

*Corso di aggiornamento per CSE, CSP e RSPP*

*Ordine degli Ingegneri di Palermo*

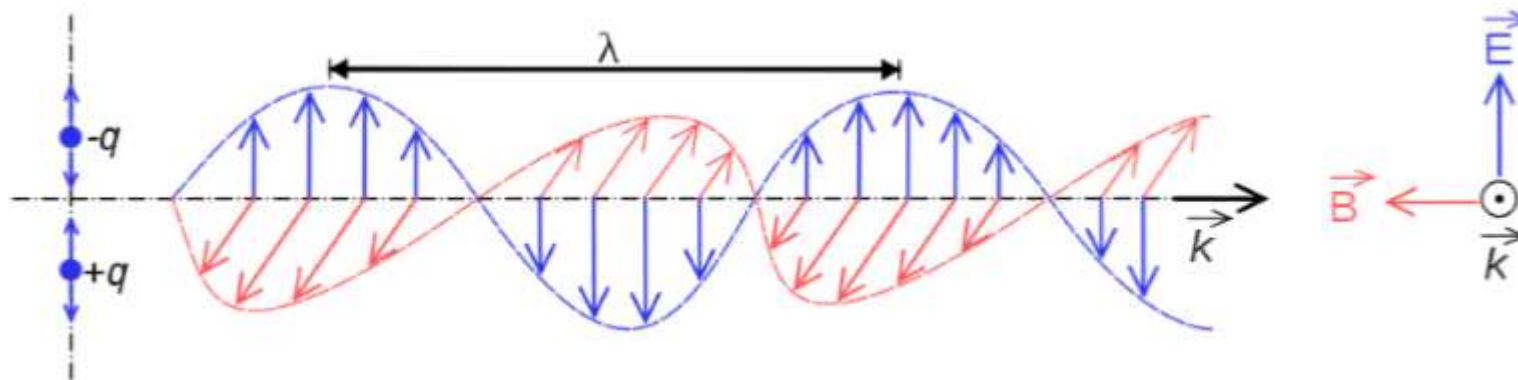
# **Radiazioni Ottiche Artificiali**



## CENNI DI FISICA DELLA RADIAZIONE E.M.

### Onde elettromagnetiche

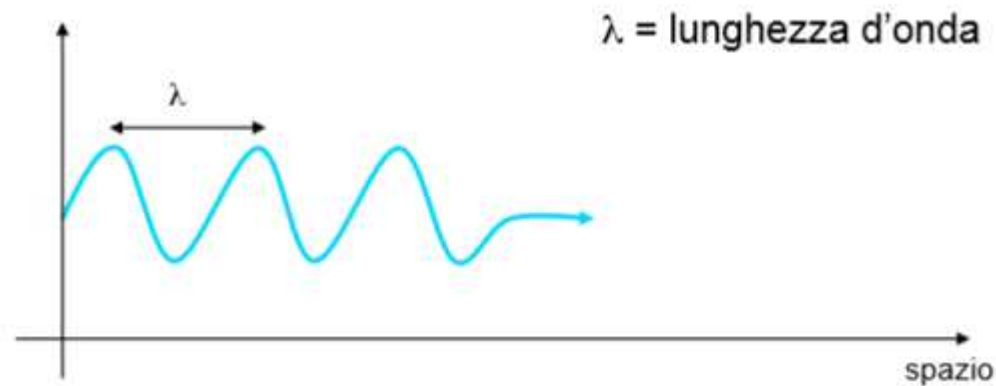
Le onde elettromagnetiche sono generate da cariche elettriche in accelerazione (decelerazione) e sono formate da un campo elettrico (E) e un campo magnetico (B) che oscillano sincronizzati nello spazio e nel tempo



## CENNI DI FISICA DELLA RADIAZIONE E.M.

### Onde elettromagnetiche

#### La lunghezza d'onda



Unità di misura il metro (m)

Ordini di grandezza

micro =  $10^{-6}$

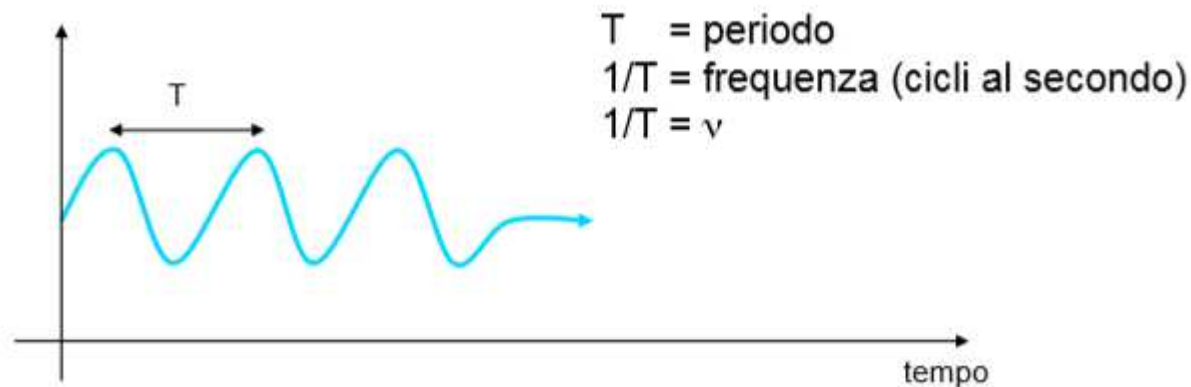
nano =  $10^{-9}$  (in ottica)

pico =  $10^{-12}$

## CENNI DI FISICA DELLA RADIAZIONE E.M.

### Onde elettromagnetiche

#### La frequenza



Unità di misura Hertz (Hz)

Ordini di grandezza

mega =  $10^6$

giga =  $10^9$

tera =  $10^{12}$  (in ottica)

## **CENNI DI FISICA DELLA RADIAZIONE E.M.**

### **Onde elettromagnetiche**

Le onde elettromagnetiche trasportano energia

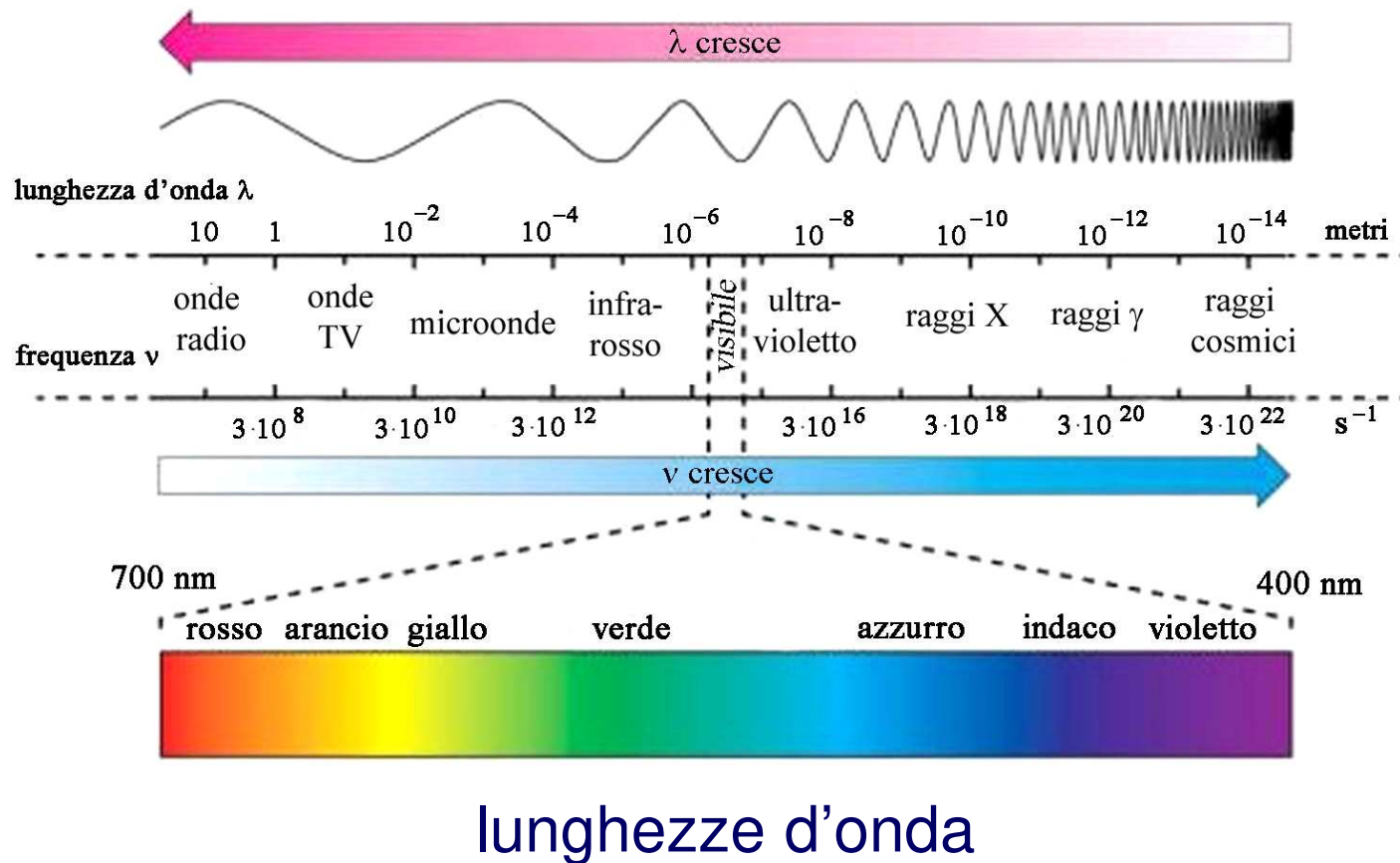
L'energia è trasportata in pacchetti

Il pacchetto più piccolo è detto quanto di energia

Il quanto di energia luminosa è detto fotone

## CENNI DI FISICA DELLA RADIAZIONE E.M.

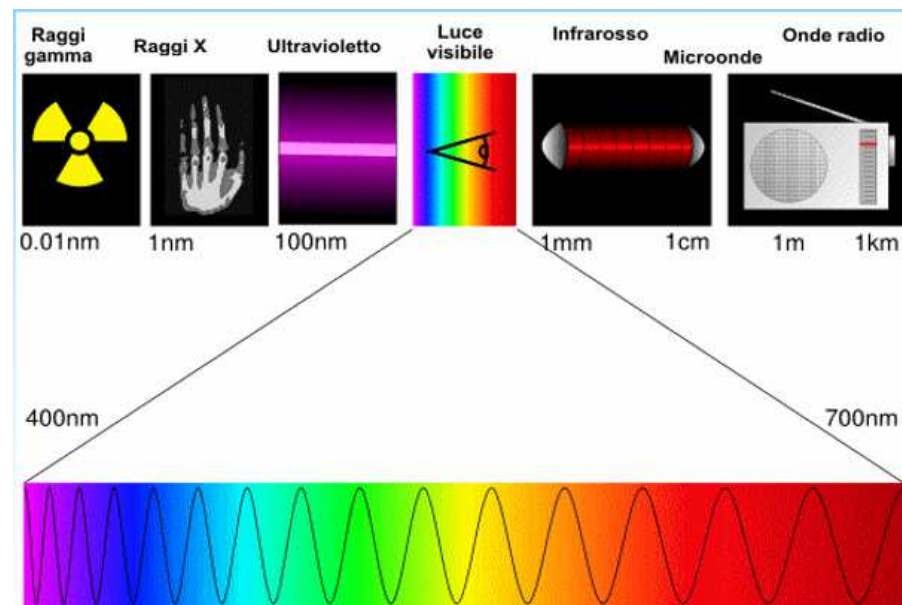
### Onde elettromagnetiche



## CENNI DI FISICA DELLA RADIAZIONE E.M.

### Onde elettromagnetiche

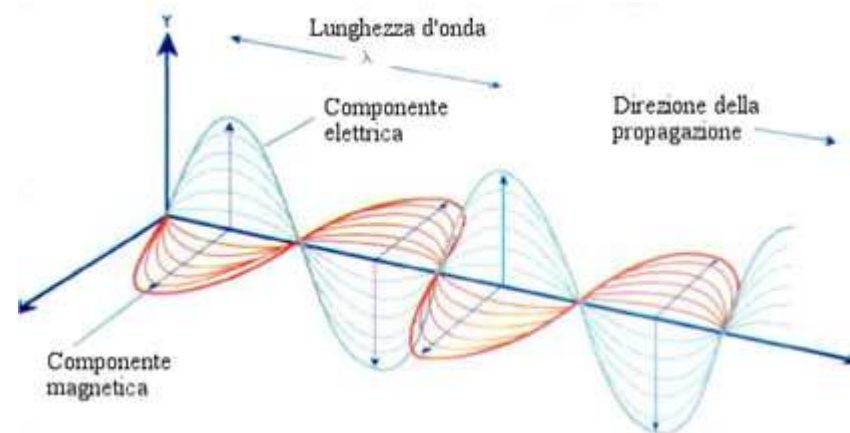
### Spettro elettromagnetico visibile



lunghezze d'onda

## CENNI DI FISICA DELLA RADIAZIONE E.M.

DENOMINAZIONE		SIGLA	FREQUENZA	LUNGHEZZA D'ONDA
FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE		ELF	0 - 3kHz	> 100Km
FREQUENZE BASSISSIME		VLF	3 - 30kHz	100 - 10Km
RADIOFREQUENZE	FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE)	LF	30 - 300kHz	10 - 1Km
	MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE)	MF	300kHz - 3MHz	1Km - 100m
	ALTE FREQUENZE	HF	3 - 30MHz	100 - 10m
	FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE)	VHF	30 - 300MHz	10 - 1m
MICROONDE	ONDE DECIMETRICHE	UHF	300MHz - 3GHz	1m - 10cm
	ONDE CENTIMETRICHE	SHF	3 - 30GHz	10 - 1cm
	ONDE MILLIMETRICHE	EHF	30 - 300GHz	1cm - 1mm
INFRAROSSO		IR	0,3 - 385THz	1000 - 0,78mm
LUCE VISIBILE			385 - 750THz	780 - 400nm
ULTRAVIOLETTA		UV	750 - 3000THz	400 - 100nm
RADIAZIONI IONIZZANTI		X	> 3000THz	< 100nm



} **Radiazioni ottiche**



## **LE RADIAZIONI OTTICHE**

Con il termine **radiazioni ottiche** si intende la porzione di spettro elettromagnetico che va dall'**ultravioletto (UV)** all'**infrarosso (IR)**, passando per il **visibile (VIS)**, compresa fra 100 nm e 1 mm.

A lunghezze d'onda inferiori a questo intervallo vi sono le Radiazioni Ionizzanti, oltre la lunghezza d'onda di 1 mm (corrispondente alla frequenza di 300 GHz) si parla comunemente di Campi Elettromagnetici.

La definizione “ottiche” deriva dal fatto che, in questo intervallo di lunghezza d'onda, si applicano le leggi dell'ottica classica, a prescindere dalla capacità del cervello umano di rivelare la radiazione come “visibile”.

## SUDDIVISIONE DELLO SPETTRO DI RADIAZIONI OTTICHE

- **Infrarosso**
  - IR-A 760-1400 nm
  - IR-B 1400-3000 nm
  - IR-C 3000 nm -1 mm
- **Visibile (*luce*)** 400-760 nm
- **Ultravioletto**
  - UV-C 100-280 nm
  - UV-B 280-315 nm
  - UV-A 315-400 nm

## SORGENTI DI RADIAZIONI OTTICHE

Le radiazioni ottiche possono essere prodotte sia da fonti *naturali* che *artificiali*.

La sorgente naturale per eccellenza è il *sole* che, come è noto, emette in tutto lo spettro elettromagnetico.

Le sorgenti artificiali possono essere di diversi tipi, a seconda del principale spettro di emissione e a seconda del tipo di fascio emesso (**coerente** o **non coerente**).

## **SORGENTI DI RADIAZIONI OTTICHE**

La sorgente incoerente emette in tutte le direzioni e la quantità di luce raccolta dipende dall'area sensibile del rivelatore.



La sorgente coerente (laser) emette luce direzionata e il rivelatore può raccogliere tutta la luce emessa.



## **SORGENTI DI RADIAZIONI OTTICHE**

Tra le sorgenti non coerenti vi sono, oltre all'ampia gamma di lampade per l'illuminazione che emettono principalmente nel visibile, le lampade ad UVC per la sterilizzazione, quelle ad UVB-UVA per l'abbronzatura o la fototerapia, ad UVA per la polimerizzazione o ad IRA-IRB per il riscaldamento.



## **ESEMPI DI SORGENTI DI RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI**

### **INFRAROSSI**

Riscaldatori radianti

Lampade riscaldamento  
a incandescenza

Forni di fusione metalli

Forni dei cementifici

e simili



## **ESEMPI DI SORGENTI DI RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI**

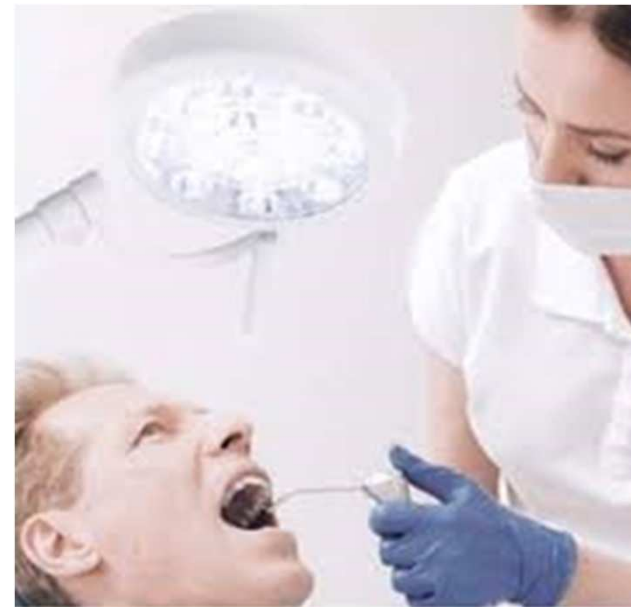
### **VISIBILE**

Saldatura

Lampade scialitiche

Luce pulsata

Sorgenti di illuminazione artificiale  
(alogenuri metallici, mercurio, LED)



## **ESEMPI DI SORGENTI DI RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI**

### **ULTRAVIOLETTO**

Saldatura ad arco

Essiccazione inchiostri

Lampade germicide e sterilizzanti

Luce pulsata

Lampade fototerapia

Foto incisione





## **RADIAZIONE INFRAROSSA**

### **SORGENTI DI RISCHIO**

- Lavorazione del vetro
- Fonderie
- Preparazione dei cibi
- Forgiatura dei metalli

## **RADIAZIONE INFRAROSSA**

### **USI E CICLI TECNOLOGICI**

- **Apparecchi di visione notturna:** sensori infrarossi convertono radiazione in immagine monocromatica (oggetti più caldi appariranno più chiari) o in sistema di falsi colori per rappresentare diverse temperature. Diffusi negli eserciti per localizzare obiettivi anche al buio.
- **Termografia:** evoluzione in campo civile della tecnologia di visione notturna nata per scopi militari. I pompieri possono usare apparecchi a infrarossi per orientarsi in ambienti pieni di fumo poiché esso è più trasparente nell'infrarosso.

## **RADIAZIONE VISIBILE**

### **SORGENTI DI RISCHIO USI E CICLI TECNOLOGICI**

**Settore metalmeccanico:** le attività si svolgono in ambienti di grandi dimensioni che prevedono per gli addetti posizioni di lavoro variabili e caratterizzate più da un impegno di natura fisica che non di tipo visivo; l'illuminazione dell'ambiente di lavoro deve tener conto di questo aspetto.

**Attività del terziario:** prevedono postura fissa e impegno visivo in genere maggiore per cui il risultato della prestazione lavorativa è legato ad una più raffinata qualità illuminotecnica (giusta quantità di luce, controllo dell'abbagliamento e del contrasto, direzione della luce, suoi caratteri in rapporto ai colori degli oggetti).

# **RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA**

## **SORGENTI DI RISCHIO**

SOLE: sorgente naturale per la maggior parte della popolazione

SORGENTI ARTIFICIALI:

- **Campo medico:** fototerapia con UVB a banda larga, fotochemioterapia con psoraleni, PUVA terapia.
- **Trattamenti estetici**
- **Sterilizzazione liquidi e superfici**
- **Applicazioni industriali e artigiane:** lavorazione dei metalli, saldatura ad arco, forgiatura, ecc.
- **Particolari processi produttivi industriali:** saldatura dei metalli mediante archi elettrici che prevede emissioni di radiazione UV come sottoprodotto

## **RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA**

### **USI E CICLI TECNOLOGICI**

**Attività industriali e artigiane:** sterilizzazione, fotoincisione, fotopolimerizzazione, ecc.

**Strutture sanitarie:** trattamenti di varie patologie cutanee

**Laboratori di ricerca**

**Lavori svolti in ambiente non confinato:** agricoltura, pesca, costruzione e manutenzione di edifici e strade, ecc. che comportano necessariamente l'esposizione alla radiazione UV di origine solare.

## **RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA**

### **ARCHI DI SALDATURA**

Sorgenti di radiazione ottica non coerente più pericolose:

L'emissione di radiazione è molto intensa; in particolare la radiazione UV viene emessa in un ampio intervallo spettrale che comprende UV-A, UV-B e UV-C fino al limite di assorbimento dell'aria.

Ciò dipende dal fatto che nell'arco si raggiungono temperature corrispondenti a quella dello spettro solare oltre l'atmosfera terrestre (6000° K).

Di conseguenza lo spettro di emissione si estende a valori inferiori a circa 290 nm e pertanto le componenti di lunghezza d'onda inferiori a 243 nm, interagendo con l'ossigeno dell'aria, producono ozono determinando, in alcuni casi, concentrazioni locali superiori al limite per gli ambienti di lavoro.

## **RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA**

### **ARCHI DI SALDATURA**

Valori dell'irradianza e dell'irradianza spettrale misurati in prossimità dell'arco dipendono da parametri caratteristici dei diversi processi di saldatura (**Metal Inert Gas**, **Tungsten Inert Gas**, **Metal Active Gas**):

- intensità di corrente dell'arco
- composizione del metallo di apporto (filo, bacchetta, elettrodo di riporto e del metallo della base)
- composizione del gas schermante (anidride carbonica, argon, ecc).

## **RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA**

Le lampade ultraviolette (senza lo strato di conversione in luce visibile) sono usate per analizzare minerali, gemme e nell'identificazione di vari oggetti da collezione.

Coloranti UV fluorescenti sono usati in molti campi (per esempio, in biochimica e nelle indagini della polizia scientifica). La proteina fluorescente Green Fluorescent Protein (GFP) è spesso usata come marker in genetica.



## **RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA**

Le lampade ultraviolette sono anche usate per sterilizzare ambienti e strumenti usati in ospedali e laboratori biologici solo come complemento ad altre tecniche di sterilizzazione, perché i vari microorganismi possono essere nascosti in piccole fessure e altre parti in ombra delle stanza.

Nel processo di produzione dei microprocessori, la luce ultravioletta viene usata per dei processi di fotolitografia ad altissima risoluzione

## **RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA**

### **TRATTAMENTI ESTETICI**

Il numero delle persone che si sottopongono agli UV per l'abbronzatura cutanea ha subito notevoli incrementi negli ultimi decenni ed il mercato offre vari dispositivi.

Due sono i principali tipi di sorgenti di radiazione UV impiegate nei trattamenti estetici:

**1) Lampade fluorescenti (a bassa pressione)**

**2) Lampade a vapori di mercurio ed alogenuri metallici**

**(ad alta pressione):** se utilizzate per il trattamento del viso sono provviste di un filtro adatto a rimuovere la radiazione UV-C ed in parte anche la radiazione UV-B.

## **Capo V del Titolo VIII del DLgs. 81/2008**

### **Rischio da esposizione alle radiazioni ottiche artificiali**

E' sempre necessario individuare (censire) ogni sorgente di radiazione ottica artificiale.

La “giustificazione” riportata dal legislatore nell’art. 181, comma 3, si riferisce a tutte quelle situazioni espositive per le quali non è richiesto l’approfondimento della valutazione che, invece, è necessario in tutti quei casi di esposizione a ROA i cui effetti negativi non possono essere ragionevolmente esclusi.

## **Effetti patologici**

<b>Regione spettrale</b>	<b>Occhio</b>	<b>Pelle</b>
UV-C 180 - 280 nm	Fotocheratite	Eritema, pigmentazione invecchiamento
UV-B 280 - 315 nm	Fotocheratite	Annerimento pigmento
UV-A 315 - 400 nm	Cataratta	Annerimento pigmento
Visibile 400 - 780 nm	Fotochimico e termico retina	Annerimento pigmento
IR-A 780 -1400 nm	Cataratta bruciatura retina	Bruciatura
IR-B 1400 -3000 nm	Infiammazione umor acqueo, cataratta, bruciatura cornea	Bruciatura della pelle
IR-C 3000 nm 1 mm	Bruciatura cornea	Bruciatura retina

## **Capo V del Titolo VIII del DLgs. 81/2008**

### **Rischio da esposizione alle radiazioni ottiche artificiali**

Sono “giustificabili” le apparecchiature che emettono radiazione ottica non coerente classificate nella categoria 0 secondo lo standard UNI EN 12198:2009, così come le lampade e i sistemi di lampade, anche a LED, classificate nel gruppo “Esente” dalla norma CEI EN 62471:2009.

Esempio di sorgenti di gruppo “Esente” sono l’illuminazione standard per uso domestico e di ufficio, i monitor dei computer, i display, le fotocopiatrici, le lampade e i cartelli di segnalazione luminosa. Sorgenti analoghe, anche in assenza della suddetta classificazione, nelle corrette condizioni di impiego si possono “giustificare”.

## **Capo V del Titolo VIII del DLgs. 81/2008**

### **Rischio da esposizione alle radiazioni ottiche artificiali**

Tutte le sorgenti che emettono radiazione laser classificate nelle classi 1 e 2 secondo lo standard IEC 60825-1 sono giustificabili. Per le altre sorgenti occorrerà effettuare una valutazione del rischio più approfondita.

Le principali sorgenti non coerenti di radiazione ottica, tratte dalla pubblicazione edita dall'ICNIRP dal titolo Protecting workers from ultraviolet radiation (ICNIRP 14/2007) vanno valutate ai fini della prevenzione del rischio per i lavoratori.

## **Protecting workers from ultraviolet radiation (ICNIRP 14/2007) - Sorgenti con obbligo di valutazione del rischio più approfondita**

- Arco elettrico (saldatura elettrica)
- Lampade germicide per sterilizzazione e disinfezione
- Lampade per foto indurimento di polimeri, fotoincisione, “curing”
- “Luce Nera” usata nei dispositivi di test e controllo non distruttivi (eccetto lampade classificate nel gruppo “Esente” secondo CEI EN 62471:2009)
- Lampade/sistemi LED per fototerapia
- Lampade ad alogenuri metallici, fari di veicoli, lampade scialitiche da sala operatoria

## **Protecting workers from ultraviolet radiation (ICNIRP 14/2007) - Sorgenti con obbligo di valutazione del rischio più approfondita**

- Lampade abbronzanti, Lampade per usi particolari eccetto lampade classificate nel gruppo “Esente”,
- Lampade per uso generale e lampade speciali classificate nei gruppi 1,2,3 ai sensi della norma CEI EN 62471:2009,
- Corpi incandescenti quali metallo o vetro fuso, ad esempio nei crogiuoli dei forni di fusione con corpo incandescente a vista e loro lavorazione,
- Riscaldatori radiativi a lampade,
- Apparecchiature con sorgenti IPL (luce pulsata ad alta intensità) per uso medico o estetico.



## **Protecting workers from ultraviolet radiation (ICNIRP 14/2007) - Sorgenti con obbligo di valutazione del rischio più approfondita**

- Radiazione laser: tutte le apparecchiature che emettono radiazione ottica coerente classificate nelle classi 1M, 2M 3R, 3B e 4 (nella nuova classificazione) o nelle classi 3A, 3B e 4 (nella vecchia classificazione) secondo lo standard IEC 60825-1 vanno valutate.
- In alcuni casi, ad esempio nella lavorazione di materiali con sorgenti laser, possono essere prodotte emissioni secondarie non coerenti, che devono essere valutate.”

## **LUCE BLU**

Si definisce “luce blu” la radiazione luminosa compresa tra i 380 ed i 520 nm, a queste lunghezze d’onda ed in determinate condizioni di esposizione, l’occhio può essere soggetto a danni retinici che possono essere di natura termica o fotochimica.

La principale fonte di luce blu è il sole, responsabile di diverse patologie oftalmiche, ma sono anche sempre più diffusi sistemi artificiali di illuminazione potenzialmente dannosi, progettati dall’uomo per i più differenti scopi, oltre a quello primario dell’illuminazione.

## **LUCE BLU**

La luce blu viene spesso sottovalutata in quanto appartenente allo spettro di luce visibile e quindi erroneamente considerata “sicura”, ma vi possono essere effetti a lungo termine (fotoretiniti).

Emblematiche le esposizioni a sistemi di illuminazione realizzati nei negozi per esaltare la percezione di particolari prodotti in vendita.

## **ATTIVITA' LAVORATIVE**

- saldature ad arco e ad elettrodo
- processi di indurimento resine
- processi di stampa industriali
- studi fotografici pubblicitari
- teatri, set televisivi e cinematografici
- negozi, grandi magazzini, ipermercati

**Corso di aggiornamento per CSE, CSP e RSPP**

**Ordine degli Ingegneri di Palermo**



Dott. Gesualdo Rubbonello  
[g.rubbonello@inail.it](mailto:g.rubbonello@inail.it)