

# LASER



## PRINCIPALI RIF.TI LEGISLATIVI

DPR 303/56	Norme generali per l'igiene del lavoro
D.P.R. 459/96	Recepimento della "Direttiva Macchine" n. 89/392, regolamentazione tecnica sulla sicurezza delle macchine

### Norme CEI Comitato Tecnico 76 – Sicurezza apparecchi laser

**CEI EN 60825-1** Fascicolo **6822** Anno **2003** Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore

**CEI EN 60825-4/A1** Fascicolo **6828** Anno **2003** Parte 4: Barriere per laser

**CEI 76** Fascicolo **3850R** Anno **1998** Guida per l'utilizzazione di apparati laser per laboratori di ricerca

## PREMESSA

Il laser può essere incluso fra le sorgenti di radiazione non ionizzante, tuttavia per il suo impiego massiccio e diffuso ormai a tutti i livelli della sperimentazione scientifica, merita senz'altro una considerazione particolare.

Laser è il noto acronimo per *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, il processo fisico che sta dietro alla radiazione elettromagnetica intensa, coerente e direzionale che può essere ultravioletta (200 - 400 nm), visibile (400 - 700 nm), o infrarossa (700 nm - 300  $\mu$ m).

I rischi connessi all'uso del laser sono sia quelli relativi alle caratteristiche intrinseche del fascio, sia quelli derivanti dalle apparecchiature che permettono di creare e mantenere questo tipo di radiazione.

L'interazione **diretta** con il fascio interessa in modo particolare occhi e pelle; ad esempio, la radiazione proveniente da un laser si focalizza sulla retina in un'immagine estremamente ridotta, tanto che l'esposizione incidente viene aumentata di quasi 5 ordini di grandezza, a causa dell'effetto di focalizzazione della retina stessa. Anche senza questo effetto, naturalmente, alcuni tipi di laser producono una radiazione sufficientemente intensa da provocare **ustioni** alla pelle in caso di contatto diretto.

Occorre poi tenere presente che un laser necessita di **alimentazione elettrica**, con tutti i pericoli conseguenti, connessi con le apparecchiature di potenza elevata.

Spesso il materiale attivo è allo stato gassoso, quindi più difficilmente controllabile rispetto a barrette solide, e non sempre si tratta di materiale chimicamente inerte o innocuo.

A volte si utilizzano sostanze coloranti (*dye laser*) e quindi solventi, e così via.

Questo breve richiamo su cose certamente note può sembrare banale, ma vuole portare l'attenzione su aspetti che, proprio perché ben conosciuti e sempre sotto gli occhi, possono venire dati per scontati e, quindi, ignorati nelle procedure di normale operatività; **questo è un atteggiamento estremamente pericoloso**; se da un lato infatti è bene acquisire la familiarità e la manualità che permettono di svolgere tranquillamente lavori tecnici, è comunque fondamentale non dare nulla per scontato, soprattutto quando, come può avvenire nel CNISM, si ha a che fare con personale nuovo, inesperto, al quale occorre presentare, da subito, tutti gli aspetti pericolosi dell'ambiente e delle apparecchiature.

## DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE

Come si è detto, alla base del funzionamento del laser sta il processo quantistico dell'emissione stimolata, che può essere realizzato in diversi modi, a partire da diversi materiali, con diverse geometrie, e con varie lunghezze d'onda della radiazione emessa. Esistono quindi molti tipi di laser, che possono essere classificati a partire da:

1. tipo di funzionamento (*pulsed* o *continuous wave*)
2. lunghezza d'onda del fascio
3. potenza del fascio

Secondo l'American National Standard Institute ANSI Z136.1-1976, i laser sono classificati in 4 classi di pericolosità crescente.

Tutti i laser in commercio devono **portare indicazione della classe di appartenenza**, in modo da poter essere utilizzati in sicurezza. Questo, naturalmente, per quel che riguarda il materiale venduto; spesso, infatti, le apparecchiature vengono modificate in laboratorio per renderle adatte ai propri scopi, ad esempio:

- focalizzare o espandere il fascio per mezzo di lenti
- modificare la frequenza con *frequency doublers*
- modificare il diametro del fascio con *shutters* o collimatori
- aggiungere *shutter* per variare il tempo di esposizione
- modificare la potenza del fascio.

Se queste od altre modifiche vengono apportate alla struttura, occorre integrare la documentazione tecnica relativa al laser stesso, informare tutti gli utilizzatori potenziali e se necessario umentare le misure di sicurezza.

Le quattro classi 'standard' sono comunque le seguenti:

#### **CLASSE 1 - Exempt Laser**

Il fascio laser è considerato innocuo in qualsiasi condizione d'uso. Questo perché la radiazione emessa è sempre al disotto degli standard massimi consentiti (MPE, Massima Esposizione Permissa).

#### **CLASSE 2 - Low-Power, Visible, Continuous-Wave Laser**

I laser in questa classe possono emettere radiazione pericolosa, tuttavia la loro potenza è sufficientemente bassa da consentire, con una azione di riflesso, di evitare esposizioni inattese. Questo non esclude la possibilità di riportare danni nel caso di esposizione prolungata ('prolungata' qui significa maggiore di 0,25 secondi, tempo entro il quale si ha riflesso incondizionato !).

Sono compresi in questa classe solo i laser ad emissione continua e nel visibile, con potenza  $\leq 1$  mW.

#### **CLASSE 3A - Medium Power Laser**

I laser con emissione nel visibile e una potenza in uscita fino a 5mW per i laser in continua, o 5 volte il limite di classe 2 per i laser a impulsi ripetuti o a scanning.

Possono emettere radiazioni sia nel campo del visibile che in quello del non visibile e i loro fasci non sono pericolosi se osservati direttamente in maniera non continua, mentre lo possono diventare se si utilizzano strumenti che amplificano e concentrano il fascio ottico (quali microscopi, binocoli, ecc..)

#### **CLASSE 3B - Medium Power Laser**

I laser di classe 3B hanno potenze medie comprese tra i limiti della classe 3A e 500 mW. I laser di classe 3B sono pericolosi per gli occhi se non protetti e possono essere pericolosi per la pelle; anche le riflessioni diffuse da questi sistemi possono essere pericolosi.

#### **CLASSE 4 - High Power Laser**

Sono i laser più pericolosi in quanto, oltre ad avere una potenza tale da causare seri danni ad occhi e pelle anche se il fascio è diffuso, possono costituire un potenziale rischio di incendio, causare fuoriuscita di materiale tossico e spesso il voltaggio e l'ampereaggio di alimentazione sono pericolosamente elevati.

Molti tipi di laser sono contenuti in strutture chiuse; in questo caso, la loro pericolosità viene calcolata sulla base della radiazione effettivamente visibile all'esterno della struttura stessa.

Naturalmente il sistema deve essere protetto contro gli **accessi accidentali**, da parte di personale non autorizzato, durante il funzionamento dell'apparecchiatura.

## **REQUISITI DI SICUREZZA**

Da quanto detto sopra, è evidente la necessità di misure di sicurezza adeguate al tipo di apparecchiatura. In generale distingueremo i requisiti di sicurezza che devono essere previsti per i laser di CLASSE 2 e i requisiti necessari per quelli delle CLASSI 3A, 3B e 4; in particolare:

### **CLASSE 2**

Devono essere prese precauzioni per evitare lo stazionamento nella direzione del fascio o del fascio riflesso da una superficie.

Un'esposizione temporanea (0.25 s), che potrebbe verificarsi durante un'ispezione, non è da ritenersi pericolosa. Per i laser di classe 2 occorre rispettare le seguenti richieste:

1. il laser non dovrà mai essere diretto verso gli occhi di una persona;
2. un cartello di pericolo con la scritta “**ATTENZIONE - NON STAZIONARE IN PROSSIMITÀ DEL FASCIO LASER**” dovrà essere posizionato in un punto evidente sul laser;
3. tutti gli ingressi di osservazione e gli schermi di osservazione inclusi come parti del laser, nonché l'ottica collegata (lenti, microscopi etc) utilizzata come punto di osservazione, dovranno incorporare connessioni, filtri, attenuatori od altri dispositivi atti a mantenere la radiazione ai livelli di sicurezza durante tutte le situazioni di utilizzo e di manutenzione.

Le nuove installazioni di laser di classe 3A se osservati con ottiche di raccolta (microscopi, binocoli, ecc), e di classe 3B o 4 devono essere approvate preventivamente da un tecnico responsabile che possiede le conoscenze necessarie per valutare e controllare i rischi causati dai laser e ha la responsabilità di supervisione sul controllo di questi rischi. Pertanto è bene, prima di procedere con una nuova installazione di un laser valutare attentamente le condizioni ambientali in relazione allo strumento e alla sua potenziale pericolosità.

### CLASSE 3

Questi laser sono potenzialmente pericolosi se il fascio, diretto o riflesso da una superficie (orologi, anelli penne,...), è intercettato da un occhio non protetto. Si devono seguire queste prescrizioni, in aggiunta a quelle già citate per la classe 2:

1. il fascio deve essere bloccato alla fine del suo percorso utile da un materiale di un colore tale da permettere il posizionamento del fascio con una riflessione minima;
2. i laser dovrebbero essere utilizzati in luoghi ad accesso controllato;
3. sono necessarie protezioni per gli occhi se è possibile che l'occhio possa intercettare accidentalmente il fascio;
4. è richiesta la sorveglianza medica per prevenire od evidenziare possibili danni agli occhi;
5. tutte le parti dell'alloggiamento che, durante le operazioni di manutenzione, vengono rimosse, consentendo così l'accesso alla radiazione, devono essere fornite di connessioni di sicurezza (per impedire l'accesso all'interno durante il funzionamento).

### CLASSE 4

Per questa classe bisogna prevenire danni all'occhio derivanti da qualsiasi riflessione del fascio, così come i possibili rischi di incendio e danni alla pelle. Le precauzioni da adottare dovranno includere un progetto che controlli l'intero percorso del fascio.

Le misure di sicurezza da adottarsi, sempre in aggiunta a quelle precedentemente enunciate, sono:

1. il laser deve essere utilizzato in un'area ad accesso controllato: chiusure di sicurezza devono essere previste per evitare ingressi non autorizzati nell'area di funzionamento, e l'accesso deve essere limitato a persone che indossino DPI per la protezione degli occhi quando il laser è in funzione;
2. per assicurare la massima protezione nell'area controllata, l'intero percorso del fascio, inclusa l'area di irraggiamento, dovrà essere chiuso. Devono essere installate intorno al sistema opportune strutture che impediscano l'eccessivo avvicinamento al fascio, e con connessioni tali che il laser senza di esse non possa operare;
3. per sistemi pulsati queste connessioni devono essere progettate in modo tale da prevenire che il laser vada a fuoco, scaricando l'energia immagazzinata. Per laser ad onda continua, le sicurezze dovranno spegnere l'alimentazione del fascio o interrompere il fascio per mezzo di chiusure;
4. i laser devono essere forniti di una chiave di sicurezza o dispositivo di accensione e spegnimento. La chiave deve essere custodita da persona autorizzata;
5. i laser saranno forniti di sistema di bloccaggio o attenuazione del fascio;
6. durante l'attivazione o la procedura di avviamento devono essere utilizzati: sistema di allarme, luce di segnalazione, comando di conto alla rovescia. Questo sistema di segnalazione sarà attivato prima dell'emissione, in modo da consentire di prendere le misure appropriate per evitare l'esposizione al laser;
7. devono essere disponibili procedure scritte per l'allineamento del fascio, il suo utilizzo e la manutenzione;
8. il personale addetto deve essere sottoposto a sorveglianza medica per prevenire od evidenziare possibili danni agli occhi.

### ALTRE MISURE DI PREVENZIONE

Ogniquale volta si effettuano operazioni al laser devono essere indossati occhiali di protezione a norma (la cosa più efficace è lasciarne almeno un paio nella zona di funzionamento); prestare attenzione al fatto che

*lunghezze d'onda diverse presuppongono occhiali di protezione diversi*

Su questo tipo di DPI è indicato l'intervallo di frequenze per il quale è adatto, verificare che sia compatibile con l'attrezzatura in questione;

Segnalazioni visive: **cartelli di segnalazione** appropriati devono essere posti in evidenza sul sistema laser. Apposite segnalazioni devono essere poste al di fuori dell'area operativa. La segnalazione di “**ATTENZIONE**” deve essere utilizzata in tutti i cartelli associati ai laser di classe 2 e la segnalazione di “**PERICOLO**” deve essere utilizzata in tutti i cartelli associati ai laser di classe 3 e 4 .

CLASSE	INDICAZIONE
3A	RADIAZIONE LASER NON FISSARE IL FASCIO AD OCCHIO NUDO NÈ GUARDARE DIRETTAMENTE CON STRUMENTI OTTICI APPARECCHIO LASER DI CLASSE 3A
3B	RADIAZIONE LASER EVITARE L'ESPOSIZIONE AL FASCIO APPARECCHIO LASER DI CLASSE 3B
4	RADIAZIONE LASER EVITARE L'ESPOSIZIONE DELL'OCCHIO O DELLA PELLE ALLA RADIAZIONE DIRETTA O DIFFUSA APPARECCHIO LASER DI CLASSE 4

## PERICOLI ASSOCIATI

In base al tipo di laser utilizzato i pericoli associati all'utilizzo del fascio possono includere:

### A. “Inquinamento” atmosferico

1. Materiale del bersaglio vaporizzato proveniente da operazioni di taglio, perforazione, saldatura. I prodotti delle lavorazioni e/o ricerche potrebbero essere amianto, monossido di carbonio, biossido di carbonio, ozono, piombo, mercurio, altri metalli, sostanze organiche volatili, vapori, etc.
2. Gas provenienti da laser a flusso di gas o prodotti da reazioni nel laser come ad esempio bromo, cloro, etc.
3. Gas e vapori provenienti da raffreddatori criogenici
4. Materiale da bersagli biologici proveniente da laser ad elevata energia usati in applicazioni mediche e biologiche.

### B. Radiazione Ultravioletta

La radiazione UV è presente generalmente durante l'utilizzo di laser al quarzo; occorre tenerlo presente, in quanto la radiazione di questo tipo costituisce un pericolo a sé.

### C. Rischio elettrico

La maggior parte dei laser lavora a tensioni tali da provocare shock elettrico. Durante le operazioni di manutenzione i punti in tensione devono risultare opportunamente protetti.

### D. Raffreddamento criogenico

I liquidi criogenici (idrogeno liquido, elio liquido, azoto liquido) possono causare ustioni.

### E. Altri pericoli

In qualche caso durante l'utilizzo di laser ad elevata potenza può esistere il rischio di esplosioni (ad es. sistemi a pompa ottica). Esiste il rischio di particelle volanti nell'area del bersaglio durante le operazioni di taglio, perforazione o saldatura. In alcuni casi esiste il rischio di reazioni chimiche esplosive tra i reagenti del laser o altri gas presenti nel laboratorio.

### F. Raggi X

Potenzialmente si potrebbero presentare rischi da radiazione X originata da tubi di alimentazione ad alta tensione.

### G. Gioielli ed orologi

L'uso di gioielli od orologi è spesso una sorgente sottostimata di esposizione al fascio riflesso dalla superficie riflettente e deve quindi essere controllato

### H. Prodotti chimici

Molti dei prodotti chimici utilizzati con laser per tintura sono mutageni e cancerogeni o in ogni caso tossici. Questo non va dimenticato durante la preparazione delle soluzioni attive.