 267/2015 Sb.
 - Zákon, kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., **o ochraně veřejného zdraví** a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony
 - § 35, 36 **Neionizující záření**
- Nařízení vlády 291/2015 Sb.
 - Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením
- Vyhlášky
 - 180/2015 sb. – o pracích a pracovištích, které jsou zakázány těhotným zaměstnankyním

ZÁKON Č. 258/2000 SB. O OCHRANĚ VEŘEJNÉHO ZDRAVÍ

■ § 35 Neionizující záření

- (2) Osoba, která používá, popřípadě provozuje stroj nebo zařízení, které je zdrojem neionizujícího záření včetně laserů (dále jen "zdroj neionizujícího záření"), je povinna
 - a) činit taková technická a organizační opatření, aby expozice fyzických osob v rozsahu upraveném prováděcím právním předpisem nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření,
 - b) při zjišťování a hodnocení expozice fyzických osob a úrovně neionizujícího záření postupovat způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem,
 - c) před zahájením používání nebo provozu stacionárního zdroje neionizujícího záření sítě elektronických komunikací v obytné zástavbě vypracovat dokumentaci, ve které bude doloženo výpočtem nebo měřením dodržení nejvyšších přípustných hodnot neionizujícího záření z hlediska možné expozice fyzických osob, a předložit tuto dokumentaci příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví,
 - d) v případech stanovených prováděcím právním předpisem označit výstrahou místa (oblasti, pásma), ve kterých expozice osob neionizujícímu záření může překročit nejvyšší přípustné hodnoty.
- (3) Pokud dojde k závadě zdroje neionizujícího záření, která by mohla vést k expozici fyzických osob překračující nejvyšší přípustné hodnoty, osoba uvedená v odstavci 2 jeho provoz neprodleně zastaví. Tím nejsou dotčeny její povinnosti podle zvláštních právních předpisů.

PRÁVNÍ PŘEDPISY

- Zákon 262/2006 Sb. (Zákoník práce)
 - Odkazuje se mimo jiné na normy „pokud upravují otázky týkající se ochrany života a zdraví“
 - **Každý zaměstnanec je povinen dbát podle svých možností o svou vlastní bezpečnost, o své zdraví i o bezpečnost a zdraví fyzických osob, kterých se bezprostředně dotýká jeho jednání, případně opomenutí při práci.**
- Technické normy - tvoří minimum (bud' to splňuje normu, nebo musím prokázat, že je moje opatření lepší)
- Novinka – NV č. 390/2021 o bližších podmínkách poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, mycích, čistících a dezinfekčních prostředků

LASER Z HLEDISKA NAŘÍZENÍ VLÁDY 291/2015 SB.

- Pro účely tohoto nařízení se rozumí
 - a) neionizujícím zářením statická elektrická a magnetická a časově proměnná elektrická, magnetická a elektromagnetická pole a elektromagnetická záření z umělých zdrojů s frekvencemi od 0 Hz do $1,7 \cdot 10^{15}$ Hz,
 - b) optickým zářením elektromagnetické záření z umělých zdrojů ve frekvenční oblasti od 3×10^{11} Hz do $1,7 \times 10^{15}$ Hz odpovídající vlnovým délkám od **180 nm do 1 mm,** **takže LASER a MASER dohromady**
 - c) koherentním zářením optické záření, které vzniká stimulovanou emisí, kde je jednoznačně definována jeho fáze a frekvence; záření vysílané laserem je záření koherentní,
 - d) nekoherentním zářením optické záření, které vzniká samovolnou emisí záření,
 - e) laserem jakékoliv zařízení, které může být upraveno k vytváření nebo zesilování elektromagnetického záření v rozsahu vlnových délek optického záření procesem kontrolované stimulované emise,

NORMY

- ČSN EN 60825 Bezpečnost laserových zařízení
 - Norma je platná pro bezpečnost laserových zařízení, která vyzařují záření v rozsahu vlnových délek **od 180 nm do 1 mm.**
- ČSN EN 60825-1 Klasifikace zařízení a požadavky
- ČSN EN 60825-4 Ochranné kryty laserů
- ČSN EN 207 Osobní ochrana očí - Filtry a prostředky na ochranu očí proti laserovému záření (ochranné brýle proti laseru)
 - Ochranné brýle proti laseru
- Další ČSN A IEC normy

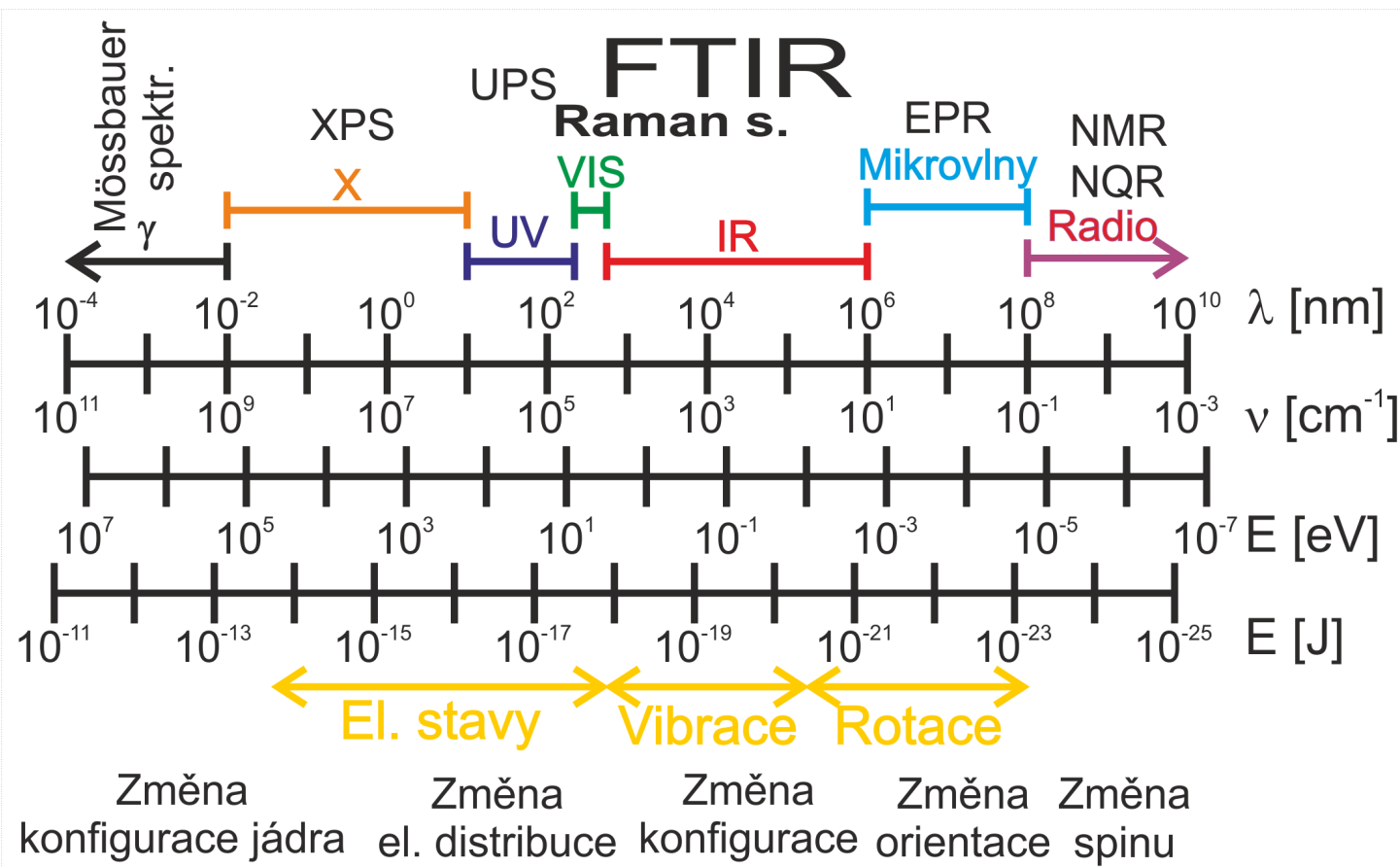
TECHNICKÉ NORMY – NOVINKA I

- ČSN EN 60825-1:2014 / změna **A11:2021**
 - Pro spotřebitele
 - Pouze evropská změna
 - Snížen *limit přístupné emise* pro rohovku v oblasti 1250 – 1400 nm (absorpce vody)
 - Požadavek na zařízení, aby bylo v nejnižší možné třídě.

TECHNICKÉ NORMY – NOVINKA 2

- ČSN EN 50689: Bezpečnost laserových produktů – zvláštní požadavky na laserové výrobky (V. 2022)
 - Definice laserového výrobku
 - Definice laserového ukazovátka
 - Laserový výrobek propagovaný a zamýšlený jako ruční laser buď pro zábavní účely nebo pro ukazování objektů a/nebo míst
 - Maximální výkon 1 mW
 - Maximálně třída 2
 - Pozor: nivelační zařízení a zařízení pro měření vzdálenosti nejsou!

ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ



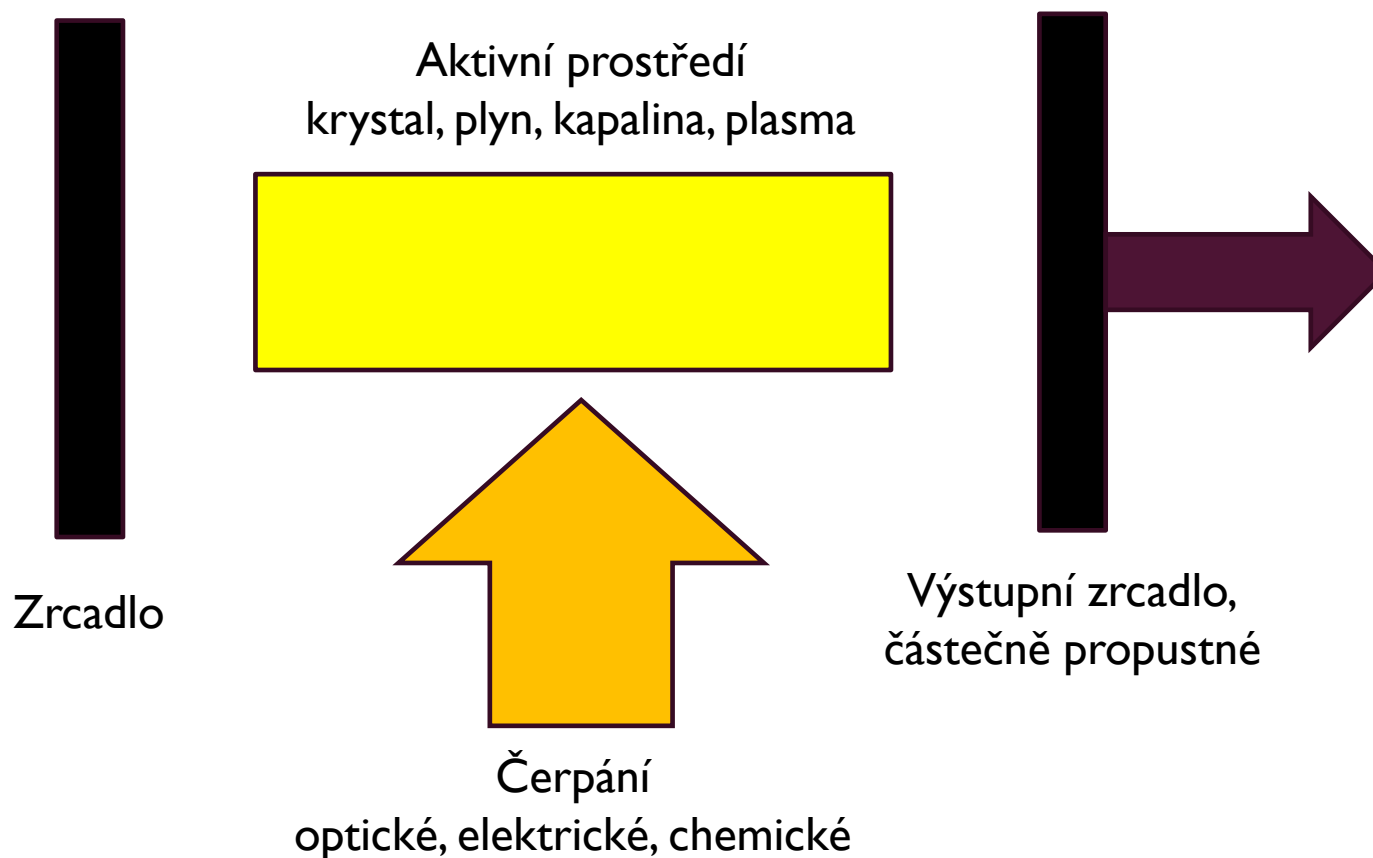
ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

Spektrální oblast	Vlnová délka (nm)
UV-C	180 – 280
UV-B	280 – 320
UV-A	320 – 400
Viditelná	400 – 700 (380 nm and 760 nm)
IR-A	700 – 1 400
IR-B	1 400 – 3 000
IR-C	3 000 – 1 000 000

Pozor může se lišit v normách, legislativě a fyzikálních definic.

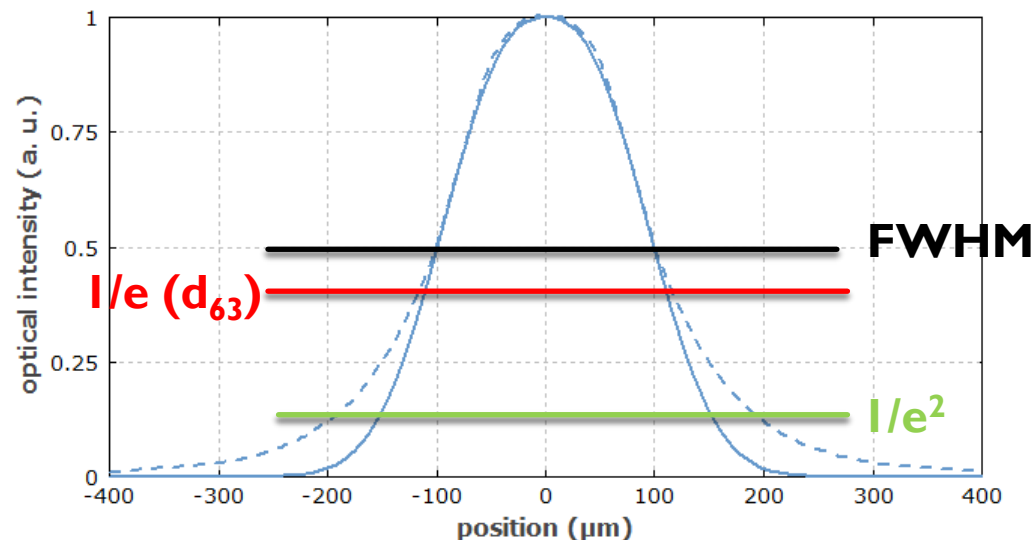
ZÁKLADY LASERU

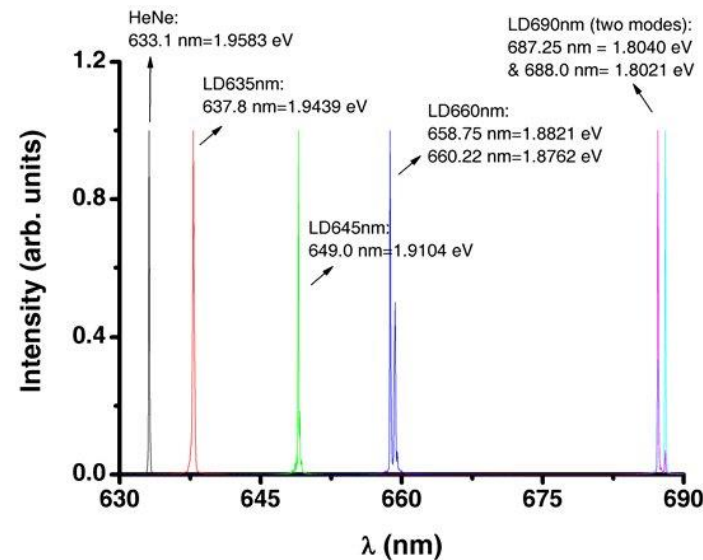
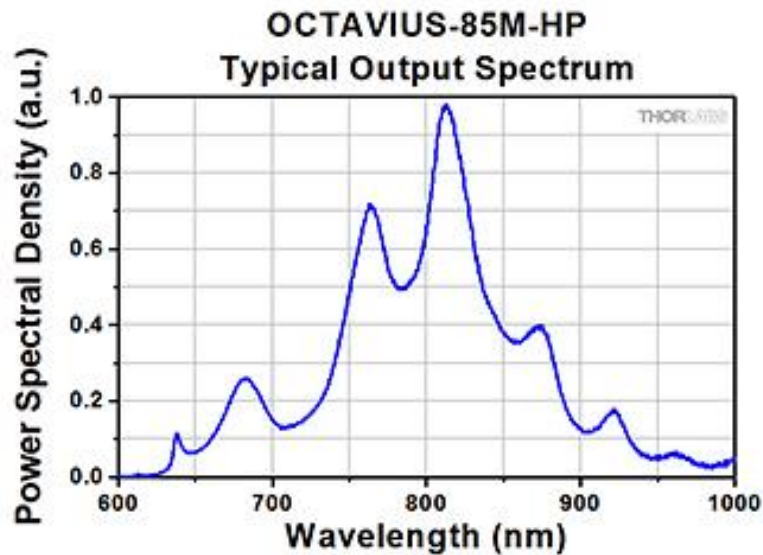
- Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation



ZÁKLADY LASERU

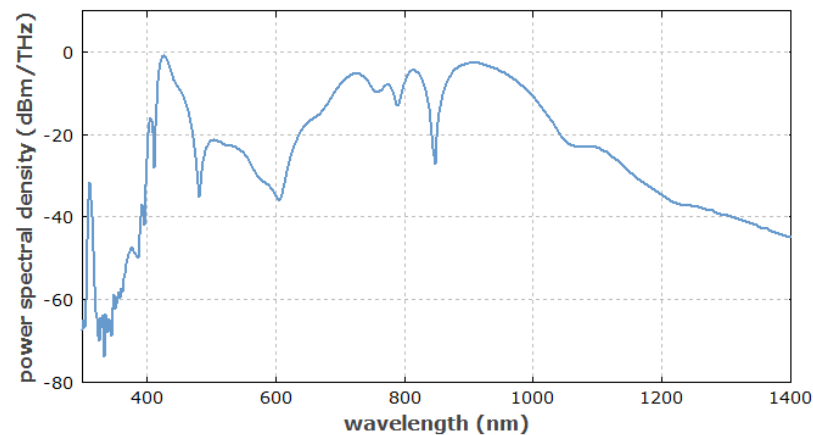
- Laserové záření je:
 - Monochromatické (existují výjimky u laserů s krátkými pulzy, Ti:SAF)
 - Směrové (malá divergence), dobře se fokusuje
 - Koherentní (časově i prostorově)
- Průměr svazku
 - Pozor! Norma používá I/e (d_{63})
 - Jsou i jiné:





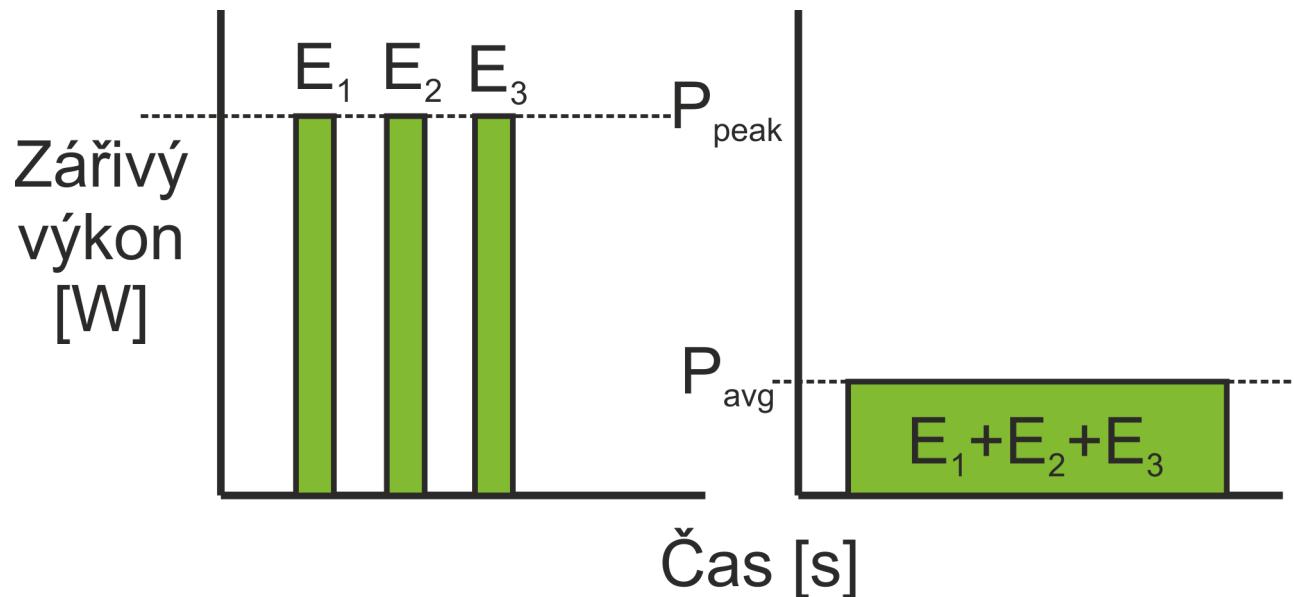
„MONOCHROMATIČNOST“

- He-Ne
- Ti:SAF
- Superkontinuum (malá časová koherence)



ZÁKLADY LASERU

- *Špičkový výkon* = $\frac{\text{Energie v pulzu}}{\text{Délka pulzu}}$
- *Průměrný výkon* = $\frac{\text{Celková energie}}{\text{Doba ozařování}} = \text{frekvence} \cdot E$



PARAMETRY LASERU

- Energie v pulzu / Výkon
- Vlnová délka
- Délka pulzu
- Opakovací frekvence nebo kontinuální režim (CW)
- Průměr svazku
- Divergence

TŘÍDY LASERŮ

- ČSN EN 60825-1:2014
- Limit přístupné emise: AEL
 - Maximální přístupná emise, která je povolena v rámci určité třídy
- Závisí na:
 - Vlnové délce
 - Výstupním výkonu
 - Divergence
 - Délce expozice
- Požadavky na označení a zabezpečení
- **Za klasifikaci odpovídá výrobce nebo jeho zástupce.**

MAXIMÁLNÍ PŘÍSTUPNÁ EMISE - PŘÍKLAD

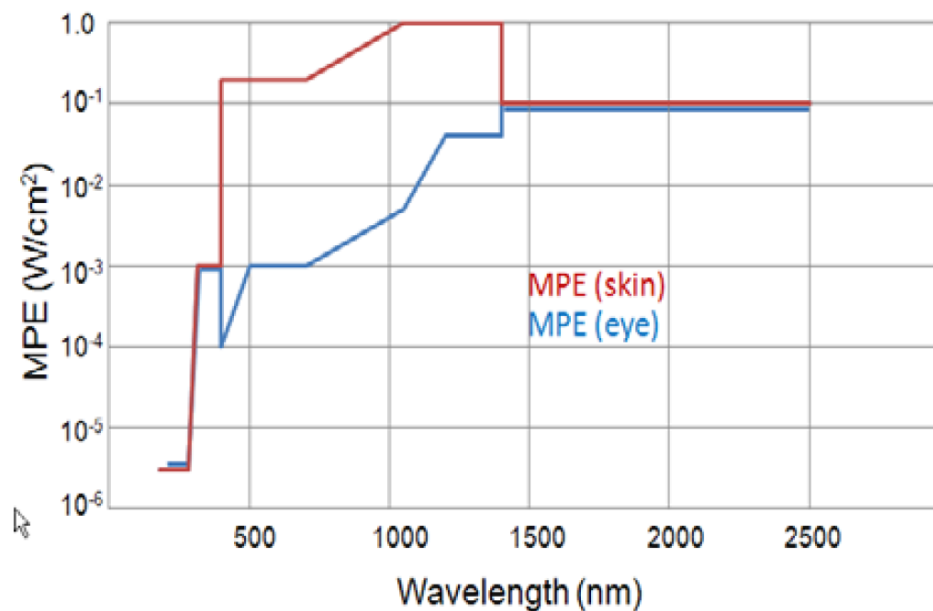


Figure 1: MPEs for eye and skin for 1000s exposure, using Tables 5a and 7 in ANSI Z136.1-2007. The MPEs are the same outside of the retinal hazard region, 400-1400nm (red and blue lines have small artificial offsets in the UV and mid-IR in the figure).

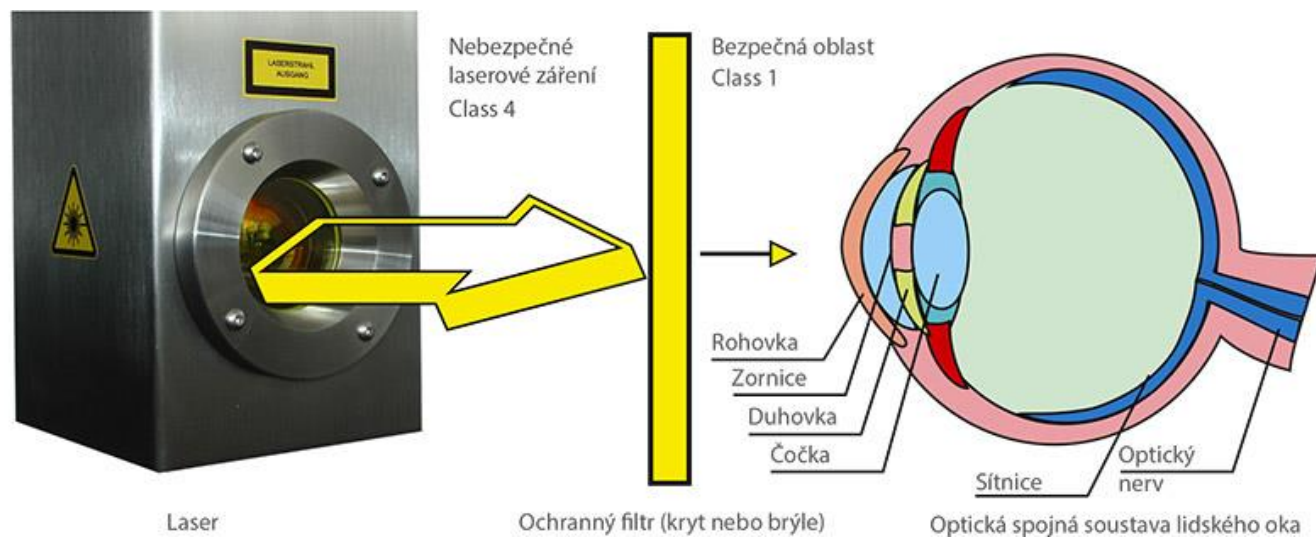
TŘÍDY LASERŮ

Povinné školení

Třída	I	2	3R		3B	4
	IM	2M				
	IC					
Rozsah vlnových délek	180 nm - 1 mm IM: 302,5 – 4 µm	400-700 nm	180 nm - 1 mm	180 nm - 1 mm	180 nm - 1 mm	180 nm - 1 mm
Maximální přístupný výkon	<0,4 mW @ 632 nm	< 1 mW	< 5 mW	< 500 mW	Bez limitu	
Rizika	Bezpečné pro holé oko	Bezpečné pro oko po dobu < 0,25 s	Nebezpečné pro oko	Nebezpečné pro oko	Nebezpečné pro oko a kůži Přímí i difuzní odraz	
Ochrana	-	Mrknutí	Zabránit přímému pohledu do svazku	Povinné ochranné brýle	Povinné ochranné brýle	

LASERY TŘÍDY I

- Bezpečné pro oko
- **Dvě možnosti jak toho docílit!**
 - 1) Limit přístupné emise < maximální přípustná dávka ozáření
 - 2) Zapouzdřené zařízení, které není možno otevřít bez nástrojů a při otevření krytu se vypne (bezpečnostní systém / Interlock).
- Pozor na sčítání výkonů, např. laserové ukazovátko s druhou harmonickou



LASERY PODTŘÍD „M“ A „C“

- IM a 2M (Magnifying)
 - Bezpečné pro holé oko
 - S optickými pomůckami dosahují až **3B!!!!** (Telescope / Magnifier hazard)
- IC (Contact)
 - Zařízení pro přímou aplikaci laserového záření na pokožku nebo vnitřní tkáň
 - lékařské, terapeutické nebo kosmetické procedury
 - Záření může mít úroveň pro třídy 3R, 3B nebo 4, ozáření oka je zabráněno pomocí jednoho nebo více technických prostředků.
 - Úroveň ozáření pokožky závisí na aplikaci, proto je tento aspekt upraven v nadřazených normách. Tato třída byla zavedena, protože tato zařízení v současnosti na trhu existují a opatření běžně specifikovaná pro třídy laserového zařízení 3B a 4 jsou pro tato zařízení neadekvátní.

LASERY TŘÍDY 4 - NEJNEBEZPEČNĚJŠÍ

- Může způsobit nebezpečný difuzní odraz
- Musí být vybaven
 - Signalizace chodu (světelná / akustická)
 - Zabezpečení zařízení spolehlivě znemožňující jeho spuštění nepovolanou osobou
 - Zabezpečený prostor, aby do něho byl zamezen vstup nepovolaným osobám
 - Dráha svazku byla zakrytována a ukončena absorpčním terčem tak, aby nemohlo dojít k zásahu očí osob ani difuzně odraženým zářením.
- Pro pevnolátkové lasery s malým M^2 , dávejte pozor na zpětné odrazy od rozhraní!

PŘEHLED POŽADAVKŮ NA VÝROBCE

	1	1M	2	2M	3R	3B	4
Klasifikace							
Manuál							
Štítek s výstupními parametry							
Ochranné skříň							
Bezpečné umístění ovládání							
Štítek apertury							
Výstraha před laserovým zařením					UV+IR		
Ovládání klíčem							
Konektor dálkového blokování							
Zeslabovač svazku							
Ruční opětovné spuštění							

KLASIFIKACE JE SLOŽITÁ – DLE NORMY

Tabulka 4 – Limity přístupné emise pro laserová zařízení třídy 1 a 1M a $C_6 = 1$ ^{a, b}

Vlnová délka λ nm	Doba trvání vyzařování t s										
	10^{-13} až 10^{-11}	10^{-11} až 10^{-9}	10^{-9} až 10^{-7}	10^{-7} až $1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$ až 5×10^{-5}	5×10^{-5} až 1×10^{-3}	1×10^{-3} až 0,35	0,35 až 10	10 až 10^2	10^2 až 10^3	10^3 až 3×10^4
180 až 302,5	$3 \times 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		30 J·m ⁻²								
302,5 až 315	$2,4 \times 10^4 \text{ W}$		Tepelné nebezpečí ($t \leq T_1$) $7,9 \times 10^{-7} C_1 \text{ J}$					Fotochemické nebezpečí $7,9 \times 10^{-7} C_2 \text{ J}$ ($t > T_1$) $7,9 \times 10^{-7} C_2 \text{ J}$			
315 až 400			$7,9 \times 10^{-7} C_1 \text{ J}$					$7,9 \times 10^{-3} \text{ J}$		$7,9 \times 10^{-6} \text{ W}$	
400 až 450	$5,8 \times 10^{-9} \text{ J}$	$1,0 t^{0,75} \text{ J}$	$2 \times 10^{-7} \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} \text{ J}$				$3,9 \times 10^{-3} \text{ J}$	$3,9 \times 10^{-5} \text{ C W}$		
450 až 500								$3,9 \times 10^{-3} C_3 \text{ J}$ $3,9 \times 10^{-4} \text{ W}$ a ^c			
500 až 700								$3,9 \times 10^{-4} \text{ W}$			
700 až 1 050	$5,8 \times 10^{-9} C_4 \text{ J}$	$1,0 t^{0,75} C_4 \text{ J}$	$2 \times 10^{-7} C_4 \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_4 \text{ J}$				$3,9 \times 10^{-4} C_4 C_7 \text{ W}$			
1 050 až 1 400	$5,8 \times 10^{-8} C_7 \text{ J}$	$10,4 t^{0,75} C_7 \text{ J}$	$2 \times 10^{-6} C_7 \text{ J}$		$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_7 \text{ J}$						
1 400 až 1 500	$8 \times 10^5 \text{ W}$		$8 \times 10^{-4} \text{ J}$				$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25} \text{ J}$	$10^{-2} t \text{ J}$	$1,0 \times 10^{-2} \text{ W}$		
1 500 až 1 800	$8 \times 10^6 \text{ W}$		$8 \times 10^{-3} \text{ J}$				$1,8 \times 10^{-2} t^{0,75} \text{ J}$				
1 800 až 2 600	$8 \times 10^5 \text{ W}$		$8 \times 10^{-4} \text{ J}$				$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25} \text{ J}$	$10^{-2} t \text{ J}$			
2 600 až 4 000	$8 \times 10^4 \text{ W}$		$8 \times 10^{-5} \text{ J}$	$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25} \text{ J}$							
4 000 až 10^6	$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5\,600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				$1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$			

POZNÁMKA Laserová zařízení, která vyhovují požadavkům pro zařazení do třídy 1 díky splnění měřicích podmínek 1 a 2, mohou být nebezpečná při použití s optickými přístroji s větším než sedminásobným zvětšením nebo s průměrem objektivu větším, než je uvedeno v tabulce 11.

^a Hodnoty korekčních činitelů a jednotky jsou uvedeny v tabulce 10.

^b Hodnoty AEL pro doby trvání vyzařování kratší než 10^{-13} s se rovnají hodnotám AEL pro odpovídající výkon nebo intenzitu ozáření a dobu 10^{-13} s.

^c Na rozsah vlnových délek od 450 nm do 500 nm se vztahují dvojí limity a vyzařování nesmí překročit ani jeden z nich pro příslušnou třídu.

Tabulka 7 – Limity přístupné emise pro laserová zařízení třídy 3R a $C_6 = 1$ ^{a, b, c}

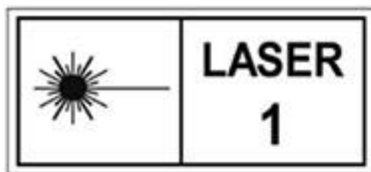
Vlnová délka λ nm	Doba trvání vyzařování t s									
	10^{-13} až 10^{-11}	10^{-11} až 10^{-9}	10^{-9} až 10^{-7}	10^{-7} až $1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$ až 5×10^{-5}	5×10^{-5} až 1×10^{-3}	1×10^{-3} až 0,35	0,35 až 10	10 až 10^3	10^3 až 3×10^4
180 až 302,5	$1,5 \times 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$150 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$							
302,5 až 315	$1,2 \times 10^5 \text{ W}$		Fotochemické nebezpečí $4,0 \times 10^{-6} \text{ C}_2 \text{ J}$ $(t > T_1)^c$						$4,0 \times 10^{-6} \text{ C}_2 \text{ J}$	
315 až 400			Tepelné nebezpečí $4 \times 10^{-6} \text{ C}_1 \text{ J}$ $(t \leq T_1)^c$							
			$4,0 \times 10^{-6} \text{ C}_1 \text{ J}$						$4,0 \times 10^{-2} \text{ J}$	$4,0 \times 10^{-5} \text{ W}$
400 až 700	$2,9 \times 10^{-8} \text{ J}$	$5,0 t^{0,75} \text{ J}$	$1 \times 10^{-6} \text{ J}$	$5,0 \times 10^{-3} \text{ W}$ $(t \geq 0,25 \text{ s})$ $3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} \text{ J}$ $(t < 0,25 \text{ s})$			$5,0 \times 10^{-3} \text{ W}$			
700 až 1 050	$2,9 \times 10^{-8} \text{ C}_4 \text{ J}$	$5,0 t^{0,75} \text{ C}_4 \text{ J}$	$1 \times 10^{-6} \text{ C}_4 \text{ J}$	$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} \text{ C}_4 \text{ J}$				$2,0 \times 10^{-3} \text{ C}_4 \text{ C}_7 \text{ W}$		
1 050 až 1 400	$2,9 \times 10^{-7} \text{ C}_7 \text{ J}$	$52 t^{0,75} \text{ C}_7 \text{ J}$	$1 \times 10^{-5} \text{ C}_7 \text{ J}$			$1,8 \times 10^{-2} t^{0,75} \text{ C}_7 \text{ J}$				
1 400 až 1 500	$4 \times 10^6 \text{ W}$		$4 \times 10^{-3} \text{ J}$			$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} \text{ J}$		$5 \times 10^{-2} t \text{ J}$	$5,0 \times 10^{-2} \text{ W}$	
1 500 až 1 800	$4 \times 10^7 \text{ W}$		$4 \times 10^{-2} \text{ J}$					$9 \times 10^{-2} t^{0,75} \text{ J}$		
1 800 až 2 600	$4 \times 10^6 \text{ W}$		$4 \times 10^{-3} \text{ J}$			$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} \text{ J}$		$5 \times 10^{-2} t \text{ J}$		
2 600 až 4 000	$4 \times 10^5 \text{ W}$		$4 \times 10^{-4} \text{ J}$	$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} \text{ J}$						
4 000 až 10^6	$5 \times 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$500 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2,8 \times 10^4 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					$5\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	

^a Hodnoty korekčních činitelů a jednotky jsou uvedeny v tabulce 10.

^b Hodnoty AEL pro doby trvání vyzařování kratší než 10^{-13} s jsou stanoveny jako hodnoty AEL odpovídající ekvivalentnímu výkonu nebo intenzitě ozařování při 10^{-13} s .

^c Pro opakovaně pulzní UV lasery by neměl být překročen žádný limit.

TŘÍDY LASERŮ ZNAČENÍ



Platí pravidlo nejvyššího rizika.

ZNAČENÍ NA VSTUPU



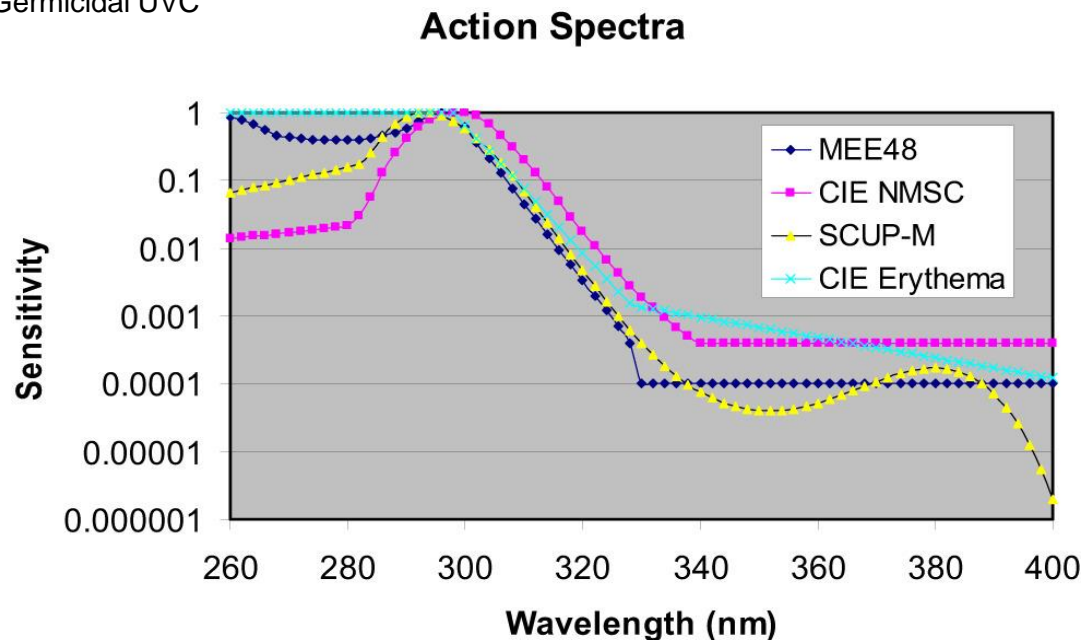
Nařízení vlády č. 375/2017 sb.

ÚČINKY NA ČLOVĚKA

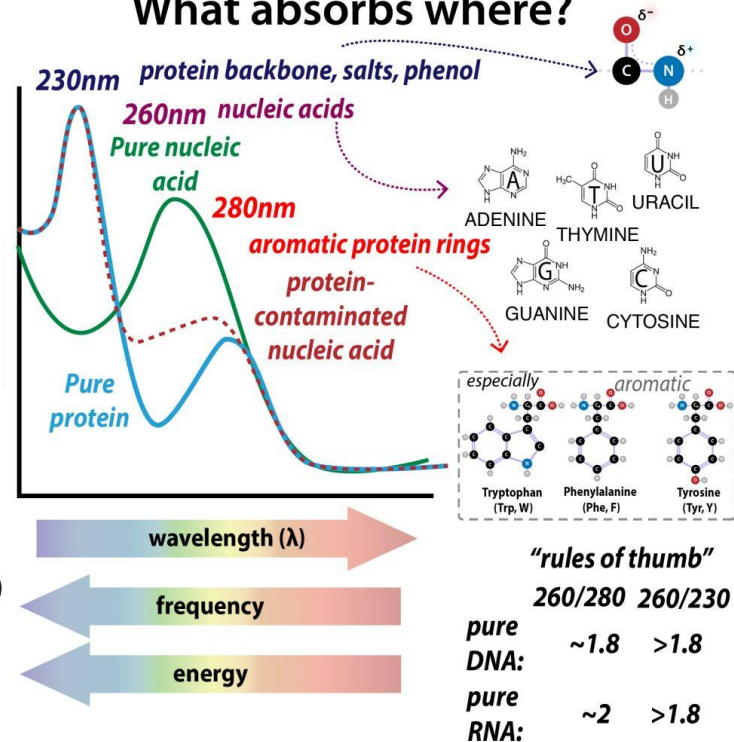
- Absorpce tkání na kterou dopadá
- Nejcitlivější jsou oči (optická soustava!), dále je citlivá kůže
 - Z publikací: nad $2,5 \text{ mW/cm}^2$ trvalé poškození
- Závisí na
 - Tkáni
 - Vlnové délce
 - Intenzitě
 - Velikost ozářené tkáně
- Druhy
 - Fotochemické – dva významy:
 - Energie fotonu $>$ vazebná energie
 - Krátké výkonné pulzy
 - Tepelné (delší než $10 \text{ } \mu\text{s}$)
 - Nelineární (fotoablace, fotoakustické poškození)

ÚČINKY NA ČLOVĚKA

Origins and Evolution of Photocarcinogenesis Action Spectra, Including Germicidal UVC



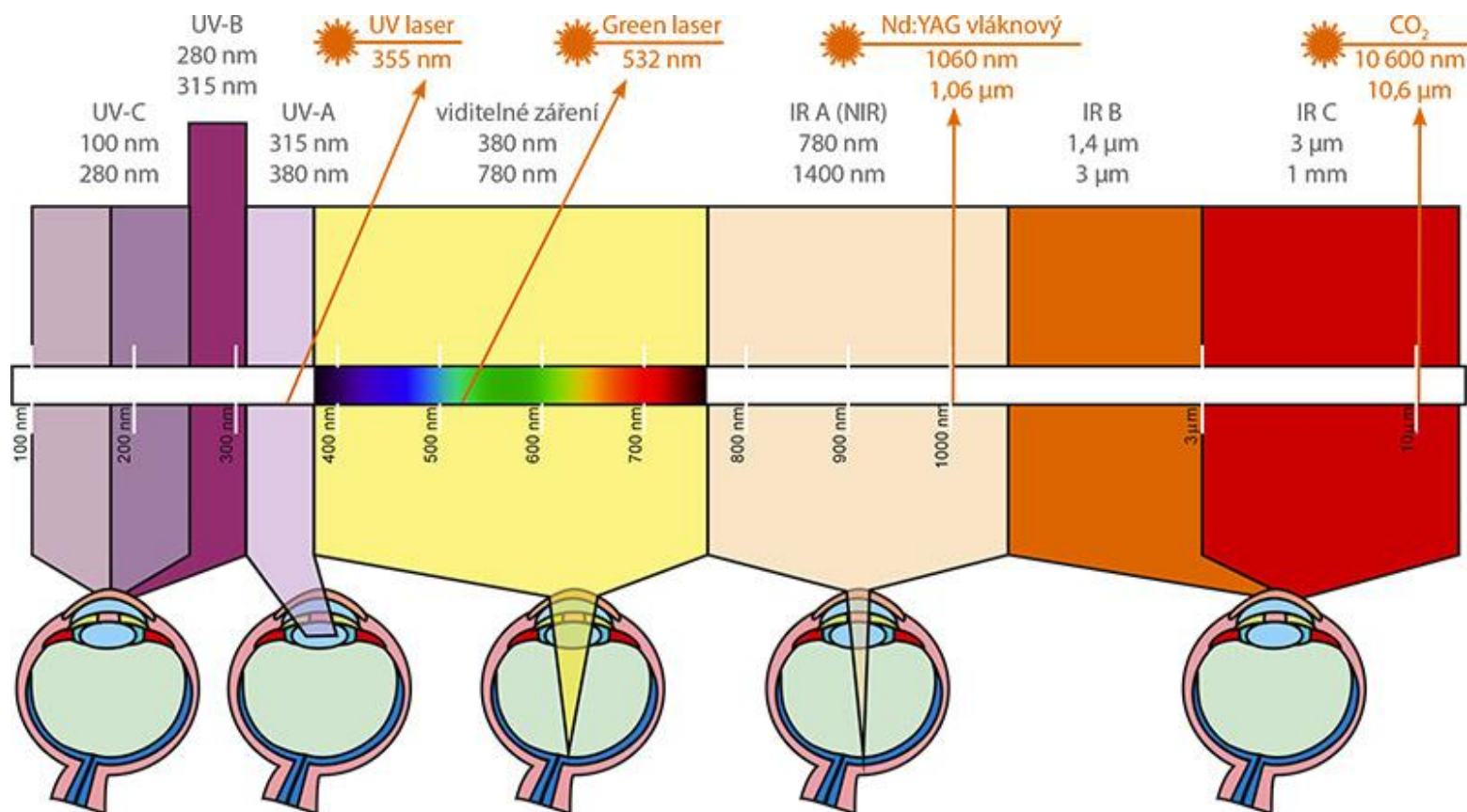
What absorbs where?



Photochem & Photobiology, Volume: 97, Issue: 3, Pages: 477-484, First published: 22 December 2020, DOI: (10.1111/php.13371)

Převzato od „Bumbling biochemist“

OKO



Zobrazení prostupu elektromagnetického záření do lidského oka a jeho absorpce. Laser je neionizující záření, které je možné mít ve spektru od ultrafialového do infračerveného, působení laserového paprsku může způsobit poškození zraku a újmu na zdraví!

ÚČINKY NA ČLOVĚKA

Spektrální oblast	Oko	Pokožka
Ultrafialová C (180 nm až 280 nm)	Zánět rohovky	Zrychlené stárnutí pokožky, Zvýšená pigmentace (opálení)
Ultrafialová B (280 nm až 315 nm)		
Ultrafialová A (315 nm až 400 nm)	Fotochemický šedý zákal	Ztmavnutí pigmentu, Fotosenzitivní reakce, Spálení pokožky
Viditelná (400 nm až 780 nm)	Fotochemické a tepelné poškození sítnice	
Infračervená A (780 nm až 1400 nm)	Šedý zákal, spálení sítnice	Spálení pokožky
Infračervená B (1,4 um až 3 um)	Zkalení rohovky, šedý zákal spálení rohovky	
Infračervená C (3 um až 1 um)	Spálení rohovky	

OCHRANA ZDRAVÍ

- Osobní ochranné pracovní prostředky (OOPP)
 - Oči – Brýle
 - Kůže – Oblečení /plášť, rukavice, obličejový štít
- Technická opatření

LASEROVÉ OCHRANNÉ BRÝLE

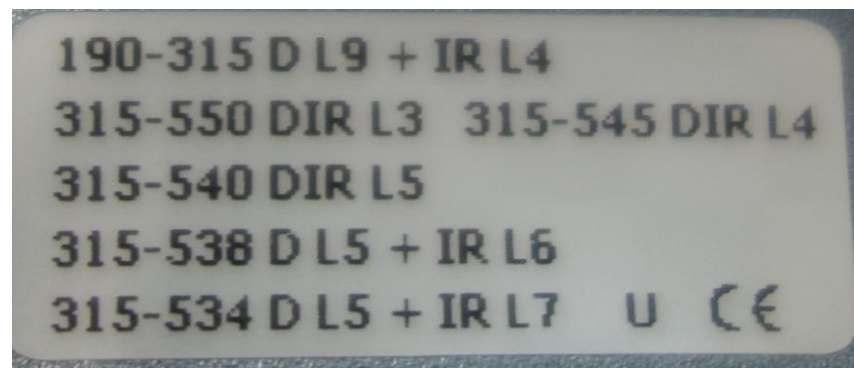
- Brýle musí být vyroben dle EN 207 nebo EN 208 a mít označení CE
- **Povinné pro lasery tříd 3B and 4!**
- Brýle musí chránit před **aktuálně používanými** laserovými paprsky
- Místnost musí být dostatečně osvětlená - **riziko kolize** (zakopnutí)
- Pozor na čitelnost v použitých brýlích (barevné nápisy)
- Brýle by měli dobře sedět (tvar, váha)
- Brýle by se neměli mlžit
- Kontrolovat brýle před každým použitím (škrábance a jiné poškození)

LASEROVÉ OCHRANNÉ BRÝLE

- Chrání před náhodným zásahem laserovým paprskem
- Filtr a obroučky musí poskytnout ochranu **nejméně 5 s, ale nikdy méně než 50 pulzů**
- Požadované parametry
 - Vlnová délka laseru
 - Délka pulzu
 - Výkon laseru / energie v pulzu
 - Průměr svazku
- **Poznámka: Pozor na reflexní filtry v brýlích!**

LASEROVÉ OCHRANNÉ BRÝLE

- D kontinuální laser, pulzy delší než 0,25 s
- I délka pulzu μs až 0,25 s
- R Q spínaný laser, délka pulzu ns až μs
- M Mode locked laser, délka pulzu menší než ns
- Asi se bude měnit... můžete potkat značení pomocí OD



LASEROVÉ OCHRANNÉ BRÝLE

- EN 208 – Osobní prostředky k ochraně očí – Prostředky k ochraně očí pro seřizovací práce na laserech a laserových soustavách
- Pouze pro 400 až 700 nm, cw nebo pulzy delší než ns
- Chrání pouze proti náhodnému přímému zásahu laserovým svazkem po dobu 0,25 s

TECHNICKÁ OPATŘENÍ

- Prvky laserového zařízení či v jeho okolí
 - Ochranné bariery „zabraňující přístupu“ a ochranné závěsy
 - ČSN EN 12254:2010 Clonící zařízení pro pracovní místa s laserovými zařízeními
 - AB čísla
 - Laserová ochranná okna nebo kamery
 - Zeslabovače svazku
 - Ukončovače svazku
 - Bezpečnostní systémy – např. odpojení laseru při vstupu do místnosti

ŠKOLENÍ

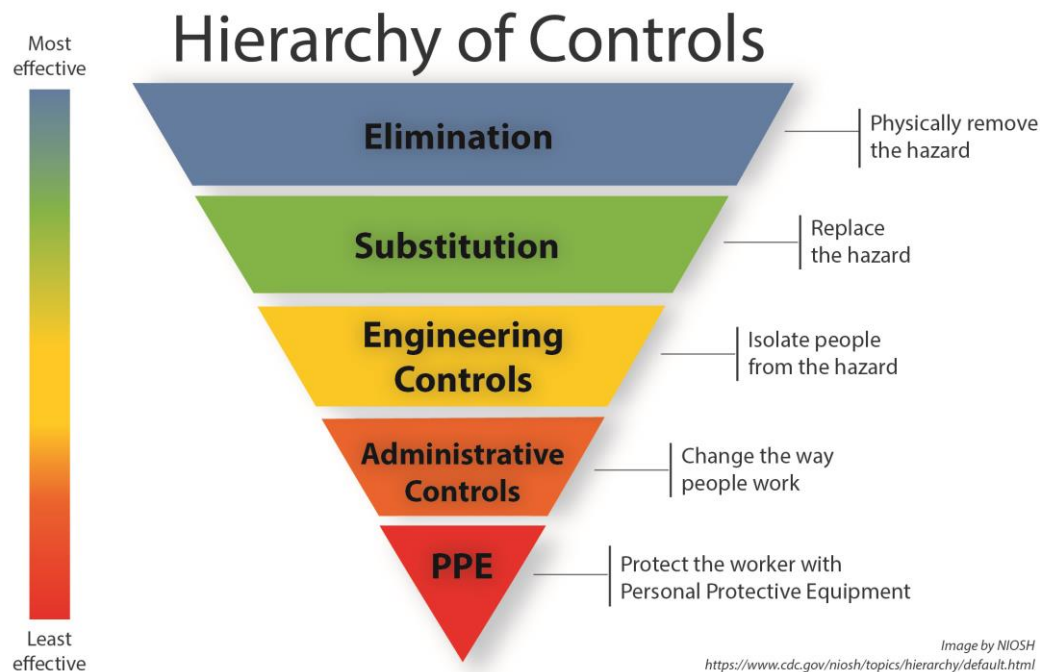
- Při nástupu do práce
 - Při změně pracovního zařazení / druhu práce
 - Při zavedení nové technologie nebo změny postupů
- Četnost školení není stanovena zvláštními právními předpisy
 - Zaměstnavatel je povinen určit obsah a četnost školení, způsob ověřování znalostí zaměstnanců a vedení dokumentace o provedeném školení. Vyžaduje-li to povaha rizika a jeho závažnost, musí být školení pravidelně opakováno (odst. 3 §103 ZP 262/2006 Sb.)
 - FBMI – při nástupu do práce a pak nejdéle každé 3 roky
- Dle třídy
 - Třída I, 2, 3R – nepožaduje se
 - Třída IM, 2M – je doporučeno
 - Třída 3B, 4 – požaduje se

POSOUZENÍ RIZIK - BONUS

- Vždy
 - Nové zařízení
 - Změna konfigurace stávajícího zařízení nebo procesu
 - Odstraňování zařízení
- Zúčastní se:
 - Týmová práce
 - Ten, kdo zařízení nebo proces vlastní
 - Ten, kdo práci vykonává
- Pokud možno jednoduše a srozumitelně

POSOUZENÍ RIZIK - POSTUP

- Specifikace úkolu – sběr úplných a aktuálních informací
- Identifikace nebezpečí
- Odhad rizika – určení závažnosti dopadu nebezpečí a pravděpodobnosti jeho vzniku



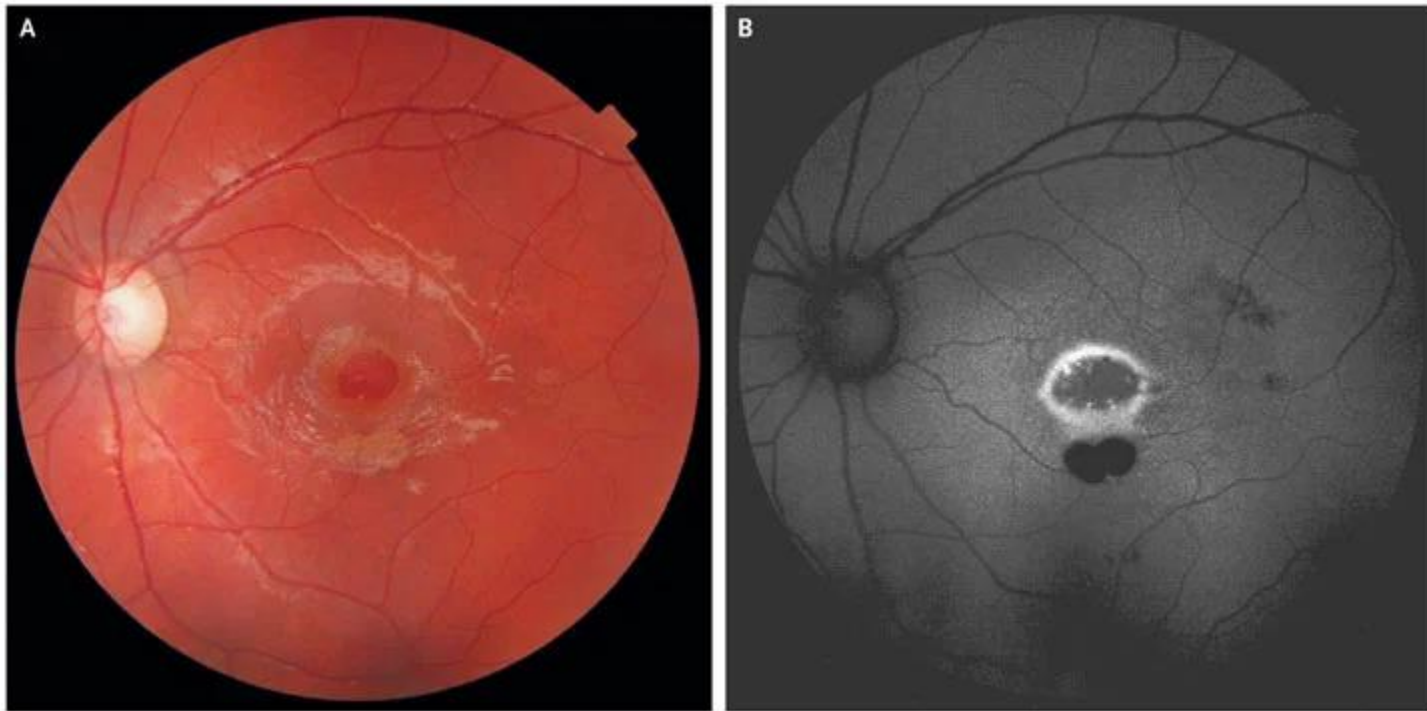
POSOUZENÍ RIZIK

- Vztít v úvahu všechny životní fáze laserového zařízení
 - Instalace, provoz, údržba, servis, likvidaci zařízení
 - Předvídatelné poruchy a nesprávné použití
- Nebezpečí spojená s laserem
 - λ , E/P, τ , VN, plyny, chemikálie, hluk, mechanická nebezpečí
- Prostředí
 - Umístění laseru – laboratoř, výrobní hala
 - Stav prostoru
 - Úroveň přístupu – omezený (na dveřích je koule), mimo veřejnost, mimo pracovní dobu
- Distribuce paprsku
 - Otevřená paprsková dráha, vlákno, prvky v dráze paprsku, fokusační optika, nastavování...
- Proces
 - Opracování materiálu, zplodiny, rozptyl na terči, ruční manipulace...
- Lidé
 - Zaměstnanci, dodavatelé, návštěvníci, děti...

NEHODY A SKORO NEHODY (NEAR-MISS)

- Pracovním úrazem se rozumí poškození zdraví nebo smrt, které byly zaměstnanci způsobeny nezávisle na jeho vůli krátkodobým, náhlým a násilným působením vnějších vlivů nebo vlastní tělesné síly při plnění pracovních úkolů nebo v přímé souvislosti s ním. (262/2006 sb.)
- Nejvíce nehod při nastavování systému.
- Příklady:
 - Poškození sítnice laserovým ukazovátkem
 - Laboratorní nehoda
 - Špatně nastavené kosmetické lasery

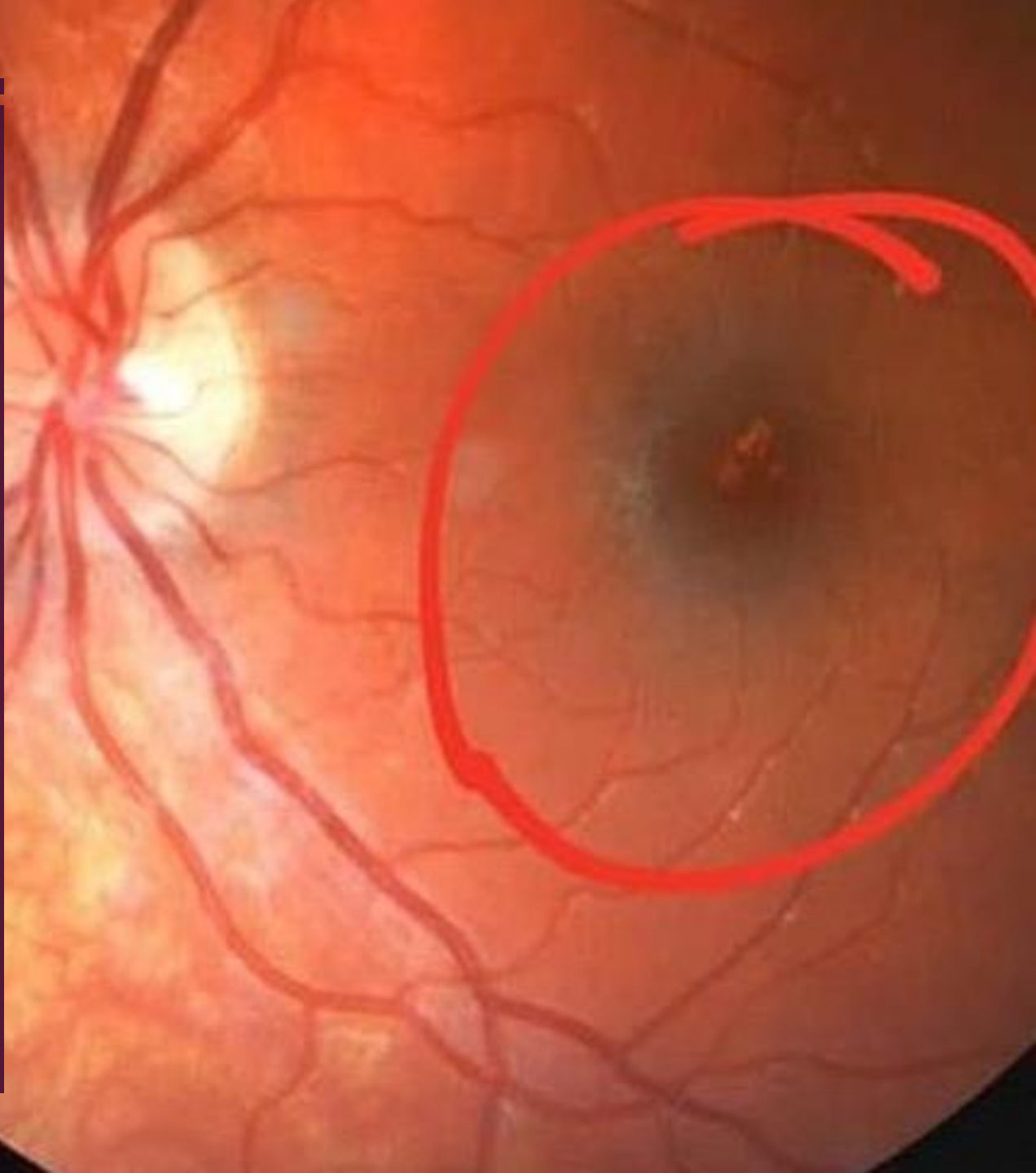
POŠKOZENÍ SÍTNICE



Macular Hole from a Laser Pointer – Androudi and Papageorgiou/NEJM 2018
Devítiletý chlapec měl zhoršené vidění levého oka poté, co se podíval do paprsku laserového ukazovátka. Fundoskopie a optická koherentní tomografie odhalily makulární díru v celé tloušťce.

POŠKOZENÍ SÍTNICE

- Turecko 2018
- <https://www.dailymail.co.uk/femail/article-7480933/Boy-8-left-untreatable-HOLE-eye-hit-laser-pointer.html>

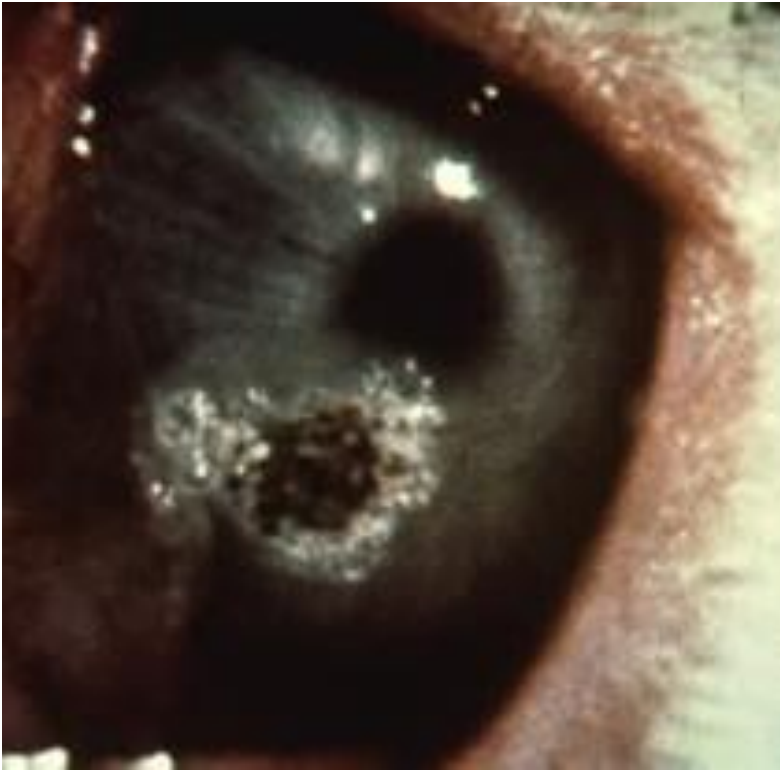


POŠKOZENÍ SÍTNICE

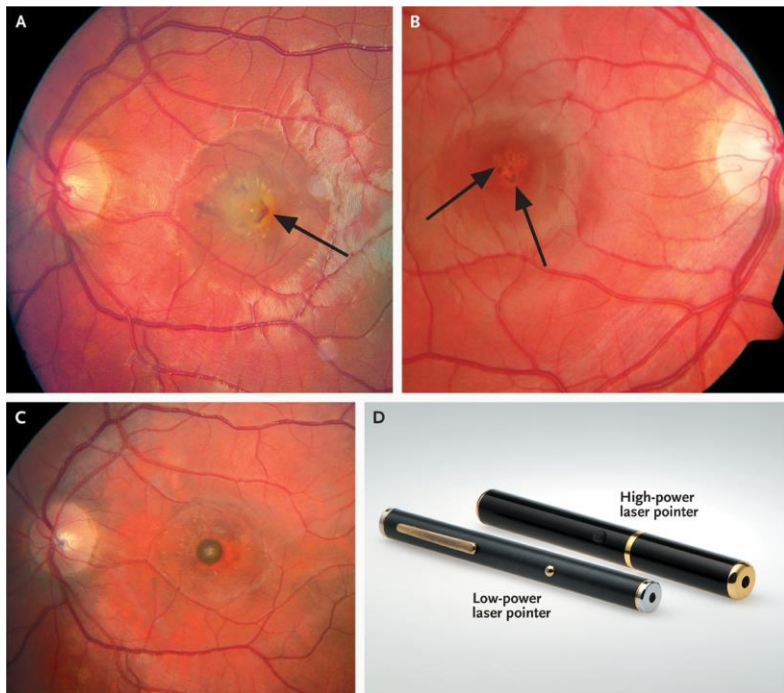


- $1\text{ W po cca } < 1\text{ s; @ } 445\text{ nm}$
- Laser na nestabilním povrchu
- Při pádu došlo k expozici oka

CORNEAL PHOTOABLATION



- Typical for excimers
- Photo of rabbit's eye (Berkley)
- <https://ehs.lbl.gov/resource/documents/radiation-protection/laser-safety/laser-bio-effects/>



- „Laser pointer“ 150 mW
- Odraz ze zrcadla
- 15 letý kluk
- <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc1005818>

KŮŽE



Image courtesy of Maria Natale via The Post



CHYBY SE STÁVAJÍ

POUČTE SE Z NICH



FIREMNÍ
KULTURA JE
DŮLEŽITÁ

NEJČASTĚJŠÍ PŘÍČINY NEHOD

- Nedostatečné proškolení
- Nedodržení správných pracovních postupů
- Špatně nastavená optika (POZOR NA ODRAZY)
- Laserové ochranné brýle nebyly použity nebo byly nevhodné
- Sledování laserem generovaného plazmatu
- Závada na přístroji
- Neuzemněné pracoviště
- Nesprávné zacházení s vysokým napětím
- Inhalace částic generovaných laserem
- Úmyslné ozáření osoby bez OOPP (laserová ukazovátka, laser show)

OSTATNÍ POVINNOSTI A POZNÁMKY

- Lékařská prohlídka – **duševní a tělesná způsobilost.**
 - ~~Dle kategorie práce – kat I.: 6/4 roky (před a po 50 roku života)~~
 - **Od 1. 1. 2023 Novela vyhlášky č. 79/2013 Sb. – kat. I a 2 volba na zaměstnavateli (FZU nebude nařizovat), zaměstnanec může požadovat**
 - **Vstupní/výstupní stále povinná**
 - Oční prohlídka je na zaměstnavateli – FZU: každé dva roky (dobrovolné = zaměstnanec má právo odmítnout).
- **V případě nehody:**
 - Vypnout zařízení
 - Poskytnout první pomoc
 - V případě potřeby zavolat IZS (nejčastěji záchranou službu, případně hasiče)
 - Upřesnění postupu v konkrétní laboratoři je daná **havarijním řádem.**
- **Pokud nelze zajistit ochranu zdraví, nelze laser provozovat.**

OSTATNÍ RIZIKA

- Vysoké napětí
- Požár
- Exploze
- Vakuum
- Hluk
- Chemické látky – chemické lasery, generace ozónu
- Plynné výpary – respirační onemocnění
- Mechanická rizika (vedení kabelů, vody)
- Silné magnetické pole (kardiostimulátor)
- Ionizující záření

DALŠÍ INFORMACE

- Další zdroje: webináře a workshopy HiLASE (včetně mezinárodních účastníků)
 - WORKSHOP: Laserová bezpečnost pro průmyslové aplikace
- Test