



Futura Academy

CORSI DI FORMAZIONE

**DISPENSE DEL
WEBINAR**

**INTRODUZIONE ALLA
SICUREZZA LASER**

INDICE

- 1 INTRODUZIONE AI LASER
- 2 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI TIPI DI LASER
- 3 CLASSIFICAZIONE DELLE SORGENTI LASER SECONDO LA NORMA CEI 76-2
- 4 EFFETTI BIOLOGICI DELLA RADIAZIONE LASER
- 5 PRINCIPALI APPLICAZIONI DEI LASER
- 6 MISURE DI SICUREZZA, RISCHI, PROCEDURE E CONTROLLO DEI RISCHI

1. INTRODUZIONE AI LASER

L'acronimo LASER sta per "**Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation**", che in italiano significa "amplificazione della luce mediante emissione stimolata di radiazione".

In parole semplici, quando le particelle di luce, chiamate fotoni, vengono eccitate da una corrente, rilasciano energia sotto forma di luce. Questa luce viene poi focalizzata in un fascio.

In questo modo si genera il raggio laser. I laser rappresentano una delle più importanti invenzioni dell'umanità e svolgono un ruolo fondamentale nella nostra vita quotidiana. Vengono impiegati in quasi tutti i settori immaginabili, come l'elettronica, la medicina moderna, la difesa e molti altri.

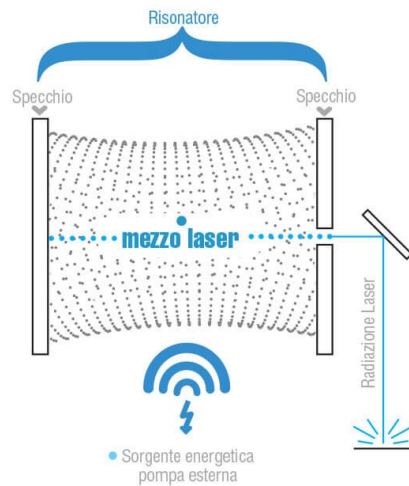
Nell'industria, i laser vengono utilizzati regolarmente per svolgere una vasta gamma di compiti, tra cui saldatura, taglio, foratura, pulizia, misurazione, rilevamento, incisione, marcatura e altro ancora. **Il laser si è affermato come uno degli strumenti di produzione più potenti a nostra disposizione!**

Tutti i laser sono composti da tre componenti principali:

- Sorgente energetica/pompa esterna
- Il mezzo laser attivo
- Il risonatore

La sorgente energetica/pompa esterna trasferisce l'energia esterna al laser. Il mezzo laser attivo è posizionato all'interno del laser stesso. A seconda del design, il mezzo laser può essere costituito da una miscela di gas (laser CO₂), un cristallo solido (laser YAG) o fibre di vetro (laser a fibra). Quando l'energia viene fornita al mezzo laser tramite la pompa, viene emessa sotto forma di radiazione.

Il mezzo laser attivo è posizionato tra due specchi chiamati "risonatore". Uno di questi specchi è unidirezionale. La radiazione generata dal mezzo laser attivo viene amplificata dal risonatore. Allo stesso tempo, solo una determinata radiazione può uscire dal risonatore attraverso lo specchio unidirezionale. Questa radiazione direzionata è la radiazione laser.



2. DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI TIPI DI LASER

I diversi tipi di laser vengono comunemente classificati in base allo stato di aggregazione del materiale attivo.

Si hanno così:

- Laser a stato solido, che utilizzano cristalli, vetri o semiconduttori come materiale attivo.
- Laser a liquidi, che impiegano liquidi come materiale attivo.
- Laser a gas, suddivisi ulteriormente in laser ad atomi neutri, laser a ioni, laser molecolari, laser ad eccimeri e laser ad elettroni liberi.

3. CLASSIFICAZIONE DELLE SORGENTI LASER SECONDO LA NORMA CEI 76-2

La vasta gamma di lunghezze d'onda, energie e caratteristiche di impulso dei laser e dei sistemi che li utilizzano, insieme alle varie applicazioni e modalità di utilizzo, rendono indispensabile la classificazione dei laser in categorie o classi di pericolosità, al fine di garantire la sicurezza.

È stato introdotto un nuovo parametro chiamato Limite di Emissione Accettabile (LEA), che descrive i livelli di radiazione emessi da un sistema laser e consente di determinare la corretta categoria di rischio per l'apparecchio. La valutazione del LEA deve essere effettuata nelle condizioni più sfavorevoli per garantire la sicurezza.

Sono state identificate 8 classi: 1, 1M, 1C, 2, 2M, 3R, 3B e 4, con un livello crescente di pericolosità al crescere del numero di classe.

Nella Classe 1 vengono inclusi i laser definiti intrinsecamente sicuri, poiché non superano mai il livello massimo di esposizione consentito, o i sistemi laser che non sono pericolosi grazie alla loro progettazione e ingegnerizzazione, come involucri fissi e sicurezze intrinseche. Ad esempio, possono essere presenti sistemi che bloccano definitivamente l'emissione in caso di guasto o apertura accidentale o volontaria dell'apparato. I LEA per la classe 1 rappresentano le condizioni di esposizione massima consentita più rigorose e restrittive per ogni lunghezza d'onda e durata dell'esposizione.

I laser di classe 2 sono sorgenti o sistemi che emettono radiazione nell'intervallo compreso tra 400 e 700 nm (ovvero nel visibile) a bassa potenza.

La classe 3R include laser con potenza di uscita non inferiore a 5 mW.

Per la classe 3B, i livelli di radiazione, sia visibile che non visibile, non devono superare i 500 mW.

I laser di classe 4 sono i più potenti e pericolosi. La classe 4 include tutti quei sistemi che superano i limiti imposti alla classe 3B.

Al fine di garantire un uso corretto e conforme alla norma EN 60825-1:2014, tutti i laser devono essere classificati in diverse categorie che indicano, in ordine crescente, il potenziale di pericolo dei raggi.

Classe 1

Nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, questi laser sono sicuri.

Misure di sicurezza

In esercizio normale, i laser della classe 1 si possono utilizzare in totale sicurezza senza bisogno di istruzioni specifiche. Non sono necessarie ulteriori misure.

Classe 1M

Se si utilizzano componenti ottici (ad es. lenti) i laser della classe 1M possono essere pericolosi per gli occhi.

Misure di sicurezza

Non indirizzare il raggio laser verso altre persone. Avvertire coloro che utilizzano strumenti ottici come telescopi o microscopi.

Classe 1C

La radiazione laser emessa può corrispondere alla classe 3R, 3B o 4 e deve essere diretta sulla parte del corpo da trattare. Inoltre, il laser deve essere monitorato da almeno un dispositivo di sicurezza in modo che la radiazione accessibile risponda ai requisiti previsti per la classe 1.

L'esposizione massima ammessa per la pelle e gli ulteriori dispositivi di sicurezza necessari dipendono dall'impiego specifico e devono essere stabiliti in norme separate.

Misure di sicurezza

Verificare regolarmente i dispositivi di sicurezza e attenersi alle indicazioni del fabbricante.

Classe 2

Evitare di guardare direttamente il fascio laser di classe 2, altrimenti si possono subire danni alla retina.

Misure di sicurezza

Non guardare direttamente il fascio di luce. Non indirizzare il raggio laser verso altre persone. Se si viene colpiti dalla radiazione, chiudere gli occhi e distogliere immediatamente lo sguardo.

Classe 2M

Se si utilizzano strumenti ottici, i laser della classe 2M possono comportare pericoli per gli occhi.

Misure di sicurezza

Non guardare direttamente il fascio di luce. Non indirizzare il raggio laser verso altre persone. Se si viene colpiti dalla radiazione, chiudere gli occhi e distogliere immediatamente lo sguardo. Avvertire coloro che utilizzano strumenti ottici come telescopi o microscopi.

Classe 3R

Questo tipo di laser può danneggiare la retina anche se non si utilizzano strumenti ottici.

Misure di sicurezza

Impiegare solo personale qualificato e opportunamente formato. Il raggio aperto non deve essere puntato all'altezza degli occhi (ne quando si sta in piedi ne quando si sta seduti), altrimenti è necessario delimitare e controllare l'area di utilizzo. Non rendere il laser accessibile a persone non autorizzate.

Classe 3B

I raggi laser possono causare danni agli occhi già dopo breve tempo. L'esposizione diretta può causare lesioni alla pelle o l'accensione di materiali infiammabili.

Misure di sicurezza

Vedi laser della classe 4.

Classe 4

Raggi laser e riflessioni della classe 4 rappresentano un grave pericolo per gli occhi e la pelle. L'azione dei raggi su determinati materiali può provocare incendi e liberare sostanze nocive.

Misure di sicurezza

I laser delle classi 3B e 4 possono essere impiegati solo con apposita schermatura come laser della classe 1 oppure, se ciò non fosse possibile, in zone opportunamente delimitate e monitorate. Occorre garantire che nessuno venga indebitamente esposto alle radiazioni. A tal fine è indispensabile adottare le misure di sicurezza necessarie e formare o istruire opportunamente i lavoratori.

4. EFFETTI BIOLOGICI DELLA RADIAZIONE LASER

L'occhio, a causa della sua configurazione anatomica e delle sue proprietà ottiche, rappresenta l'organo più vulnerabile agli effetti della luce laser ed è considerato l'organo "critico" per eccellenza. A seconda della radiazione ottica (ultravioletta 100-400 nm, visibile 400-760 nm, infrarossa 760-1 mm) e dell'intensità della dose, possono verificarsi diversi tipi di danni a carico di questo organo, tra cui danni retinici di natura fotochimica, alterazioni retiniche caratterizzate da piccole aree di accumulo di pigmento, discromie, effetti catarattogeni dovuti a fattori fotochimici e termici, fotocheratocongiuntivite e ustioni corneali.

Di minor rilevanza è il possibile danno alla cute, e i più comuni sono gli eritemi e le ustioni cutanee, sia superficiali che profonde. La gravità di tali lesioni dipenderà non solo dall'energia termica incidente, ma anche dal livello di pigmentazione, dall'efficacia dei meccanismi locali di termoregolazione e dalla capacità delle radiazioni incidenti di penetrare nei diversi strati della pelle. Tuttavia, è importante sottolineare che laser ad alta potenza possono causare gravi danni anche agli organi interni.

RISCHI COLLATERALI NEL FUNZIONAMENTO DEI LASER

- **CONTAMINAZIONE AMBIENTALE**
 1. materiale bersaglio vaporizzato e prodotti provenienti da operazioni di taglio, perforatura e saldatura
 2. gas provenienti da sistemi laser flussati a gas o da sottoprodotti di reazioni laser (bromo, cloro, acido cianidrico, etc.)
 3. gas o vapori da criogenici (azoto, idrogeno ed elio allo stato liquido)
 4. coloranti (p. es. cianina) e relativi solventi (dimetilsolfossido)
 5. policlorodifenili (condensatori e trasformatori)

- **RADIAZIONI OTTICHE COLLATERALI (NON DA LUCE LASER)**
 1. radiazioni UV provenienti da lampade flash e da tubi di scarica dei laser in continua (ottiche al quarzo)
 2. radiazioni nel visibile e nell'IR emesse da tubi del flash, da sorgenti di pompaggio ottico e da reirradiazione emessa dai bersagli

- **ELETTRICITÀ**
 1. maggior parte dei laser ad alto voltaggio (>1KV)
 2. banchi di condensatori per laser pulsati

- **RADIAZIONI IONIZZANTI**
 1. emissione di raggi X da tubi elettronici con voltaggi all'anodo maggiori di 5 KV

- **REFRIGERANTI CRIOGENICI**
 1. ustioni da freddo
 2. esplosione (gas a pressione)
 3. incendio
 4. asfissia (condensazione dell'ossigeno atmosferico)
 5. intossicazione (CO₂, f)

- **ESPLOSIONI**
 1. banco dei condensatori o sistema di pompaggio ottico (laser di alta potenza)
 2. reazioni esplosive di reagenti nei laser chimici o di altri gas usati nel laboratorio

- INCENDIO

1. fasci laser di energia elevata
2. apparati elettrici

- RUMORE

1. condensatori di laser pulsati di potenza molto elevata
2. interazioni con il bersaglio

5. PRINCIPALI APPLICAZIONI DEI LASER

1. Lavorazioni di materiali
Foratura, taglio, saldatura, trattamenti termici, etc.
2. Misure industriali, civili ed ambientali
Settore industriale: interferometri laser per metrologia, misuratori di diametri di fili, granulometri, rugosimetri sistemi di rilievo di campi di deformazione.
Settore civile: sistemi laser di allineamento livelle laser, telemetri topografici e geodimetri.
Settore ambientale: Lidar e rilevatori di inquinamento.
Settore della presentazione: laser per la visualizzazione di ologrammi, pointer laser per conferenze, sistemi laser per la didattica.
Settore giochi di luce: laser per effetti speciali in discoteche, mostre spettacoli all'aperto e simili.
Settore beni durevoli: lettori al laser di codici a barre, lettori di compact disk, stampanti laser e simili.
3. Telecomunicazioni e fibre ottiche
Sorgenti laser a semiconduttore per applicazioni, tramite fibra ottica, nella trasmissione ed elaborazione di dati.
4. Applicazioni mediche
Applicazioni dei laser in *Oftalmologia*
Applicazioni cliniche dei laser in *Chirurgia Generale*
Applicazioni cliniche dei laser in *Chirurgia con microscopio operatorio*
Applicazioni cliniche dei laser in *Chirurgia Endoscopica*
5. Applicazioni nei laboratori di ricerca
Ottica non lineare
Spettroscopia lineare e non lineare Interazione radiazione materia

6. MISURE DI SICUREZZA, RISCHI, PROCEDURE E CONTROLLO DEI RISCHI

Nei laboratori dove si usano laser di classe superiore alla Classe 3R, l'utilizzatore deve servirsi della consulenza specialistica di un Tecnico Laser con competenze specifiche relative ai problemi di sicurezza (TSL) per la verifica del rispetto della Normativa corrispondente (CEI 1384 G – CT-76 del CEI Guida E) e per l'adozione delle necessarie misure di prevenzione.

MISURE DI SICUREZZA

Protezione sulla sorgente

- Segnali di avvertimento
- Schermi protettivi
- Cartelli di avvertimento
- Connettore di blocco a distanza collocato a <5m dalla zona in cui si svolge l'attività
- Chiave di comando, per un utilizzo dell'apparecchio solo delle persone autorizzate

Protezione dal fascio laser

- Arresto di fascio automatico in caso di radiazione eccedente i livelli prestabiliti
- Tragitto dei fasci su materiali con proprietà termiche e di riflessività adeguate e schermature
- Evitare assolutamente le riflessioni speculari

Protezione degli occhi

- Un protettore oculare previsto per assicurare una protezione adeguata contro le radiazioni laser specifiche deve essere utilizzato in tutte le zone pericolose dove sono in funzione laser della classe 3 e 4.

Vestiti protettivi

- Da prevedere nel caso il personale sia sottoposto a livelli di radiazione che superano le EMP (esposizione massima permessa) per la pelle (i laser di classe 4 rappresentano un potenziale di pericolo di incendio e i vestiti di protezione devono essere fabbricati con materiali appositi).

Formazione

- I laser di classe 3 e 4 possono rappresentare un pericolo non solo per l'utilizzatore, ma anche per altre persone, anche a considerevole distanza. Il personale, quindi , che opera in questi ambienti deve avere adeguata preparazione al fine di rendere minimo il rischio professionale.

Sorveglianza medica

- Esami oculistici di preimpiego dovrebbero essere eseguiti limitatamente ai lavoratori che utilizzano laser di Classe 3 e 4.

PROCEDURE E MEZZI DI CONTROLLO DEI RISCHI

Nella valutazione dei rischi e nell'applicazione delle misure di controllo vanno presi in considerazione tre aspetti:

- La possibilità per il laser o il sistema laser di nuocere alle persone
- L'ambiente nel quale il laser viene utilizzato
- Il livello di formazione del personale che fa funzionare il laser o che può essere esposto alla sua radiazione

PROTEZIONE PERSONALE

Classe 1

1. Utilizzo senza prescrizioni

Classe 2

1. Evitare una visione continua del fascio diretto
2. Non dirigere il fascio laser deliberatamente sulle persone

Classe 3 R

1. Evitare l'uso di strumenti ottici quali binocoli o teodoliti
2. Affiggere un segnale di avvertimento laser
3. Allineamento laser tramite mezzi meccanici o elettronici
4. Terminare il fascio laser in una zona esterna al luogo di lavoro o delimitare tale zona
5. Fissare la quota del raggio laser molto al di sopra o al di sotto dell'altezza dell'occhio
6. Evitare che il fascio laser sia diretto verso superfici riflettenti
7. Immagazzinare il laser portatile non in uso in un luogo inaccessibile alle persone non autorizzate

Classe 3 B

Può causare danni a un occhio non protetto. Valgono le precauzioni della classe 3 A e inoltre

1. Funzionamento solo in zone controllate dagli operatori
2. Evitare assolutamente riflessioni speculari
3. Far terminare il fascio su un materiale atto a disperdere calore e riflessione
4. Indossare le protezioni oculari

Classe 4

Causa danni a un occhio sia tramite il fascio diretto, riflessioni speculari e diffuse. Rappresentano anche un potenziale pericolo di incendio. Valgono le precauzione della classe 3 B e inoltre

1. Tragitti dei fasci protetti da un riparo
2. Durante il funzionamento presenza solo di personale tecnico munito di protettori oculari e idonei vestiti protettivi
3. Per evitare la presenza di personale sarebbe preferibile se fossero comandati a distanza
4. Preferibili bersagli metallici non piani e adeguatamente raffreddati come coni e assorbitori
5. Per evitare riflessioni indesiderate nella parte invisibile dello spettro per la radiazione laser situata nell'infrarosso lontano, il fascio e la zona di impatto dovrebbero essere avvolte da un materiale opaco per la lunghezza d'onda del laser

Altre precauzioni devono essere prese se il laser viene impiegato all'aperto.



Futura Academy

CORSI DI FORMAZIONE