

**EXPO SICURAMENTE 2008**

**RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI**

**Ing. Filippo Marciano**

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale  
Facoltà di Ingegneria  
Università degli Studi di Brescia

filippo.marciano@ing.unibs.it



F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 1

**AGENDA**

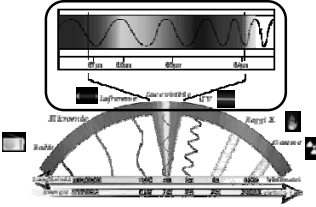
- Radiazioni 
- Sorgenti
  - ✓ Non coerenti 
  - ✓ LASER 
- Effetti biologici 
- Valutazione
  - ✓ Legislazione 
  - ✓ Norme tecniche condivise
- Prevenzione e protezione 

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 2

**RADIAZIONI OTTICHE**


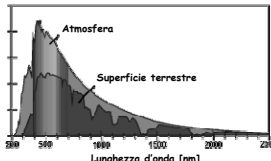

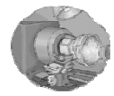

- Radiazione ultravioletta (UV): 100nm ÷ 400nm
  - ✓ UVC 100nm ÷ 280nm
  - ✓ UVB 280nm ÷ 315nm
  - ✓ UVA 315nm ÷ 400nm
- Radiazione visibile: 380nm ÷ 780nm
- Radiazione infrarossa (IR): 780nm ÷ 1mm
  - ✓ IRA 780nm ÷ 1400nm
  - ✓ IRB 1400nm ÷ 3000nm
  - ✓ IRC 3000nm ÷ 1mm

**RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI**






F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 3

**SORGENTI DI RADIAZIONI OTTICHE**

- Naturali 

- ARTIFICIALI
  - ✓ Non coerenti
    - Lampade 
    - Particolari lavorazioni 
  - ✓ Coerenti
    - LASER 

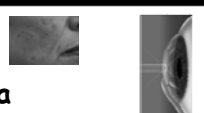




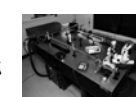

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 4

### SORGENTI NON COERENTI

<b>UV</b>	Lampade germicida Lampade per l'asciugatura del colore Lampade per il controllo materiali Solarium <i>Archi di saldatura</i> <i>Forni industriali</i>	
<b>Visibile</b>	Lampade per l'illuminazione Dispositivi di segnalazione Avvio processi industriali, medici, agricoli <i>Archi di saldatura</i> <i>Forni industriali</i>	
<b>IR</b>	Riscaldatori radianti Dispositivi militari per la visione notturna Processi industriali e medici <i>Alcuni tipi di lampade</i> <i>Archi di saldatura</i> <i>Forni industriali</i>	





F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 5


### SORGENTI LASER

- Applicazioni mediche 
- Telecomunicazioni, informatica 
- Ambito militare 
- Lavorazioni di materiali 
- Metrologia e misure 
- Applicazioni nei laboratori di ricerca 
- Beni di consumo 

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 6

### EFFETTI BIOLOGICI - OCCHIO


Lunghezza d'onda	BANDA	PRINCIPALI ASSORBITORI
100 ÷ 315nm	UVB - UVC	Cornea 
315 ÷ 400nm	UVA	Cornea, Cristallino 
400 ÷ 1400nm	Visibile - IRA	Retina, Coroide 
1,4 ÷ 1000µm	IRB - IRC	Cornea 

- UVA, UVB, UVC (180nm < λ < 400nm)
  - ✓ Fotocheratite/congiuntivite
  - ✓ Cataratta
  - ✓ Effetti retinali
- Luce blu (380nm < λ < 520nm)
  - ✓ Fotoretinite 
- Visibile e IRA (380nm < λ < 1400nm)
  - ✓ Ustione retinale
- IRB e IRC (1400nm < λ < 1mm)
  - ✓ Ustione corneale

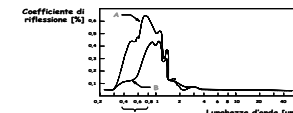
F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 7


### EFFETTI BIOLOGICI - CUTE


#### Profondità di penetrazione



#### Proprietà di riflessione



Fototipi	Risposta della pelle	Caratteristiche tipiche
I	· Si scotta facilmente e in modo acuto	· Persone con pelle molto chiara, gli occhi blu e le lentiggini
II	· Di solito si scotta facilmente e in modo acuto	· Persone con pelle chiara, capelli biondi o rossi, occhi blu, noccia o marroni
III	· Si scotta moderatamente	· Persone con pelle bianca, generalmente capelli scuri
IV	· Si scotta lievemente	· Persone con pelle bianca o leggermente marrone, capelli scuri, occhi scuri
V	· Si scotta raramente	· Persone con pelle marrone
VI	· Non si scotta mai	· Persone con pelle nera 

- UVA, UVB, UVC (180nm < λ < 400nm)
  - ✓ Breve termine (Eritema)
  - ✓ Lungo termine (Carcinoma, Melanoma maligno)
- IRA e IRB (780nm < λ < 3000nm)
  - ✓ Ustione 

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 8

### LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA

- D.Lgs. 81/08 Titolo VIII (agenti fisici)  
Capo V + Allegato XXXVII

Entrata in vigore:  
26 aprile 2010

- ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
  - ✓ IEC - International Electrotechnical Commission
  - ✓ CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano
  - ✓ CIE - Commission Internationale de l'Eclairage
  - ✓ CEN - European Committee for Standardization
  - ✓ UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione
  - ✓ ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 9

### OBBLIGHI DEL DATORE DI LAVORO

- Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi
  - ✓ Valutazione e, quando necessario, misura e/o calcolo dei livelli di radiazione
  - ✓ Rispetto delle norme del CEN, IEC, CIE, ...
  - ✓ Considerazione dei dati forniti dai fabbricanti
- Eliminazione o riduzione dei rischi
- Formazione ed informazione dei lavoratori
- Sorveglianza sanitaria

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 10

### GRANDEZZE DI RIFERIMENTO

- Irradianza E (o densità di potenza)
  - ✓ Potenza radiante incidente per unità di area su una superficie ( $W m^{-2}$ )
- Esposizione radiante H
  - ✓ Integrale nel tempo dell'irradianza ( $J m^{-2}$ )
- Radianza L
  - ✓ Flusso radiante o potenza per unità di angolo solido per unità di superficie ( $W m^{-2} sr^{-1}$ )

⇒ LIVELLO: combinazione di E, H e L a cui è esposto un lavoratore

↪ VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE

Limiti di esposizione basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 11

### VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE

- Formule continue e discrete per la quantificazione del livello di esposizione (grandezze da considerare)
  - ✓ Tipo di sorgente (coerente / non coerente)
  - ✓ Tipo di lesione - Organo bersaglio
  - ✓ Tipo di radiazione emessa dalla sorgente
    - ↳ lunghezza d'onda della radiazione
- Valori limite di esposizione tabulati

↓

- Allegato XXXVII.1 - Radiazioni non coerenti
- Allegato XXXVII.2 - Radiazioni LASER

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 12

## METODI E STRUMENTI DI MISURA

### ➤ Misure fotometriche ⇨ Fotometro



### ➤ Misure radiometriche ⇨ Radiometro

#### ✓ Rivelatori termici

- Misure di potenza uscente e irradianza - IR



#### ✓ Rivelatori quantici

- Misure di potenza uscente e irradianza (singolo fotone) - UV, visibile, IR

#### ✓ Spettro-radiometri

- Caratterizzazione dello spettro - Tutte le radiazioni



F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali

13

## VALUTAZIONE DEI RISCHI

- Livello, gamma di lunghezze d'onda e durata dell'esposizione a sorgenti artificiali
- Valori limite di esposizione
- Gruppi particolarmente sensibili
- Effetto risultante dall'interazione tra le radiazioni ottiche e le sostanze chimiche fotosensibilizzanti
- Effetto indiretto come l'accecamento temporaneo, le esplosioni o il fuoco
- Attrezzature alternative
- Informazioni dalla sorveglianza sanitaria
- Classificazione dei LASER
- Informazioni fornite dai fabbricanti di sorgenti di radiazione e delle attrezzature

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali

14

## NORME TECNICHE (NON COERENTI)

### ➤ UNI EN 14255

- ⇨ Esposizione personale a radiazioni ottiche non coerenti



### ➤ UNI EN 12198

- ⇨ Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario



### ➤ CIE S009 - IEC 62471

- ⇨ Sicurezza delle lampade e dei sistemi di lampade



F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali

15

## FAMIGLIA DI NORME UNI EN 14255

### "Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti"

- ✓ UNI EN 14255-1 "Radiazioni ultraviolette emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro"
- ✓ UNI EN 14255-2 "Radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nei posti di lavoro"
- ✓ EN 14255-3 "UV-Radiation emitted by the sun"
- ✓ UNI EN 14255-4 "Terminologia e grandezze utilizzate per le misurazioni delle esposizioni a radiazioni UV, visibili e IR"




F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali

16

### FAMIGLIA DI NORME UNI EN 12198

**"Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario"**

- ✓ UNI EN 12198-1 Principi generali
- ✓ UNI EN 12198-2 Procedura di misurazione dell'emissione di radiazione
- ✓ UNI EN 12198-3 Riduzione della radiazione per attenuazione o schermatura




Valutazione e riduzione del rischio da parte del fabbricante

Categoria	Restrizioni e protezione	Informazione e formazione
0	Nessuna restrizione	Nessuna informazione necessaria
1	Possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione	Su pericoli, rischi ed effetti secondari
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali	Anche la formazione può essere necessaria

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 18

### NORMA CIE S009 - IEC 62471

**"Photobiological safety of lamps and lamp systems"**




CLASSE	RISCHIO	MASSIMA DURATA DI ESPOSIZIONE f(regione dello spettro considerata)				
		UV (occhio e cute)	UVA (cristallino)	Rischio fotochimico (retina)	Rischio termico (retina)	IR (occhio)
Esente	Assente	30000s	1000s	10000s	10s	1000s
Gruppo con rischio 1	Basso	10000s	300s	100s	10s	100s
Gruppo con rischio 2	Moderato	1000s	100s	0,25s	0,25s	10s
Gruppo con rischio 3	Alto	< 1000s	< 100s	< 0,25s	< 0,25s	< 10s

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 19

### NORME TECNICHE (COERENTI)

- IEC 60825-1 "Safety of laser products. Equipment classification, requirements and user's guide"
- CEI 76-2 (CEI EN 60825-1) "Sicurezza degli apparecchi laser. Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore"

Classificazione:  $f$ (Limite Emissione Accessibile)



**DANGER**

LASER RADIATION  
AVOID DIRECT EYE EXPOSURE

ARGON ION LASER  
500 MW MAX OUTPUT  
CLASS IIIb LASER PRODUCT

**CAUTION**

LASER RADIATION  
DO NOT STARE INTO BEAM

HELIUM-NEON LASER  
1 MW MAX OUTPUT AT 632.8 nm  
CLASS II LASER PRODUCT

**DANGER**

INVISIBLE LASER RADIATION  
AVOID EYE OR SKIN EXPOSURE  
TO DIRECT OR SCATTERED RADIATION

NE YAG LASER  
1.1 MW PULSED, 10600 nm  
CLASS IV LASER PRODUCT

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 20

### CLASSIFICAZIONE DEI LASER

CLASSE	DESCRIZIONE	RISCHIO
1	Laser sicuri nelle condizioni di funzionamento, compreso l'impiego di strumenti ottici per la visione diretta	Assente
1M	Laser sicuri nelle condizioni di funzionamento, ma che possono essere pericolosi in caso di impiego di strumenti ottici per la visione diretta	Basso
2	Laser che emettono radiazioni visibili; la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa nelle condizioni di funzionamento, compreso l'impiego di strumenti ottici per la visione diretta	Moderato
2M	Laser che emettono radiazioni visibili; la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa nelle condizioni di funzionamento, ma non in particolari condizioni	Moderato
3R	Laser che emettono radiazioni tra 302,5nm e 1mm; la visione diretta del fascio è potenzialmente pericolosa, ma il rischio è inferiore a quello dei laser di classe 3B	Alto
3B	Laser normalmente pericolosi in caso di visione diretta del fascio; le riflessioni diffuse sono normalmente sicure	Alto
4	Laser in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose	Rilevante

F. Marciano - Radiazioni ottiche artificiali 21