

Lézergyártmányok sugárbiztonsági előírásai

fejezet célja:

- Megismertetni a legfontosabb sugárbiztonsági alapfogalmakat
- Bemutatni a sugárbiztonsággal kapcsolatos szabvány előírásait
- Megismertetni a munkahelyi feliratokat és jelöléseket

fejezet végére érve tudni kell:

- A lézergyártmányok osztályba sorolását
- A fontosabb biztonsági előírásokat
- A lézerek működésével és működtetésével kapcsolatos egyéb veszélyeket

előismeretek:

Az ezen fejezet megértéséhez szükséges az elektromágneses sugárzás és az elektromágneses spektrum, a sugárzási energia mérésének és mértékegységeinek valamint az alapvető optikai és fotometriai fogalmak ismerete.

tartalom

[Bevezetés](#)

[Szófogalom meghatározások](#)

[Lézerberendezések osztályba sorolása](#)

[1-es osztályú lézerberendezés](#)

[2-es osztályú lézerberendezés](#)

[3A osztályú lézerberendezés](#)

[3B osztályú lézerberendezés](#)

[4-es osztályú lézerberendezés](#)

z osztályba soroláshoz szükséges vizsgálatok

Osztályozás

legnagyobb megengedett expozíció (LME)

biztonsági előírások

Szerkezeti előírások

Feliratok jelölések

összefoglalás

ellenőrző kérdések

ábrák

táblázat: [Az 1. osztályú lézergyártmányok megengedett kisugárzási határértékei](#)

táblázat: [A 3A osztályú lézergyártmányok megengedett kisugárzási határértékei](#)

táblázat: [A 3B osztályú lézergyártmányok megengedett kisugárzási határértékei](#)

táblázat: [A sugárzások szemre és bőrre gyakorolt hatásainak összegzése](#)

táblázat: [A szaruhártyára megengedett legnagyobb expozíció nyalábba nézés esetén](#)

táblázat: [A szaruhártyára megengedett legnagyobb expozíció visszavert lézernyalábba nézése esetén](#)

táblázat: [A bőrre megengedett legnagyobb expozíció](#)

ábrák

1. ábra: [Figyelmeztető címke](#)

2. ábra: [Felvilágosító címke](#)

Bevezetés

Ár fénynak csak a szemünkkel közvetlenül érzékelhető elektromágneses sugárzást nevezzük, a fénytávközlésben, vagy más szóval az optikai kommunikációban nem csak a látható, hanem az azon kívül eső tartományban sugárzó forrásokat is használunk. Ez a sugárzás szemünkbe jutva, vagy a testfelületünket érve, a szövetekben részben elnyelődik, részben visszaverődik.

Az elnyelődés ill. a visszaverődés mértéke természetesen függ a hullámhossztól. Az elnyelt sugárzás energiája testünkben hővé alakul. Az elnyelt energia a sugárzás erősségétől és idejétől függően károsíthatja szemünket, vagy akár fülünket is.

A források veszélyessége sok mindentől függ, s a károsodás sem mindig azonnal jelentkezik. A CD rendszerben használt lézerdióda pl. 780nm-en, sötétvörös színben sugároz. Ezen a hullámhossza szemünk érzékenysége már elég kicsi, 10-20-szor kisebb, mint az ezzel azonos energiájú zöldes-sárga színre. Ebből következik, hogy bár viszonylag halványnak látjuk a LD fényét, a szemünkben elnyelt energia mennyisége jelentős lehet. Természetesen fokozott veszélyforrást jelentenek az 1300nm - 1500nm hullámhossztartományban sugárzó, az egymódusú átvitelben alkalmazott lézerdiódák, melyeket nem is érzékelünk.

Mivel a lézerdiódából kilépő fény divergens, 30 - 50cm távolságból rövid időre jelenézve rendszerint nem jelentenek veszélyt. Nem így a kollimált lézertény! ***árhuzamos nyálábba még a legrövidebb ideig sem szabad pillantani.*** A árhuzamos fényt ugyanis szemlencsénk mikronnyi átmérőjű területre képezi le a szemünk ideghártyájára, oda koncentrálva az összes beérkező energiát, ami egy pillanat alatt kiégeti a fényérzékeny sejteket. Persze az egy-két elpusztult idegsejt magában még nem okozna látáskárosodást, a képképzésben ugyanis agyunk játszik jelentős szerepet, ami nem is használja fel az összes idegsejttől beérkezett ingerületet. Viszont szemünk állandó vibráló mozgást végez, miáltal a fókuszált lézertény összekaszabolja a recehártyát. Önmagában még ez sem jelentene nagy bajt, mint ahogy az így járt személy sem vesz sokat észre belőle - abban a pillanatban, mikor az eset történt. Az igazi károsodás ez után kezdődik, mikor a súrtult ideghártya elkezd varasodni, ami súlyos esetben vaksághoz vezethet. Az ilyen munkahelyen, ahol a dolgozók lézersugárzásnak lehetnek kitéve, a felvétel meg kell előznie egy alapos szemvizsgálatnak, nehogy egy korábban szerzett, de csak napokkal vagy hetekkel később jelentkező látáskárosulás munkahelyi álesetnek tűnjön.

Mivel a lézert, vagy lézert tartalmazó eszközöket, berendezéseket használó munkahelyen az egészséget károsító sugárzás érheti az ott dolgozókat, a

biztonsági előírásokat szabvány rögzíti, az előírások betartását pedig törvény írja elő. A biztonságos munkavégzés szabályait, és a lézergyártmányokhoz kapcsolódó fogalmakat és előírásokat ezért fontos megismernünk.

A lézergyártmányok sugárbiztonsági előírásait az **MSz 16261** szabvány (a továbbiakban a "szabvány" alatt mindig ezt értjük) tartalmazza, amely gyakorlatilag megfelel a nemzetközileg elfogadott **IEC 825** követelményeinek. A távnyelvi távközlésben alkalmazott lézerberendezésekre a szabvány 850-1550nm hullámhossztartományra vonatkozó megköveteléseit kell figyelembe venni.

szabvány

- a lézergyártmányokat **osztályokba** sorolja, amit a későbbiekben még részletesen is tárgyalunk:
 - 1-es osztály veszélytelen, nem bocsát ki sugárzást
 - 2-es osztály kisteljesítményű, $\lambda=400-700\text{nm}$, $P<1\text{mW}$
 - 3A osztály Mérésékelten veszélyes, $\lambda=400-700\text{nm}$, $P<0,5\text{mW}$, belenézés ettől kezdve tilos
 - 3B osztály Közepesen veszélyes, $\lambda>315\text{nm}$, $P<0,5\text{W}$
 - 4-es osztály Veszélyes, nagy teljesítményű, $P>P(3B)$
- szabályozza az osztályba soroláshoz szükséges ellenőrző vizsgálatokat,
- a legnagyobb megengedett expozíciót (ami függ a sugárzás hullámhosszától energiájától és a besugárzás időtartamától),
- a munkahelyi feliratokat és jelöléseket,
- a felhasználók tájékoztatását (mint pl. a gyártmány osztályba sorolása, szerelés, karbantartás, biztonságos felhasználásra vonatkozó előírások), ... stb.

szabályozza továbbá

- a szerkezeti megoldásokat (erre példaként idézünk a 8.11-es pontból):

11 Fényvezetőszálas lézerrendszer

csatlakozások szétkapcsolásához szerszámot kelljen használni, ha a hozzáférhető lézersugárzás a $\lambda=400-700\text{nm}$ tartományban meghaladja a 2-es osztály határértéke 5-szörösét, máshol az 1-es osztály határértékét.

- biztonsági előírásokat (mint pl. védőszemüveg, védőruha, viselkedés, öltözeszerszámok)
- a lézerműködéssel járó egyéb veszélyeket (pl. nagyfeszültségű tápegység, zaj, vibráció,...)

védőszemüveg keskeny sávú színszűrő, amely az adott lézer hullámhosszára van hangolva. A szabvány előírja a csillapítását, melyet optikai sűrűségnek hívnak:

$$D_{\lambda} = \lg \frac{H_0}{LME}$$

ahol H_0 az expozíció, **LME** pedig a Legnagyobb Megengedett Expozíció. (A definíciókat ld. később) A védőszemüveg fontos a véletlen sugárbanzás megelőzése érdekében, kötelező a sugárveszélyes munkahelyre vitt látogatók számára, a lézer, vagy a sugárutak beállításán dolgozó szakembert viszont akadályozza a munkájában, hisz pont azt nem láthatja tőle, amit csinál.

A fényutakban dolgozva az is követelmény, hogy mások szemét se veszélyeztessék közvetlen, se közvetett, vagy szórt lézersugárzás. Ezért csillogó szerszámok használata, karóra, gyűrű vagy más ékszer viselete nem megengedett az ilyen munkahelyen

A sugárveszélyes munkahelyen tehát higgadtan, megfontoltan kell viselkedni, és minden mozdulatnak a következményét előre kell látni, hogy elkerüljük a véletlen eseteket.

Terminológiai meghatározások

mint az előzőekben már említettük, a lézergyártmányokra vonatkozó
biztonsági előírásokat az MSz 16261 szabvány tartalmazza. A teljeség
nékül összefoglaljuk azon fogalmakat, amelyek a biztonsági előírások
telmezéséhez szükségesek.

lézer: Olyan eszköz, amely a 180nm-től 1 mm-ig terjedő
hullámhossztartományban elektromágneses sugárzást képes létrehozni indukált
emisszió révén.

sugárzott energia (Q): Sugárzás formájában kibocsátott, felvett, vagy átvitt
energia. Mértékegysége: J .

sugárzott teljesítmény (F): Sugárzás formájában kibocsátott, felvett, vagy átvitt
teljesítmény. Mértékegysége: W

sugársűrűség (L): A sugárzó felszín egységnyi felületéről a Q irány körüli
egységnyi térszögben kisugárzott teljesítmény.

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dA \cos\Theta}$$

Mértékegysége: $Wm^{-2}sr^{-1}$

integrált kisugárzás: Adott expozíciós időtartam alatt egységnyi sugárzó
felületről egységnyi térszögbe kisugárzott energia. Mértékegysége: $Jm^{-2}sr^{-1}$

besugárzott felületi teljesítmény: A felület egy pontjában a pontot tartalmazó
felületeleмен áthaladó sugárzott teljesítmény és a felületelem területének
hányadosa.

$$E = d\Phi / dA$$

Mértékegysége: Wm^{-2}

besugárzási, vagy expozíciós időtartam (t): Impulzus, impulzusvonulat, vagy sorozat, vagy folytonos sugárzás azon időtartama, amíg a lézersugárzás éri az emberi testet.

Folytonos lézer: Egy lézer folytonos üzemű, ha a sugárzás időtartama nagyobb, mint 0,25 s.

Impulzusüzemű lézer: Ha a lézer az energiát egyetlen-0,25s-nál rövidebb-impulzus, vagy impulzusok sorozata formájában adja le, impulzusüzeműnek tekintjük.

besugárzottság (H): Egy felület adott pontjában a felületegységre jutó sugárzott energia.

$$H = \frac{dQ}{dA} = \int E dt$$

Értékegysége: Jm^{-2}

Határolónyílás: Olyan kör alakú nyílás, amelynek területére a besugárzott felületteljesítményt és a besugárzottságot átlagoljuk.

Határlátószög (amin): A lézerforrás, vagy szórt visszaverődés szemmel érzékelt határlátószögértéke, amely alapján a nyalábszerű és a kiterjedt forrás megkülönböztethető. (Az átlagos emberi szem felbontóképességét 1 ívpercnek szokás venni.)

Kiterjedt forrás: Olyan sugárforrás, amelynek szemmel érzékelt látószöge nagyobb, mint a határlátószög. A forrás lehet olyan nyaláb, amelyet akár közvetlenül, akár közvetett módon -tükröződés, vagy szórt visszaverődés útján megfigyelnek.

Nyalábátmérő: Gauss nyaláb esetén a nyalábátmérő a sugárzási kúp bármely keresztmetszetéhez tartozó azon kör átmérője, melynek kerületén a teljesítmény

vagy energia) a legnagyobb érték e -ed részére csökken.

legnagyobb megengedett expozíció (LME): Az a legnagyobb lézersugárzási szint, amely üzemi körülmények között, az ott tartózkodó személyeket még nem veszélyezteti, a szemet, vagy a bőrt nem károsítja. A LME értéke függ a sugár hullámhosszától, az expozíciós időtől, a szöveti érzékenységtől és a recehártyán elhelyezkedő kép méretétől.

megengedett kisugárzási határérték (MKH): Adott osztályú lézergyártmányra megengedett legnagyobb kisugárzási szint. Mértékegységei: W , J , Wm^{-2} , Jm^{-2} , $Wm^{-2}sr^{-1}$, $Jm^{-2}sr^{-1}$

nyalábba nézés: Olyan látóhelyzet, amikor a szemet kiterjedtnek nem tekinthető forrásból (pl. pontszerű forrás, vagy párhuzamosított nyaláb) eredő sugárzás éri.

szemre veszélyes névleges környezet (SzVNK): Olyan terület, amelyen belül a kisugárzott felületi teljesítmény, vagy a besugárzottság meghaladja a szaruhártyára megengedett legnagyobb expozíciót. Ha az optikai segédeszközön keresztül nézés lehetőségét is figyelembe vesszük, kiterjesztett SzVNK-ről beszélünk.

szemre veszélyes névleges távolság (SzVNT): Olyan távolság, amelyen a kisugárzott felületi teljesítmény, vagy a besugárzottság a szaruhártyára megengedett legnagyobb expozícióval egyenlő. Az előzőhöz hasonlóan beszélhetünk kiterjesztett SzVNT-ről is.

1. Lézerberendezések osztályba sorolása

Lézerberendezéseket az általuk kisugárzott teljesítmény, vagy energia, az általuk állított besugárzott felületi teljesítmény, vagy besugárzottság, illetve az integrált kisugárzás, vagy sugársűrűség alapján soroljuk osztályokba.

1-es osztályú lézerberendezés

zokat a veszélytelen lézereszközöket soroljuk ide, melyek nem bocsátanak ki a táblázatban megadott határértékeket meghaladó sugárzást

1. táblázat

Hullámhossz λ [nm]		Sugárzási időtartam t [s]						
		$< 10^{-9}$	$10^{-9}-10^{-7}$	$10^{-7}-1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}-5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}-10$	$10-10^3$	10^3-10^4
Megengedett Kisugárzási Határérték (MKH)								
700-1050	vagy	$200C_4$ [W]	$2 \times 10^{-7}C_4$ [J]	$7 \times 10^{-4} \times t^{0,75} \times C_4$ [J]			$1,2 \times 10^{-4} \times C_4$ [W]	
		$10^{11}C_4$ [$Wm^{-2}sr^{-1}$]	$10^5 \times t^{0,33} \times C_4$ [$Jm^{-2}sr^{-1}$]			$3,9 \times 10^4 \times t^{0,75} \times C_4$ [$Jm^{-2}sr^{-1}$]	$6,4 \times 10^3 \times C_4$ [$Wm^{-2}sr^{-1}$]	
1050-1400	vagy	2×10^3 [W]	2×10^{-6} [J]			$3,6 \times 10^{-3} \times t^{0,75}$ [J]	6×10^{-4} [W]	
		5×10^{11} [$Wm^{-2}sr^{-1}$]	$5 \times 10^5 \times t^{0,33}$ [$Jm^{-2}sr^{-1}$]			$1,9 \times 10^4 \times t^{0,75}$ [$Jm^{-2}sr^{-1}$]	$3,2 \times 10^4$ [$Wm^{-2}sr^{-1}$]	
1400-1550		8×10^4 [W]	8×10^4 [W]	$4,4 \times 10^{-3} \times t^{0,25}$ [J]			8×10^{-4} [W]	
1550- 10^6		10^7 [W]	10^{-2} [J]	$0,56 \times t^{0,25}$ [J]			0,1 [W]	

$$C_4 = 10^{(A-700)/500}$$

Az 1. osztályú lézergyártmányok megengedett kisugárzási határértékei

-es osztályú lézerberendezés

z az osztály a 400-700nm hullámhossztartományban működő lézerekre vonatkozik, tehát a ténytávközlésben használatos eszközöket nem érinti.

4 osztályú lézerberendezés

re az osztályra - a fénytávközlésben használt hullámhossztartományra - a megengedett kisugárzási határértékek (MKH) a.2. táblázatban láthatók. Az ilyen intenzitású nyaládba belenézni már veszélyes. Ekkora szintek a fénytávközlésben még előfordulnak.

2. táblázat

Hullámhossz λ [nm]	Sugárzási időtartam t [s]							
	$< 10^{-9}$	$10^{-9}-10^{-7}$	$10^{-7}-1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}-5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}-10$	$10-10^3$	10^3-10^4	$10^4-3 \times 10^4$
Megengedett Kisugárzási Határérték (MKH)								
700-1050	vagy	$1000C_4$ [W]	$10^{-6}C_4$ [J]	$3,5 \times 10^{-3} \times t^{0,75} \times C_4$ [J]				6×10^{-4} [W]
		$5 \times 10^6 C_4$ [Wm ⁻²]	$5 \times 10^{-3} \times C_4$ [Jm ⁻²]	$18 \times t^{0,75} \times C_4$ [Jm ⁻²]				$3,2 \times C_4$ [Wm ⁻²]
1050-1400	vagy	10^4 [W]	10^{-5} [J]		$1,8 \times 10^{-2} \times t^{0,75}$ [J]		3×10^{-3} [W]	
		5×10^7 [Wm ⁻²]	5×10^{-2} [Jm ⁻²]		$90 \times t^{0,75}$ [Jm ⁻²]		16 [Wm ⁻²]	
1400-4000	vagy	4×10^5 [W]	4×10^{-4} [J]	$2,2 \times 10^{-2} \times t^{0,25}$ [J]			4×10^{-3} [W]	
		10^{11} [Wm ⁻²]	100 [Jm ⁻²]	$56 \times t^{0,25}$ [Jm ⁻²]			1000 [Wm ⁻²]	

$C_4 = 10^{(2-700)/500}$

A 3A osztályú lézergyártmányok megengedett kisugárzási határértékei

B osztályú lézerberendezés

z ilyen eszközök folytonos üzemben legfeljebb 0,5W teljesítményt bocsáthatnak ki. Az impulzus üzemmódra vonatkozó határértékeket a 3. táblázat tartalmazza. z ilyen nyalábba való nézés mindig veszélyes.

3. táblázat

Hullámhossz λ [nm]	Sugárzási időtartam t [s]		
	$< 10^{-9}$	$10^{-9}-0,25$	$0,25-3 \times 10^4$
Megengedett Kisugárzási Határérték (MKH)			
700-1050	$3,14 \times 10^{11} C_4$ [Wm ⁻²]	$3,14 \times 10^5 \times t^{0,33} \times C_4$ [Jm ⁻²] vagy $< 10^5$ [Jm ⁻²]	$0,5$ [W]
1050-1400	$1,57 \times 10^{12}$ [Wm ⁻²]	$1,57 \times 10^6 \times t^{0,33}$ [Jm ⁻²] vagy $< 10^5$ [Jm ⁻²]	$0,5$ [W]
1400-10 ⁶	10^{14} [Wm ⁻²]	$0,5$ [W]	

$C_4 = 10^{(2-700)/500}$

A 3B osztályú lézergyártmányok megengedett kisugárzási határértékei

-es osztályú lézerberendezés

z ide sorolt berendezések teljesítménye meghaladja a 3B osztályú eszközökre megengedett határértékeket. Ilyen teljesítmény már bőrkárosodást és tüzet is okozhat. A szórt visszaverődés is káros a szemre.

Az osztályba soroláshoz szükséges vizsgálatok

A vizsgálatokat a készülék gyártójának, vagy forgalmazójának kell elvégeznie (vagy elvégeztetnie). A mérések során minden körülményt úgy kell beállítani, hogy mind az üzemszerű, mind a hibás működést figyelembe véve előforduló legnagyobb szinteket mérhessük meg (maximális kimenőteljesítmény, anizensek, legnagyobb intenzitású irányok megkeresése, hatástalanított biztonsági rezesek, stb). A vizsgálatok során figyelembe kell venni a mérési eljárások hibáit és statisztikai bizonytalanságait, valamint a berendezés öregedése során bekövetkező sugárzásnövekedést és a sugárbiztonság csökkenését.

Osztályozás

Az osztályba soroláshoz szükséges mérések alapján a fentiekben ismertetett határértékek szerinti besorolást is a gyártó, vagy forgalmazó végzi (végezteti) a követelések szerint.

Az egy hullámhosszon sugárzó berendezést abba az osztályba kell sorolni, amelynek kisugárzási határértékeit nem lépi túl. Ahol kétféle korlátozás is van, legalább az egyiket teljesíteni kell.

Ha a kettő, vagy több hullámhosszúságú sugárzás hatásai a 4. táblázat szerint összegezhetők, akkor az egyes hullámhosszakhoz tartozó intenzitásokat a rájuk

onatközö MKH reciprokával súlyozva összegezni kell. A berendezés abba az osztályba tartozik, ahol az összeg nem haladja meg az 1-et. Ha a hatások nem összegezhetők, a készüléket abba az osztályba kell sorolni, ahol egyik hullámhosszon sem haladja meg a MKH-et.

4. táblázat

Hullámhossz-tartomány	UV-A 315 – 400nm	Látható és IR-A 400 – 1400nm	IR-A és IR-C 1400 – 10 ⁶ nm
UV-A 315 – 400nm	szem bőr	bőr	szem bőr
Látható és IR-A 400 – 1400nm	bőr	szem bőr	bőr
IR-A és IR-C 1400 – 10 ⁶ nm	szem bőr	bőr	szem bőr

A sugárzások szemre és bőrre gyakorolt hatásainak összegzése

legnagyobb megengedett expozíció (LME)

Az 5...7. táblázatok határértékeit úgy állapították meg, hogy ezek teljesülése esetén a felhasználók biztonságban legyenek. Bizonyos esetek azonban (pl. több hullámhosszon történő sugárzás, impulzus üzemű és modulált lézerek) alapos megfontolást igényelnek. Az expozíció méréséhez és számításához alkalmazandó tárolónyílást, a sugársűrűség és az integrált kisugárzás vizsgálatához a tárlátószöggel egyenlővé tett észlelési térszöget a táblázatok tartalmazzák.

A több hullámhosszon sugárzó berendezésre az osztályozásról szóló fejezet szerint az összegzés alkalmazható, ha az impulzusszélességek és az expozíciós idők egy egységrendben vannak. Ha a különböző hullámhosszak hatását nem szabad összegezni, a veszélyeket külön-külön kell felmérni.

Impulzus üzemű és modulált lézerek esetén az alábbi három feltétel közül a legszigorúbbat kell alkalmazni.

- A sorozat bármely impulzusából származó expozíció se haladja meg az egy impulzusra megadott **LME**-t.
- Egy t időtartamú sorozat átlagos besugárzott felületi teljesítménye ne lépje túl a t időtartamú impulzusra megadott **LME**-t.
- A sorozat bármely impulzusából származó expozíció se haladja meg az egy impulzusra vonatkozó **LME** és a besugárzás alatt várható n impulzusszám ($\cdot 1/4$)-ik hatványának szorzatát:

$$LME_{imp} \leq LME_{egyetlen} \leq n^{-1/4}$$

5. táblázat

Hullámhossz λ [nm]	Sugárzási időtartam t [s]						
	$< 10^{-9}$	$10^{-9}-10^{-7}$	$10^{-7}-1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}-5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}-10$	$10-10^3$	10^3-10^4
Legnagyobb Megengedett Expozíció (LME)							
700-1050	$5 \times 10^6 C_4$ [Wm^{-2}]	$5 \times 10^{-3} \times C_4$ [Jm^{-2}]	$18 \times t^{0,75} \times C_4$ [Jm^{-2}]			$3,2 \times C_4$ [Wm^{-2}]	
1050-1550	5×10^7 [Wm^{-2}]	$5 \times 10^5 \times t^{0,25}$ [Jm^{-2}]			$90 \times t^{0,75}$ [Jm^{-2}]	16 [Wm^{-2}]	
1550- 10^6	10^{11} [Wm^{-2}]	100 [Jm^{-2}]	$5600 \times t^{0,25}$ [J]			1000 [Wm^{-2}]	
Határolónyílás átmérők:			7mm	$700 < \lambda < 1400$			
			1mm	$1400 < \lambda < 10^5$			
			11mm	$10^5 < \lambda < 10^6$			

$C_4 = 10^{(A-700)/500}$

A szaruhártyára megengedett legnagyobb expozíció nyalábba nézés esetén

6. táblázat

Hullámhossz λ [nm]	Sugárzási időtartam t [s]				
	$< 10^{-9}$	$10^{-9}-10^{-7}$	$10^{-7}-10$	$10-10^3$	10^3-10^4
Legnagyobb Megengedett Expozíció (LME)					
700-1050	$10^{11} C_4$ [$Wm^{-2}sr^{-1}$]	$10^8 \times t^{0,33} \times C_4$ [$Jm^{-2}sr^{-1}$]	$3,8 \times 10^4 \times t^{0,75} \times C_4$ [$Jm^{-2}sr^{-1}$]		$6,4 \times 10^3 \times C_4$ [$Wm^{-2}sr^{-1}$]
1050-1400	5×10^{11} [$Wm^{-2}sr^{-1}$]	$5 \times 10^5 \times t^{0,33}$ [$Jm^{-2}sr^{-1}$]	$1,9 \times 10^5 \times t^{0,75}$ [$Jm^{-2}sr^{-1}$]		$3,2 \times 10^4$ [$Wm^{-2}sr^{-1}$]
1400- 10^6	10^{11} [Wm^{-2}]	100 [Jm^{-2}]	$5600 \times t^{0,25}$ [Jm^{-2}]	1000 [Wm^{-2}]	
Határlátószög		Expozíciós idő t			$C_4 = 10^{(A-700)/500}$
$\alpha_{min} = 0,008 \text{ rad}$		$< 10^{-9} \text{ s}$			$\lambda > 1050 \text{ nm}$ és $t < 5 \times 10^{-5} \text{ s}$ feltételek esetén az α_{min} értékét 1,4-szeresére kell növelni
$\alpha_{min} = 0,00025 \times t^{0,17} \text{ rad}$		$10^{-9}-1,8 \times 10^{-5} \text{ s}$			
$\alpha_{min} = 0,015 \times t^{0,17} \text{ rad}$		$1,8 \times 10^{-5}-10 \text{ s}$			
$\alpha_{min} = 0,024 \text{ rad}$		$> 10 \text{ s}$			

A szaruhártyára megengedett legnagyobb expozíció visszavert lézernyalábba nézése esetén

7. táblázat

Hullámhossz λ [nm]	Sugárzási időtartam t [s]			
	$< 10^{-9}$	$10^{-9}-10^{-7}$	$0,25-3 \times 10^4$	
Legnagyobb Megengedett Expozíció (LME)				
400-1400	2×10^{11} [Wm ⁻²]	200 [Jm ⁻²]	$1,1 \times 10^4 \times t^{0,25}$ [Jm ⁻²]	2000 [Wm ⁻²]
1400-10 ⁶	10^{11} [Wm ⁻²]	100 [Jm ⁻²]	$5600 \times t^{0,25}$ [Jm ⁻²]	100 [Wm ⁻²]
Iatárolónyílás átmérők: 1mm, ha $\lambda < 10^5$ nm 11mm, ha $\lambda > 10^5$ nm				

A bőrre megengedett legnagyobb expozíció

Biztonsági előírások

A lézerberendezés felhasználója köteles biztonsági intézkedéseket tenni a működésből származó veszélyek elkerülése érdekében.

- 3A, 3B és 4-es osztályú eszközök esetén lézersugár-védelmi felelőst kell kijelölni, aki ellenőrzi az előírás szerinti működtetést és betartatja a biztonsági előírásokat.
- A 3A, 3B és 4-es osztályú eszközöket csak kiképzett személyek üzemeltethetik. Megjegyzendő, hogy a fénytávközlésben használatos lézerforrások teljesítményük alapján általában a 3A- esetleg 3B - osztályba tartoznak.
- A 3B és 4-es osztályú lézerberendezéseknél alkalmazott zárható főkapcsoló kulcsát csak a lézersugár-védelmi felelős, vagy megbízottja használhatja.
- A 2-es, 3A, 3B és 4-es osztályú berendezéseknél a nyitott nyalábúkat kerülni kell. Ha ez nem lehetséges, a nyitott nyalábút a szemmagasság alatt, vagy fölött haladjon és olyan védelemmel legyen ellátva, amely megakadályozza a nyalábba nézést.

- A 2-es, 3A, 3B és 4-es osztályú lézergyártmányok sugárzásától a szemet védőszemüveggel kell védeni. A szemüveg azonosító címkéje egyértelműen tudassa, hogy az milyen osztályú lézerhez, milyen hullámhosszon használható.

szervezeti előírások

osztályba sorolásától függetlenül minden lézerberendezésen olyan védőburkolatot kell kialakítani, amely megakadályozza, hogy a kilépőnyíláson kívül bárhol veszélyes sugárzás lépjen ki. A 3B és 4-es osztályú eszközökön olyan zárható szerszámot kell alkalmazni, amely megakadályozza, hogy azt illetéktelen személy működtesse. Fényvezetőszálas rendszereknél a fénytávközlésben használatos hullámhosszakon az elemek csatlakozásainak megbontásához szerszámot kelljen használni, ha a szétkapcsoláskor hozzáférhető lézersugárzás meghaladja az 1-es osztály MKH-ét.

Feliratok jelölések

Minden lézereszközön az osztályba sorolásának megfelelő címkét kell elhelyezni. A címkék alapszíne sárga, a keret és a felirat fekete. A különböző osztályokban a következő címkék és feliratok legyenek a készülékeken:

- 1-es osztályú lézereszközön a 2. ábra szerinti címkének kell lennie az alábbi szöveggel:

Lézersugárzás! 1-es osztályú lézergyártmány

- A 2-es osztályú lézereszközön az 1. ábra szerinti figyelmeztető címkét és a 2. ábra szerinti tájékoztató címkét kell elhelyezni a következő felirattal:

Lézersugárzás!
Ne nézzen a nyalábba!
2-es osztályú lézergyártmány

3A osztályú lézergyártmányon figyelmeztető és tájékoztató címke található az alábbi szöveggel:

Lézersugárzás!
Ne nézzen a nyalábba sem szabad szemmel,
sem optikai eszközön keresztül!
3A osztályú lézergyártmány

- A 3B osztályú lézergyártmányon a figyelmeztető táblán kívül tájékoztató címke található az alábbi felvilágosítással.

Lézersugárzás!
Kerülje a besugárzást!
3B osztályú lézergyártmány

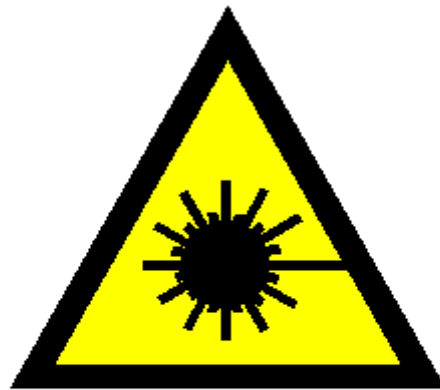
- A 4-es osztályú eszközök tájékoztató felirata a következő:

Lézersugárzás!
Kerülje a szem, vagy a bőr besugárzását
közvetlen, vagy szórt sugárzással!
4-es osztályú lézergyártmány

- A 3B és 4-es osztályú lézergyártmányokon az 1-es, vagy 2-es MKH-t meghaladó sugárzást kibocsátó nyílások közelében az alábbi szövegű felvilágosító címkét kell elhelyezni:

**Ezen a nyíláson lézersugárzás lép ki!
Kerülje a besugárzást!**

brák



1. ábra
Figyelmeztető címke



2. ábra
Felvilágosító címke

Összefoglalás

A különböző hullámhosszú és energiájú lézerek veszélyforrást jelentenek az élő szervezetekre, első sorban a szemre, de esetenként a bőrre is. Elsősorban az optikai telekommunikációban használt lézerek figyelembe vételével bemutattuk a biztonsági előírásokat taglaló MSz 16261 szabványt.

Az előírások értelmezéséhez először a szabvány alapján bevezettünk néhány fogalmat. Ezt követően a lézeres eszközök osztályokba sorolásának szempontjairól esett szó, majd az osztályba soroláshoz szükséges vizsgálatokat ismerteltük, melyek alapján megtörténhet az osztályozás.

A szabvány megadja az emberi szerveket még nem károsító legnagyobb megengedett expozíció értékeit és az ezek túllépését megakadályozó biztonsági előírásokat. Foglalkoztunk még a biztonságos üzemeltetést szolgáló szerkezeti előírásokkal és az eszközökön elhelyezendő feliratokkal, jelölésekkel is.

Ellenőrző kérdések

Az alábbi kérdések segítenek eldönteni, hogy mennyit sikerült megjegyezni ebből a részből. Amennyiben valamelyik kérdésre nem tud helyes választ adni, akkor a megfelelő szövegrészt újra át kell tanulmányoznia.

1. Mikor tekintjük a lézert folytonos, és mikor impulzus üzemműnek?

2. Mi a legnagyobb megengedett expozíció (LME)?

3. Mit nevezünk szemre veszélyes névleges környezetnek (SzVNK)?

4. Ismertesse a lézerosztályokat. Mi szerint történik az osztályba sorolás?

, Ki köteles elvégezni az osztályba sorolást és az ahhoz szükséges vizsgálatokat?

, Milyen körülmények figyelembe vételével kell elvégezni az osztályba soroláshoz szükséges vizsgálatokat?

, A fénytávközlésben használt lézerforrások zöme melyik osztályba tartozik?

, Egy lézermutató (lézer pointer) 630-680nm hullámhossztartományban folyamatosan 1mW-nál kisebb energiával sugároz. Milyen feliratú tájékoztató címkét kell rajt elhelyezni?

, Egy CD-RW lézerdiódája $\lambda=680\text{nm}$ hullámhosszon 15mW-os 2-10ms-os impulzusokkal írja a lemezt. A készülék fémburkolattal van ellátva, s ha a tálcát nyitva van, az elektronika kikapcsolja a LD-t. Milyen lézerosztályba kell sorolni a készüléket?
