



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

I EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Modulo A.1: Organizzazione sanitaria
(Formazione di base)

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti - Aspetti applicativi

Ing. Michele Di Pasquale

Libero professionista

E-mail: m.dipasquale@libero.it

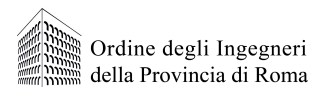
Docente, nome cognome

Organizzato da



10/06/2016

In collaborazione con



Radiazioni Ottiche Artificiali

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81

TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO

TITOLO VIII - AGENTI FISICI

CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

**CAPO V - PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI
ESPOSIZIONE A RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

ALLEGATO XXXVII - RADIAZIONI OTTICHE

PARTE I - RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI

PARTE II - RADIAZIONI LASER

Art. 213.

Campo di applicazione

1. Il presente capo stabilisce prescrizioni minime di protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare, dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali durante il lavoro con particolare riguardo ai rischi dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ **Art. 214.**

▶ **Definizioni**

- ▶ 1. Agli effetti delle disposizioni del presente capo si intendono per:
 - ▶ a) *radiazioni ottiche*: tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra $100 \text{ } \mu\text{m}$ e 1 mm . Lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni
 - ▶ *ultraviolette*, *radiazioni visibili* e *radiazioni infrarosse*:
 - ▶ 1) *radiazioni ultraviolette*: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 100 e $400 \text{ } \mu\text{m}$. La banda degli ultravioletti è suddivisa in UVA ($315\text{-}400 \text{ } \mu\text{m}$), UVB ($280\text{-}315 \text{ } \mu\text{m}$) e UVC ($100\text{-}280 \text{ } \mu\text{m}$);
 - ▶ 2) *radiazioni visibili (luce blu)*: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 380 e $780 \text{ } \mu\text{m}$;
 - ▶ 3) *radiazioni infrarosse*: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra $780 \text{ } \mu\text{m}$ e 1 mm .



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Art. 216.**
- ▶ ***Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi***
- ▶ ***1. Nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 181, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori.....***
- ▶ ***d) qualsiasi eventuale effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultante dalle interazioni sul posto di lavoro tra le radiazioni ottiche e le sostanze chimiche foto-sensibilizzanti;***
- ▶ ***e) qualsiasi effetto indiretto come l'accecamiento temporaneo, le esplosioni o il fuoco;***
- ▶ ***f) l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;***



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti

Ing. Michele Di Pasquale

10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Art. 217.**
- ▶ **Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi**
- ▶ 1. *Se la valutazione dei rischi di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), mette in evidenza che i valori limite d'esposizione possono essere superati, il datore di lavoro definisce e attua un*
 - ▶ *programma d'azione che comprende misure tecniche e/o organizzative destinate ad evitare che l'esposizione superi i valori limite, tenendo conto in particolare:*
 - ▶ *b) della scelta di attrezzature che emettano meno radiazioni ottiche, tenuto conto del lavoro da svolgere;*
 - ▶ *c) delle misure tecniche per ridurre l'emissione delle radiazioni ottiche, incluso, quando necessario, l'uso di dispositivi di sicurezza, schermatura o analoghi meccanismi di protezione della*
salute;
 - ▶ *d) degli opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;*
 - ▶ *e) della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;*
 - ▶ *f) della limitazione della durata e del livello dell'esposizione;*
 - ▶ *g) della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale;*



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

▶ **Campo elettrico**

- ▶ La carica elettrica, al pari della massa, è una proprietà fondamentale della materia.
- ▶ Tutti i corpi dotati di massa sperimentano la forza di gravità, che li attira verso altri corpi dotati di massa.
- ▶ Il campo gravitazionale terrestre, per esempio, descrive quanto intensamente corpi di diversa massa sono attratti dalla massa della Terra.
- ▶ Analogamente, le cariche elettriche esercitano forze su altre cariche elettriche.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

▶ Campo elettrico

- ▶ A differenza della massa, che è sempre positiva, le cariche elettriche possono essere sia positive, sia negative. La forza che si esercita tra cariche di segno uguale è repulsiva, quella tra cariche di segno opposto è attrattiva.
- ▶ L'unità di misura della carica elettrica è il **coulomb**
- ▶ (simbolo **C**).
- ▶ La più piccola carica elettrica che esiste in natura è quella dell'elettrone, detta "**carica elettrica elementare**" e pari a $-1,6 \times 10^{-19}$ C.
- ▶ Il protone ha una carica elettrica di uguale valore assoluto, ma di segno opposto.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ L'interazione tra cariche elettriche può essere convenientemente descritta per mezzo di una grandezza vettoriale, detta **campo elettrico**, che in ogni punto dello spazio intorno ad una data carica descrive la forza esercitata su un'altra carica, di valore unitario (1 C), posta in quel punto.
- ▶ La carica elettrica è quindi la *sorgente fisica del campo elettrico*; *il campo elettrico generato da una carica è tanto più intenso quanto maggiore è la forza da essa esercitata sulle cariche circostanti.*
- ▶ Il campo elettrico si indica in genere con il simbolo **E**;
- ▶ **la sua intensità si misura in volt al metro (V/m).**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

► Campo elettrico

- Qualsiasi conduttore elettrico “sotto tensione” produce un campo elettrico; la carica su un conduttore è legata infatti alla sua tensione elettrica: più alta è la tensione, maggiore è la carica, più intenso il campo elettrico generato.
- La **tensione elettrica** si misura in **volt** (V).
- *Un conduttore sotto tensione è quindi una sorgente di campo elettrico. **Il campo esiste anche se nel conduttore non scorre alcuna corrente***, cioè anche se le cariche al suo interno sono ferme: ad esempio, inserire una spina in una presa elettrica crea dei campi elettrici nello spazio circostante l'apparecchio collegato, anche se l'apparecchio stesso è spento.
- I campi elettrici sono più intensi in prossimità della sorgente e la loro intensità diminuisce rapidamente allontanandosi da essa.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti

Ing. Michele Di Pasquale

10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

► Campo magnetico

- Un **campo magnetico** viene generato **ogniqualevolta c'è un movimento di cariche elettriche**, cioè una corrente elettrica.
- La corrente elettrica si misura in **ampère** (A) e *costituisce la sorgente fisica* del campo magnetico:
- più intensa è la corrente che fluisce in un circuito, maggiore risulta l'intensità del campo magnetico da essa generato.
- Ogni conduttore percorso da una corrente elettrica genera
- quindi intorno a sé un campo magnetico.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

► Campo magnetico

- Il campo magnetico è una grandezza vettoriale che descrive la forza che un conduttore percorso da corrente esercita su un altro conduttore percorso da corrente che si trovi in sua prossimità:
- quanto più intenso è il campo magnetico, tanto maggiore è la
- forza esercitata.
- Il campo magnetico si indica in genere con il simbolo **H**; **la sua intensità si misura in ampère al metro (A/m)**.
- *Per descrivere il campo magnetico si usa anche un'altra grandezza vettoriale, la **densità di flusso magnetico** (o **induzione magnetica**) **B**, espressa in **tesla (T)** o nei suoi sottomultipli:*
- *microtesla (μT) e millitesla (mT).*



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Campo magnetico**
- ▶ *In alcuni ambienti viene ancora utilizzato il **gauss** (simbolo **G**;*
- ▶ *1 T = 10.000 G) come unità di misura per l'induzione magnetica, sebbene questa unità non faccia parte del Sistema Internazionale.*
- ▶ Riprendendo l'esempio dell'apparecchio elettrodomestico (che genera campo elettrico anche se spento, purché la spina sia inserita in una presa elettrica sotto tensione), **per generare un campo magnetico è necessario che l'apparecchio venga acceso, ovvero che siano generate correnti**
- ▶ **elettriche al suo interno e nei conduttori che lo collegano alla rete elettrica.**
- ▶ I campi magnetici sono più intensi in prossimità della sorgente e si attenuano rapidamente all'aumentare della distanza da essa.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti

Ing. Michele Di Pasquale

10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

▶ **Campi statici e campi variabili**

- ▶ Un **campo “statico”** mantiene intensità, direzione e verso costanti nel tempo.
- ▶ Una **corrente continua** (indicata in genere con la sigla DC, dall'inglese *Direct Current*) è una corrente elettrica che scorre in una sola direzione con intensità costante.
- ▶ In qualsiasi apparecchio funzionante a batteria, la corrente scorre dalla batteria all'apparecchio e poi ritorna alla batteria.
- ▶ Questo genera un **campo magnetico statico** (o “magnetostatico”, Figura 1); anche il campo magnetico della Terra o quello generato da una calamita sono campi magnetici statici.
- ▶ Analogamente, una tensione continua, come quella generata da una batteria (Figura 2), dà luogo ad un **campo elettrico statico** (o “elettrostatico”).



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

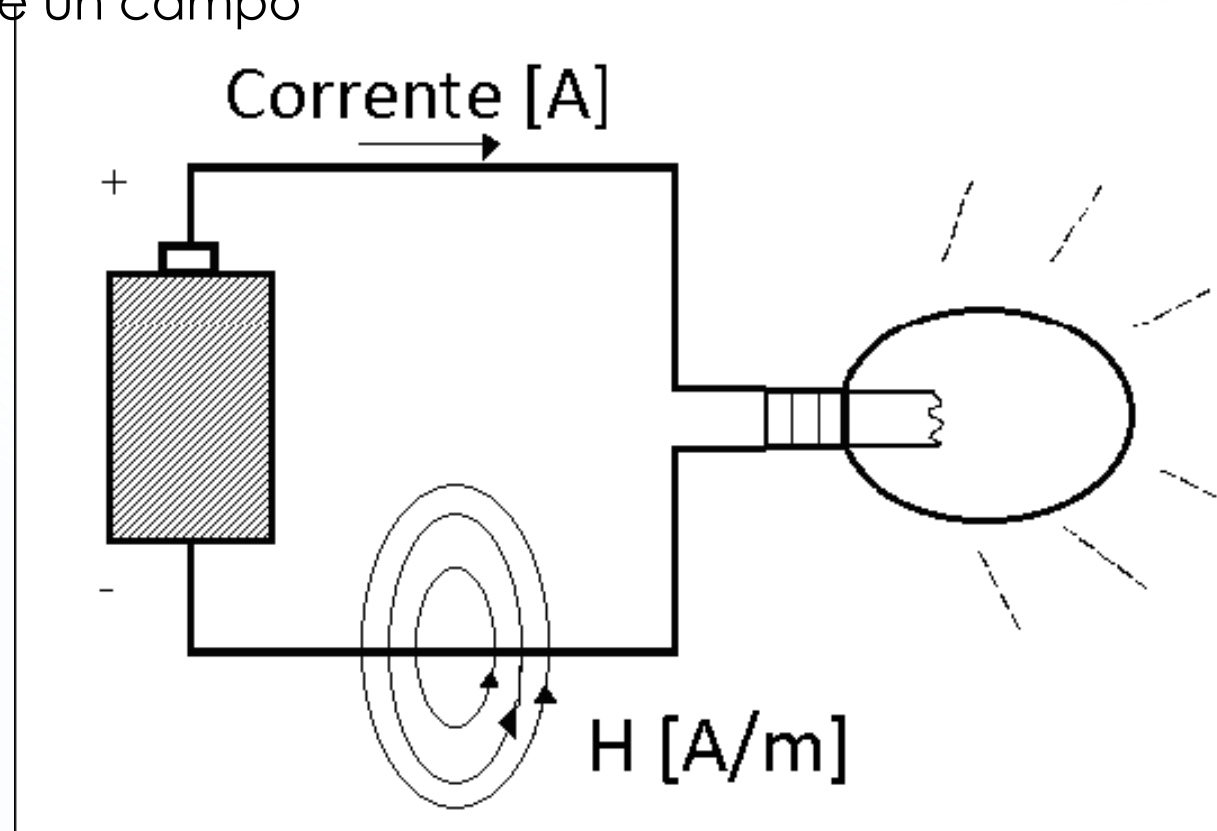
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

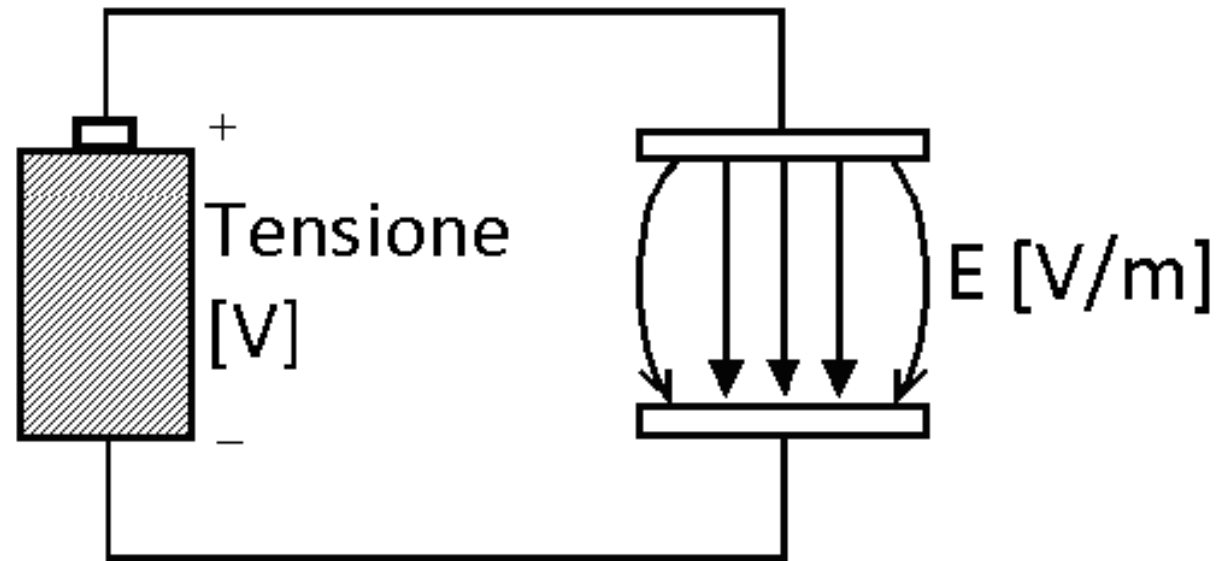
Richiami di fisica

Figura 1: un conduttore percorso da corrente continua genera intorno a sé un campo magnetostatico.



Richiami di fisica

- ▶ **Figura 2: una batteria genera una differenza di**
- ▶ **potenziale continua e quindi un campo elettrostatico.**



Richiami di fisica

▶ **Campi statici e campi variabili**

- ▶ Al contrario, le tensioni e le correnti variabili nel tempo generano rispettivamente campi elettrici e campi magnetici ugualmente variabili nel tempo.
- ▶ In particolare, le **correnti alternate** (indicate con la sigla AC, dall'inglese *Alternating Current*) *modificano la loro intensità ed invertono la loro direzione in modo regolare nel tempo.*
- ▶ Nella maggioranza dei Paesi europei, la rete di distribuzione
- ▶ dell'energia elettrica fornisce tensione e corrente alternate, che cambiano intensità e direzione secondo un ciclo che si ripete 50 volte al secondo: si dice allora che la tensione e la corrente hanno una frequenza di 50 hertz (Hz).



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Campi statici e campi variabili**
- ▶ *Allo stesso modo, il campo elettrico e il campo magnetico ad esse associati cambiano le loro caratteristiche secondo un ciclo che si ripete con una frequenza di 50 Hz.*
- ▶ Tutti gli elettrodomestici, gli apparecchi elettrici da ufficio e moltissime attrezzature elettriche industriali e sanitarie sono alimentati dalla tensione alternata a 50 Hz fornita dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica e disperdono quindi nell'ambiente circostante campi elettrici e campi magnetici a 50 Hz.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Campi elettromagnetici e onde elettromagnetiche**
- ▶ Il campo magnetico è generato, come si è detto, da una corrente elettrica.
- ▶ Nel caso in cui essa vari nel tempo, anche il campo magnetico prodotto varia allo stesso modo nel tempo. I campi magnetici variabili nel tempo hanno la proprietà di generare a loro volta campi elettrici variabili nel tempo.
- ▶ Analogamente, i campi elettrici variabili nel tempo generano campi magnetici variabili nel tempo.
- ▶ Questo fenomeno prende il nome di “**mutua generazione**”.
- ▶ Grazie ad esso, il campo elettrico ed il campo magnetico si sostengono a vicenda (sono in pratica uno la sorgente dell'altro) e danno
- ▶ origine, di fatto, ad una grandezza fisica unitaria (chiamata **campo elettromagnetico**), che si propaga nello spazio allontanandosi indefinitamente dalla sorgente che l'ha inizialmente generata:
- ▶ si tratta della cosiddetta “**radiazione elettromagnetica**”.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Campi elettromagnetici e onde elettromagnetiche**
- ▶ La radiazione elettromagnetica è il meccanismo fisico sfruttato nelle telecomunicazioni: le antenne normalmente utilizzate per quelle
- ▶ applicazioni sono costituite da conduttori alimentati da correnti variabili che, in quanto tali, generano intorno a sé campi elettromagnetici che si propagano nello spazio, allontanandosi indefinitamente dall'antenna che li ha prodotti.
- ▶ **Le onde elettromagnetiche sono la più semplice e insieme la più diffusa modalità con cui i campi elettromagnetici generati in base al principio della mutua generazione si propagano nello spazio, allontanandosi dalla sorgente.**
- ▶ **La propagazione avviene in modo armonico, cioè con forme d'onda**
- ▶ **che variano sinusoidalmente sia nello spazio, sia nel tempo.**
- ▶ Le onde viaggiano alla velocità della luce, pari a 3×10^8 m/s (cioè trecento milioni di metri al secondo).



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Campi elettromagnetici e onde elettromagnetiche**
- ▶ La **frequenza** (misurata in **hertz**, simbolo **Hz**) e la corrispondente **lunghezza d'onda** (misurata in **metri**) sono tra le principali caratteristiche che definiscono le proprietà di un'onda elettromagnetica.
- ▶ Campi a diversa frequenza interagiscono con il corpo umano con modalità differenti.
- ▶ La frequenza indica il numero di oscillazioni (cioè di cicli di sinusoidi) al secondo compiute dal campo elettrico e dal campo magnetico in funzione del tempo, mentre la lunghezza d'onda descrive l'estensione di questi cicli nello spazio, cioè misura lo spazio percorso dalla cresta di un'onda in un tempo pari all'inverso della frequenza.
- ▶ Lunghezza d'onda e frequenza sono quindi strettamente correlate:
- ▶ Più alta è la frequenza, minore è la lunghezza d'onda.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

▶ Campi elettromagnetici e onde elettromagnetiche

- ▶ La relazione matematica che mette in relazione la **velocità della luce** c (in metri/secondo), la **frequenza** f (in hertz) e la **lunghezza d'onda** λ (in metri) di un'onda elettromagnetica è la seguente:

$$\lambda \cdot f = c$$

Richiami di fisica

- ▶ **Radiazioni non ionizzanti e radiazioni ionizzanti**
- ▶ Lunghezza d'onda e frequenza determinano un'importante caratteristica dei campi elettromagnetici.
- ▶ In accordo con la teoria quantistica, i campi elettromagnetici possono essere descritti come un flusso di particelle chiamate **quanti di luce** o **fotoni**.
- ▶ In base alla **legge di Plank**, **l'energia (in joule)** associata ad un fotone di un'onda elettromagnetica è uguale al prodotto della frequenza (in hertz) moltiplicata per la costante di Plank, il cui valore è pari a $6,623 \times 10^{-34}$ joule/hertz.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Radiazioni non ionizzanti e radiazioni ionizzanti**
- ▶ I fotoni di onde con frequenza più alta (e quindi con lunghezza d'onda minore) trasportano più energia dei fotoni associati a campi di frequenza più bassa (lunghezza d'onda maggiore).
- ▶ E' uso comune esprimere l'energia di un fotone, specie alle frequenze più alte, utilizzando come unità di misura l'**elettronvolt** (**eV**) anziché il joule:
- ▶
$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ joule};$$
- ▶ con questa unità di misura,
- ▶ la costante di Plank vale circa $4,14 \times 10^{-15} \text{ eV/Hz}$.

Richiami di fisica

▶ **Radiazioni non ionizzanti e radiazioni ionizzanti**

- ▶ E' possibile **ionizzare un atomo** (cioè strappare un elettrone da un suo orbitale) bombardandolo con un fotone;
- ▶ affinché il processo abbia successo, è necessario che il fotone possieda un'energia pari almeno all'energia di legame dell'elettrone più esterno.
- ▶ In radioprotezione, si considerano “**ionizzanti**” le radiazioni elettromagnetiche in grado di ionizzare gli atomi presenti in maggiore quantità nelle molecole biologiche, quali Idrogeno, Ossigeno, Carbonio e Azoto.
- ▶ **Poiché l'energia media di ionizzazione di questi elementi è di circa 12 eV, la soglia tra radiazioni ionizzanti e non ionizzanti è stata fissata a 12 eV, a cui corrispondono una lunghezza d'onda di 0,1 μm (o 100 nm)**
- ▶ **ed una frequenza di 3×10^{15} Hz.**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Radiazioni non ionizzanti e radiazioni ionizzanti**
- ▶ Tutte le sorgenti che considereremo emettono campi di frequenza *molti ordini di grandezza inferiore a questo limite:*
- ▶ *pertanto, avremo a che fare esclusivamente con campi elettromagnetici **non ionizzanti**.*
- ▶ Il limite tra radiazioni ionizzanti e non ionizzanti cade al confine tra i raggi ultravioletti (UV) e i raggi X.
- ▶ *Pertanto, le radiazioni che ricadono nello spettro dei raggi X, dei raggi gamma e dei raggi cosmici sono **radiazioni ionizzanti**, mentre i campi elettromagnetici a bassa frequenza, radiofrequenza e microonde, la luce visibile, i raggi infrarossi e la maggior parte dello spettro ultravioletto rientrano tra le **radiazioni non ionizzanti**; esse interagiscono con l'organismo umano in modi diversi, in funzione della frequenza.*



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Radiazioni non ionizzanti e radiazioni ionizzanti**
- ▶ Le onde elettromagnetiche di frequenza fino alle microonde hanno lunghezze d'onda maggiori di 1 mm: esse possono quindi essere generate da circuiti elettrici di pari dimensioni, come ad esempio le antenne nel caso delle telecomunicazioni.
- ▶ All'aumentare della frequenza, cioè al diminuire della lunghezza d'onda, i campi elettromagnetici sono generati da correnti elettriche associate al moto delle cariche elettriche di cui sono costituite molecole, atomi, nuclei atomici.
- ▶ Sono proprio queste radiazioni di lunghezza d'onda estremamente piccola, confrontabile cioè con le dimensioni atomiche o sub-atomiche, che riescono a ionizzare la materia.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Struttura del campo EM in funzione della distanza dalla sorgente**
- ▶ Nelle immediate vicinanze di una sorgente, il campo elettrico ed il campo magnetico sono legati a quello che succede nella sorgente stessa, cioè alla distribuzione di cariche e di correnti in essa: siamo nella cosiddetta regione di **campo reattivo**.
- ▶ **Poiché in generale la relazione tra cariche e** correnti nella sorgente non è nota a chi fa sorveglianza fisica, in questa regione campo elettrico e campo magnetico appaiono del tutto indipendenti tra di loro, non possono essere ricavati uno dall'altro e devono essere determinati separatamente, per esempio utilizzando sensori specifici, ai fini di una corretta valutazione dell'esposizione.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

- ▶ **Struttura del campo EM in funzione della distanza dalla sorgente**
- ▶ Allontanandosi dalla sorgente, la struttura dei campi inizia a risentire del fenomeno della *radiazione* (dovuta, come si è visto, alla mutua generazione tra campo elettrico e campo magnetico), che resta l'unico significativo per distanze dalla sorgente superiori a circa una lunghezza d'onda, nella regione
 - ▶ detta appunto di **campo radiativo**.
- ▶ **Grazie alla relazione imposta dalla mutua generazione, il campo elettrico ed il campo magnetico radiativi sono perpendicolari tra di loro ed alla direzione di propagazione; tra le loro ampiezze esiste una semplice relazione matematica che permette di ricavarne una dall'altra e che lega entrambe alla **densità di potenza irradiata (chiamata anche intensità della radiazione)**, data dall'energia trasportata dall'onda elettromagnetica per unità di tempo e di superficie, indicata in genere col simbolo **S** e misurata in watt al metro quadrato (W/m^2).**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti

Ing. Michele Di Pasquale

10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Richiami di fisica

▶ Struttura del campo EM in funzione della distanza dalla sorgente

▶ Questa relazione, che permette di calcolare tutte e tre le grandezze **E**, **H** ed **S una volta che** se ne sia determinata una, semplifica notevolmente le procedure di misura.

▶ Essa risulta espressa matematicamente dalle equazioni seguenti:

$$S = E H$$

$$E/H = Z_0$$

▶ dove **Z_0** è una costante che dipende dalle caratteristiche del mezzo dove il campo si sta propagando,

▶ ha le dimensioni di una resistenza e prende il nome di **impedenza caratteristica del mezzo**; il suo valore nel vuoto è pari a circa 377 ohm.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti

Ing. Michele Di Pasquale

10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ **TIPI DI RADIAZIONI**

- ▶ Agli effetti delle disposizioni del **Titolo VIII CAPO V del D.Lgs. 81/08** per radiazioni ottiche artificiali si intendono:
- ▶ a) **radiazioni ottiche**: tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra 100 nm e 1 mm. Lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni ultraviolette, radiazioni visibili e radiazioni infrarosse.
- ▶ b) **laser** (amplificazione di luce mediante emissione stimolata di radiazione): qualsiasi dispositivo al quale si possa far produrre o amplificare le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda delle radiazioni ottiche, soprattutto mediante il processo di emissione stimolata controllata.
- ▶ Le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali nelle attività lavorative sono molteplici. Vengono forniti due elenchi non esaustivi dei principali campi di applicazione.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

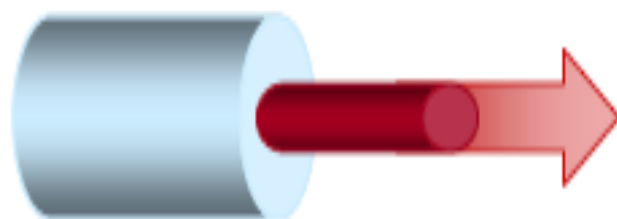
Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Luce normale



BASSA DIREZIONALITA'
BASSA MONOCROMATICITA'
BASSA COERENZA
BASSA POTENZA

Luce laser



ALTA DIREZIONALITA'
ALTA MONOCROMATICITA'
ALTA COERENZA
ALTA POTENZA

Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ **SOLE:**

- ▶ Intensità massima luce solare a terra = 1 kW/m^2 o 1 mW/mm^2
- ▶ Assumendo un diametro pupillare di 2 mm l'area è circa 3 mm^2
- ▶ Quindi la potenza raccolta dall'occhio è = 3 mW
- ▶ Il sole forma un'immagine $\approx 100 \text{ }\mu\text{m}$ di raggio sulla retina (area = 0.03 mm^2)
- ▶ L'intensità sulla retina (Potenza/Area) = $3 \text{ mW}/0.03 \text{ mm}^2 = 100 \text{ mW/mm}^2$.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Tipico laser He Ne da 1 mW (o laser pointer):**
- ▶ Potenza = 1 mW, raggio del fascio = 1 mm
- ▶ Forma un'immagine con raggio di $10\text{ }\mu\text{m}$ (area dello spot = $3\text{ }10^{-4}\text{ mm}^2$)
- ▶ L' **intensità** dell'HeNe sulla retina è $1\text{ mW}/(3\text{ }10^{-4}\text{ mm}^2) = 3100\text{ mW/mm}^2$
- ▶ **31 volte l'intensità del Sole!!**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

EFFETTI SULLA SALUTE

- ▶ I principali rischi per l'uomo derivanti da un'eccessiva esposizione a radiazioni ottiche di riguardano essenzialmente due organi bersaglio, l'occhio in tutte le sue parti (cornea, cristallino e retina) e la cute.
- ▶ 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, invece, possono essere di diversi tipi, a seconda del principale spettro di emissione e a seconda del tipo di fascio emesso (coerente o incoerente). Per quanto riguarda lo spettro di emissione in saldatura esistono le radiazioni ultraviolette tra 100 e 400 nm, UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) e UVC (100-280 nm); le radiazioni visibili o luce blu: tra 380 e 780 nm; le radiazioni infrarosse: tra 780 nm e 1 mm.

Radiazioni Ottiche Artificiali

RADIAZIONE OTTICA	OCCHIO	CUTE
ULTRAVIOLETTO	fotocheratocongiuntivite (UVB-UVC), cataratta fotochimica (UVB)	eritema (UVB-UVC), sensibilizzazione (UVA-UVB), oto retinitimento (UVC-UVB-UVA), cancerogenesi (UVB-UVA)
VISIBILE	oto retinite (in particolare da luce blu , 380-550 nm)	fotodermatosi
INFRAROSSO	ustioni corneali (IRC-IRB), cataratta termica (IRB-IRA), danno termico retinico (IRA)	vasodilatazione, eritema, ustioni



MSSLS

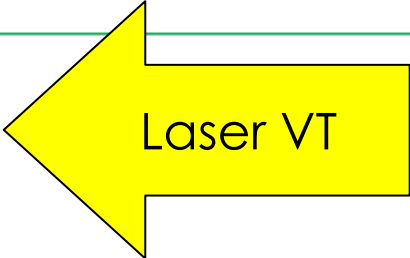
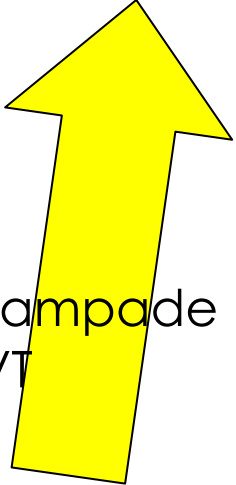
SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

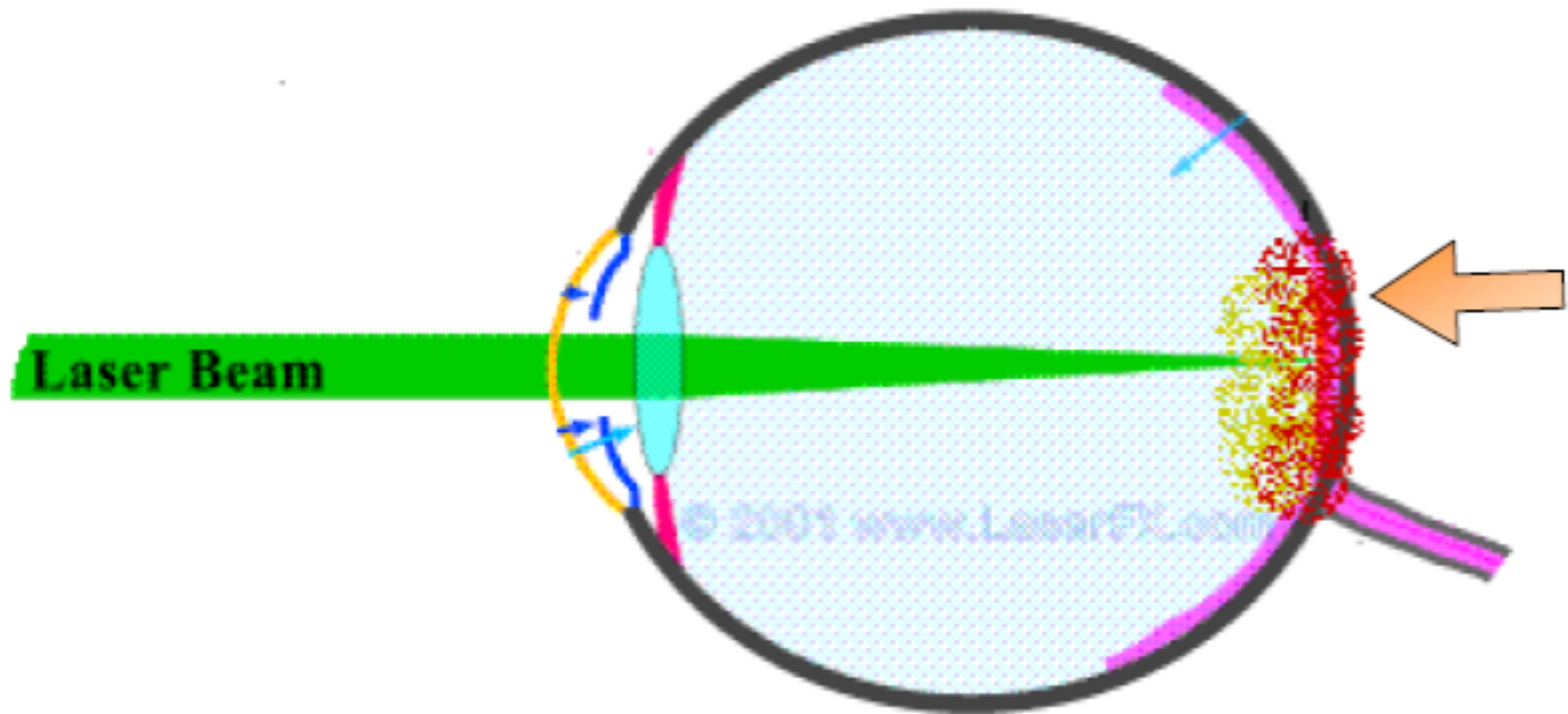
1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

RADIAZIONE LASER

Regione spettrale CIE*	Occhio	Pelle	
Ultravioletto C (da 180 nm a 280 nm)	Fotocheratite	Eritema (bruciatura della pelle)	Processo accelerato di invecchiamento della pelle
Ultravioletto B (da 280 nm a 315 nm)		Aumento della pigmentazione	
Ultravioletto A (da 315 nm a 400 nm)	Cataratta fotochimica	Colore più intenso della pigmentazione, reazione di fotosensibilità	
Visibile (da 400 nm a 780 nm)	Lesione fotochimica e termica della retina		
Infrarosso A (da 780 nm a 1400 nm)	Cataratta e bruciatura della retina		
Infrarosso B (da 1400 nm a 3000 nm)	Infiammazione acquosa, cataratta, bruciatura della cornea		
Infrarosso C (da 3000 nm a 1 mm)	Bruciatura della sola cornea		

Radiazioni Ottiche Artificiali



DANNO RETINICO (FOTOTERMICO + FOTOCHIMICO)

DIRETTIVA 2006/25/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 5 aprile 2006

sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (radiazioni ottiche artificiali) (diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)

IL PARLAMENTO EUROPEO E IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,

visto il trattato che istituisce la Comunità europea, in particolare l'articolo 137 paragrafo 2

(2) La comunicazione della Commissione sul suo programma d'azione per l'attuazione della Carta comunitaria dei diritti sociali fondamentali dei lavoratori prevede l'introduzione di prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici. Nel settembre 1990, il Parlamento europeo ha adottato una risoluzione su

Radiazioni Ottiche Artificiali

a)
$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{eff} è pertinente solo nell'intervallo da 180 a 400 nm)

b)
$$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{UVA} è pertinente solo nell'intervallo da 315 a 400 nm)

c), d)
$$L_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (L_B è pertinente solo nell'intervallo da 300 a 700 nm)



Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ GLOSSARIO

▶ **DISTANZA E ZONA NOMINALE DI RISCHIO OCULARE (ZNRO):**

▶ **zona all'interno della quale il livello della radiazione è superiore all' esposizione massima ammissibile. All'interno di questa zona si possono avere danni oculari.**

▶ **PER UN LASER COMUNEMENTE USATO IN FISIOTERAPIA PUO' ESSERE ANCHE SUPERIORE A 10 METRI !!!**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► SISTEMA DI PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI OTTICHE

In generale si basa sui seguenti punti:

- definizione di limiti di esposizione (in termini di W/m^2 o assimilati)
- uso di barriere protettive per le ottiche (contenimento della ZNRO)
- assenza di superfici speculari
- uso della segnaletica
- uso di idonei DPI (occhiali antilaser, occhiali opachi per pz in fototerapia)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

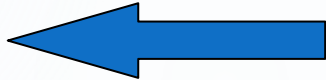
Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Classificazione dei laser (previgente):

► **CLASSE 1:** intrinsecamente sicuri: l'EMP non può essere MAI superata (potenza bassa o laser interamente CHIUSO in un contenitore con interlock). $P < 0.4 \mu\text{W}$ nel visibile

► **CLASSE 2:** radiazione visibile con potenza $< 1\text{mW}$. Normalmente il riflesso di chiusura delle palpebre (0.25 s) è sufficiente per la protezione dell'occhio



► **puntatori**

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Classificazione dei laser (previgente):

- **CLASSE 3A:** radiazione visibile CW con potenza $< 5\text{mW}$ e intensità < 2.6 mW/cm^2 (non più di 1 mW passi attraverso un'apertura di 7 mm di diametro). Pericolosi se visti tramite strumenti ottici.
- **CLASSE 3B:** radiazione visibile o invisibile, CW o impulsata. La visione diretta o tramite riflessione speculare e' SEMPRE pericolosa ma in certe circostanze possono essere visti tramite riflessione diffusa
- **CLASSE 4:** laser di potenza. Danni da riflessioni diffuse. Danni alla pelle. Pericoli di incendio



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► SICUREZZA LASER - PROCEDURE

► **FISIOTERAPIA : CLASSE 3B**

- ambiente confinato da barriere opache (DNRO),
- assenza di superfici riflettenti all'interno della sala o del box
- un solo paziente per volta, munito di occhiali
- uso di occhiali solo se l' operatore deve restare entro il box
- chiave di blocco
- uso della segnaletica a norma di legge per l'individuazione della parte emittente dell'apparecchio e del sito
- L' idoneità del sito, della sorgente e dei DPI deve essere verificata dalla U.O. Fisica Sanitaria prima della entrata in esercizio



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

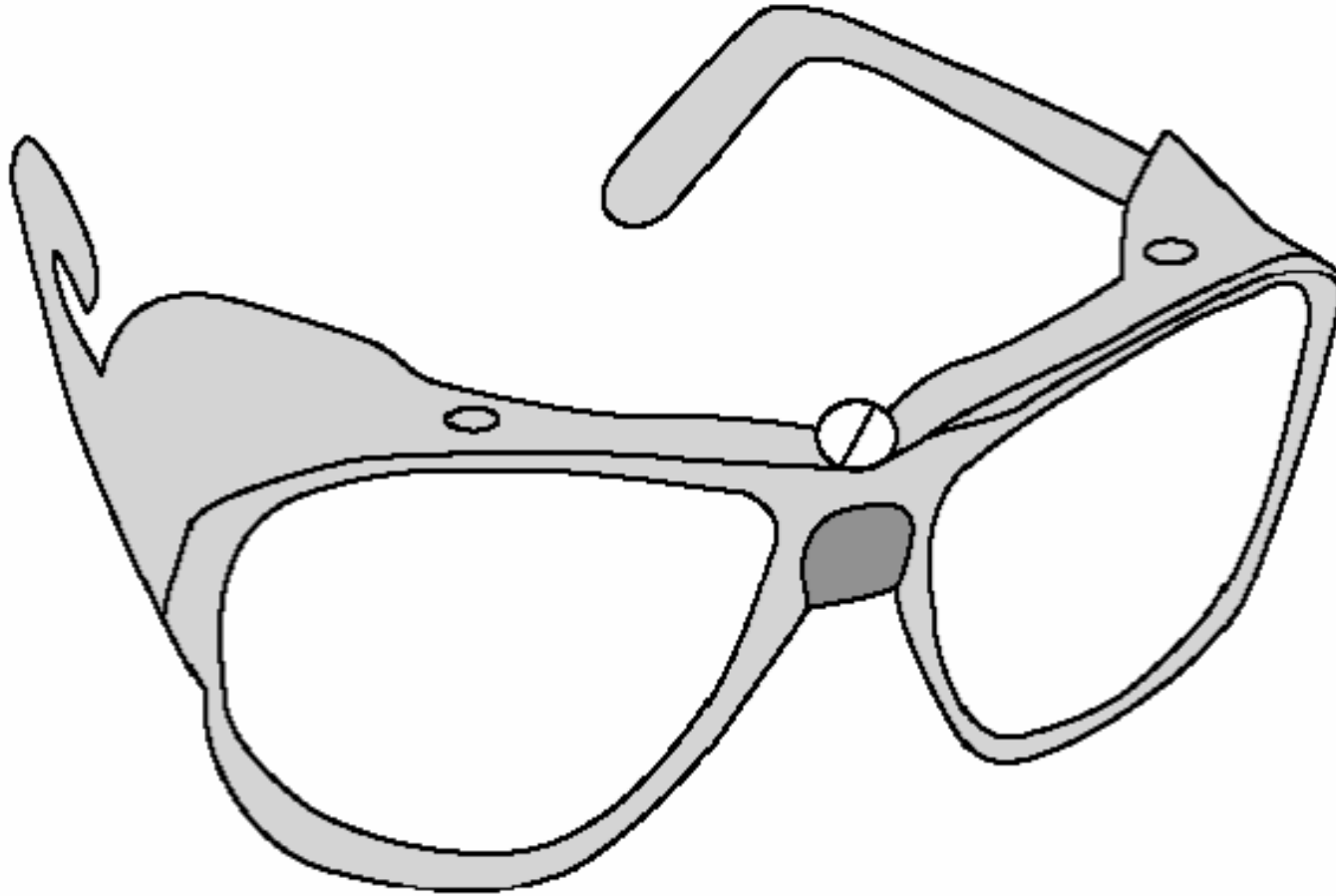
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► LASER - DPI (norma CEI EN 207)



Radiazioni Ottiche Artificiali

► LASER – SEGNALETICA



Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ Si riporta un estratto di quanto indicato dalle **indicazioni operative dell'ex-ISPEL**:
- ▶ *Se le sorgenti non sono giustificabili, la valutazione senza misurazioni può essere effettuata quando si è in possesso di dati tecnici forniti dal fabbricante (comprese le classificazioni delle sorgenti o delle macchine secondo le norme tecniche pertinenti), o di dati in letteratura scientifica o di dati riferiti a situazioni espositive analoghe.*
- ▶ *Anche l'analisi preliminare della situazione lavorativa e della sorgente talvolta permettono di evitare la necessità di effettuare le misure. In questo caso, in generale è necessario conoscere e riportare nel documento di valutazione dei rischi:*
 - *il numero, la posizione e la tipologia delle sorgenti da considerare,*
 - *la possibilità di riflessioni (scattering) della radiazione da pareti, apparecchiature, oggetti contenuti nell'ambiente;*



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- *i dati spettrali della sorgente; lo spettro può essere determinato ricavandolo dalle specifiche tecniche fornite dal costruttore;*
- *se l'emissione della sorgente è costante o variabile;*
- *la distanza operatore-sorgente e le caratteristiche del campo visivo professionale;*
- *il tempo di permanenza dell'operatore nella posizione esposta.*
- *A titolo di esempio le misure o i calcoli non si rendono necessari:*
- *nel caso delle **saldatrici ad arco**, dove è noto che con qualsiasi corrente di saldatura e su qualsiasi supporto i tempi per cui si raggiunge una sovraesposizione per il lavoratore addetto risultano dell'ordine delle decine di secondi. Pertanto, pur essendo il rischio estremamente elevato, l'effettuazione delle misure e la determinazione esatta dei tempi di esposizione è del tutto superflua per l'operatore addetto; ulteriori valutazioni possono essere richieste se l'addetto alla saldatura deve essere assistito da altro personale o opera in prossimità di altri;*
- *nel caso di sorgenti classificate in accordo con lo standard UNI EN 12198:2009 (per le macchine) o lo standard CEI EN 62471:2009 (lampade o sistemi di lampade) dove i dati di classificazione consentono una ragionevole valutazione dei livelli di esposizione.*



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti

Ing. Michele Di Pasquale

10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti**
- ▶ **Radiazione:** Propagazione di energia attraverso lo spazio in forma di onde o particelle
- ▶ **Radiazione elettromagnetica:** Sistema di onde di energia elettrica e magnetica tra loro ortogonali che si propagano insieme nello spazio alla velocità della luce
- ▶ **Radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti (NIR):** Radiazioni e.m. la cui energia non è sufficiente ad estrarre elettroni da un atomo o da una molecola (fenomeno della ionizzazione)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

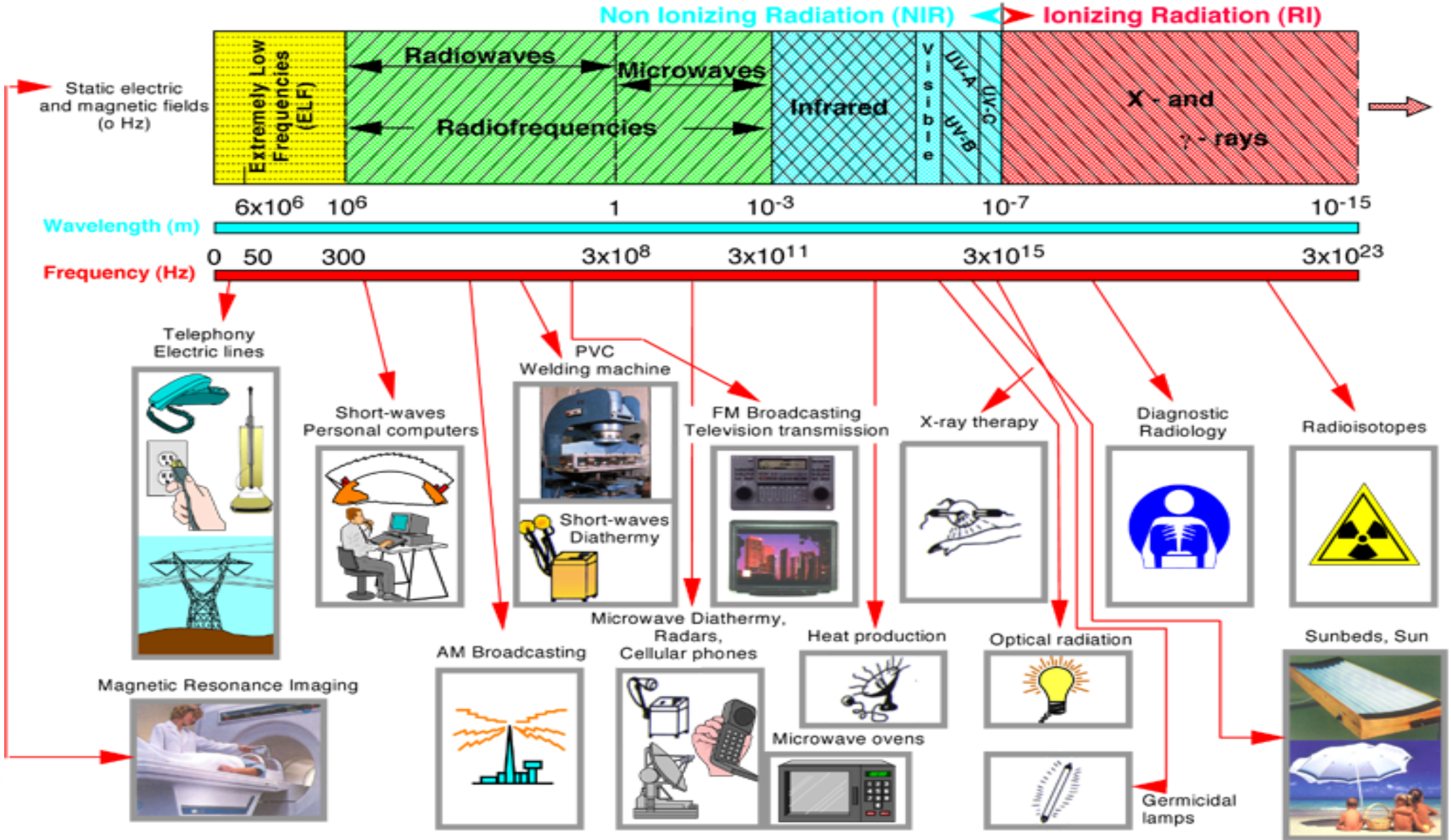
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Elettromagnetiche non ionizzanti

ELECTROMAGNETIC RADIATION AND SOME TYPICAL APPLICATIONS



Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ Onde elettromagnetiche

- ▶ Consistono di :
 - **campo elettrico (E)**
 - **campo magnetico (H)**
- ▶ che si propagano insieme alla velocità della luce
 - $c = 300.000 \text{ km/s}$**
- ▶ Tali onde sono caratterizzate da:
 - **frequenza (ν)** = numero di oscillazioni per unità di tempo. La frequenza viene misurata in **Hertz**
 - ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo al secondo}$);
 - **lunghezza d'onda ($\lambda = c/\nu$)** = distanza percorsa dall'onda in un ciclo
- ▶ - Andreuccetti D, Poli M e Zanichelli P (1998). Elementi di fisica delle onde elettromagnetiche e nozioni di base sugli indicatori di rischio. Pubblicato sugli Atti del Convegno nazionale dBA-1998m “Dal rumore ai rischi fisici”.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

CAMPI ELETTRICI

- ▶ sono prodotti dalle cariche elettriche
- ▶ la loro intensità si misura in V/m
- ▶ l'intensità dei campi elettrici è massima vicino alla sorgente e diminuisce con la distanza
- ▶ possono essere schermati da alcuni comuni materiali (legno, metallo).



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

CAMPI MAGNETICI

- ▶ sono prodotti dalle cariche elettriche in movimento
- ▶ La loro intensità si misura in Ampere al metro (A/m) o in Tesla (T)
- ▶ I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza
- ▶ Non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Il campo elettromagnetico

- Un campo magnetico variabile nel tempo genera nello spazio circostante un campo elettrico.
- Un campo elettrico variabile nel tempo genera nello spazio circostante un campo magnetico.
- Quando la rapidità con cui i campi variano nel tempo è elevata, il campo elettrico e il campo magnetico sono intimamente connessi tanto da formare un'unica entità fisica, il campo elettromagnetico.

Polichetti A.(2003) “Tutela dell'inquinamento elettromagnetico:Le nuove disposizioni.”ISS



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

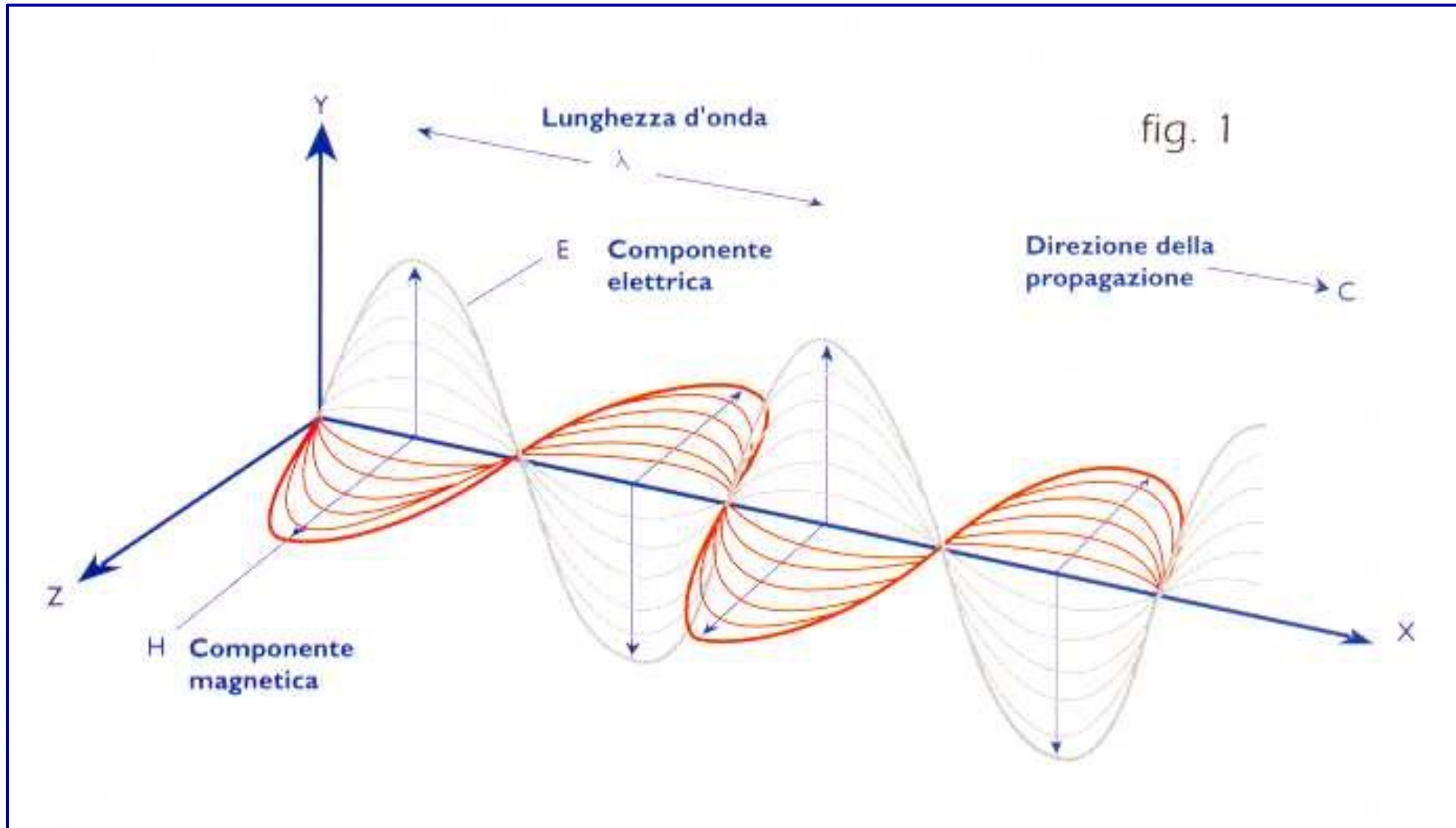
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Onda elettromagnetica



Lo spettro delle onde elettromagnetiche

Lo spettro delle onde elettromagnetiche				
Denominazione		Sigla	Frequenza	Lunghezza d'onda
Frequenze estremamente basse		ELF (extremely low frequency)	0-3 kHz	∞ - 100 km
Frequenze bassissime		VLF (very low frequency)	3-30 kHz	100-10 km
Radio frequenze (RF)	Frequenze basse (onde lunghe)	LF (low frequency)	30 - 300 kHz	10-1 km
	Medie frequenze (onde medie)	MF (medium frequency)	300kHz-3 MHz	1km-100m
	Alte frequenze	HF (high frequency)	3-30 MHz	100-10m
	Frequenze altissime (onde metriche)	VHF (very high frequency)	30- 300 MHz	10-1m
Microonde (MO)	Onde decimetriche	UHF (ultra high frequency)	300MHz-3GHz	1m-10cm
	Onde centimetriche	SHF (super high frequency)	3-30GHz	10-1cm
	Onde millimetriche	EHF (extremely high frequency)	30-300GHz	1cm-1mm
Infrarosso		IR (infra red)	0.3-385THz	1000-0.78mm
Luce visibile			385-750THz	780-400nm
ultravioletto		UV (ultra violet)	750-3000THz	400-100nm
Radiazioni ionizzanti		(X, gamma)	>3000THz	<100nm



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ Radiazioni ionizzanti:
- ▶ raggi X, raggi γ hanno una frequenza >3000 THz
($\lambda < 100$ nm)

I raggi X e gamma sono radiazioni elettromagnetiche a piccolissima lunghezza d'onda; essi si differenziano per la diversa origine.

Infatti i raggi X sono fotoni che vengono generati nei fenomeni di riassetamento dei livelli elettronici dell'atomo; i raggi gamma si formano invece dai fenomeni di riassetamento del nucleo.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

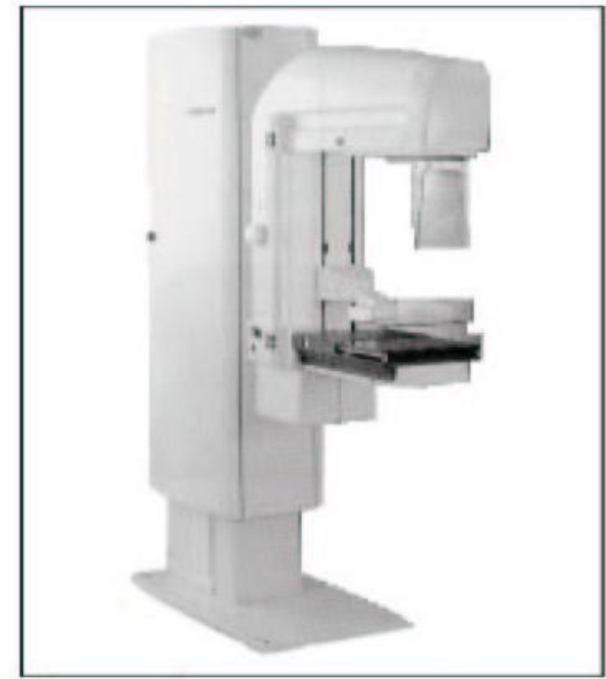
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Effetti chimici e biologici delle radiazioni**
- ▶ Le radiazioni determinano la formazione di radicali liberi. Inoltre, la ionizzazione che avviene all'interno della cellula può causare un danno diretto al DNA nel nucleo della cellula stessa.
- ▶ Per questi motivi le radiazioni ionizzanti sono cancerogene.
- ▶ - Paul A Tipler (1998). Invito alla fisica B. Casa Editrice Zanichelli

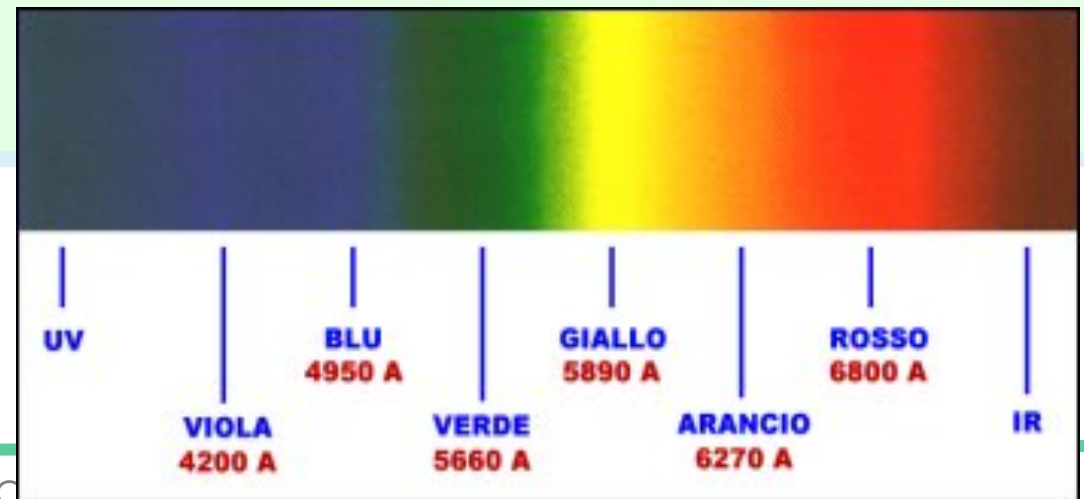


Mammografo

Radiazioni Ottiche Artificiali

Radiazione ottica (non ionizzante):

- ▶ **IR (radiazione infrarossa):** frequenza compresa tra 300 e 385000 GHz ($\lambda = 1 \text{ mm}-780 \text{ nm}$)
- ▶ **Luce visibile:** frequenza compresa tra 385000 e 750000 GHz ($\lambda = 780-400 \text{ nm}$)
- ▶ **UV (radiazione ultravioletta):** frequenza compresa tra 750 e 3000THz ($\lambda = 400 - 100 \text{ nm}$)



Radiazioni Ottiche Artificiali

► Radiazione infrarossa

E' quella parte dello spettro elettromagnetico che si trova tra le microonde e il prolungamento del visibile dalla parte del rosso ($0.8 \mu\text{m}$), prende il nome di radiazione infrarossa (IR); vengono applicate in astronomia, in medicina e apparecchiature di uso domestico (telecomandi, antifurto).

► Luce visibile

È l'intervallo di frequenze che può essere percepito dall'occhio umano. Al variare della frequenza all'interno dello spettro luminoso, varia il modo con cui queste vengono percepite dall'occhio umano: questo fenomeno origina i diversi colori quali il violetto, il blu, il verde, il giallo, l'arancione, il rosso.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

► Radiazione ultravioletta

E' quella parte dello spettro elettromagnetico che si trova tra il visibile e i raggi X. La principale sorgente è il Sole.

La radiazione ultravioletta è cancerogena (tumori della pelle).

Radiazioni Ottiche Artificiali

Sorgenti ambientali dei campi elettromagnetici non ionizzanti non ottici					
Banda di frequenza	Sorgente	Tipo di emissione	Tipo di esposizione	Campi emessi	Zona di misura
Basse frequenze Fino a 3kHz	Produzione, trasporto e distribuzione delle energia elettrica	accidentale	Outdoor	Elettrico e magnetico	Campi reattivi
	Utilizzo dell'energia elettrica		Indoor	magnetico	
	Varchi magnetici	Intenzionale localizzata			
Frequenze intermedie Da 3kHz a 3 MHz	Sistemi domestici per la cottura ad induzione magnetica	Intenzionale localizzata	Indoor	magnetico	Campi reattivi
	Varchi magnetici				
	Emittenti radiofoniche ad onde medie	Intenzionale a diffusione	Outdoor	Elettrico e magnetico	
Alte frequenze oltre 3 MHz	Varchi magnetici	Intenzionale localizzata	Indoor	Magnetico (ed elettrico)	Campi reattivi
	Emittenti radiofoniche a modulazione di frequenza	Intenzionale a diffusione	Outdoor	Elettro-magnetico	Campi radiativi
	Emittenti televisive VHF e UHF				
	Stazioni radiobase per la telefonia cellulare				
	Ponti radio	Intenzionale focalizzata			
	Radioaiuti alla navigazione aerea (radar, radiofari)				



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **RF: radio frequenze** , hanno una frequenza compresa tra 30kHz- 300MHz ($\lambda = 10\text{km}-1\text{m}$)
- ▶ **MW: micro wave, microonde**, hanno una frequenza compresa tra 300MHz e 300 GHz ($\lambda = 1\text{m}-1\text{mm}$)
- ▶ **Varchi magnetici**
- ▶ **Emittenti radiofoniche a modulazione di frequenza**
- ▶ **Emittenti televisive VHF e UHF**
- ▶ **Stazioni radiobase per la telefonia cellulare**
- ▶ **Ponti radio**
- ▶ **Radioaiuti alla navigazione aerea**
- ▶ **(radar, radiofari)**
- ▶ - Guerriero A (2001). Campi elettromagnetici, metodi di misura, identificazione, valutazione e riduzione del livello del rischio.



Radiazioni Ottiche Artificiali

Frequenze intermedie da 3kHz a 3 MHz

VLF (very low frequency) 3-30 kHz

LF (low frequency) 30 – 300 kHz

MF (medium frequency) 300kHz-3 MHz



Sistemi domestici per la cottura ad induzione magnetica

Varchi magnetici

Emittenti radiofoniche ad onde medie

- Guerriero A (2001). Campi elettromagnetici, metodi di misura, identificazione, valutazione e riduzione del livello del rischio.

Radiazioni Ottiche Artificiali

Frequenze estremamente basse

ELF:Extremely Low Frequency hanno una frequenza compresa tra 0-3 kHz

($\lambda = \infty - 100 \text{ km}$)



- Produzione, trasporto e distribuzione delle energia elettrica (centrali, cabine, elettrodotti aerei ed interrati), Utilizzo dell'energia elettrica (impianti elettrici ed apparecchi utilizzatori) Varchi magnetici (sistemi antifurto e per la rilevazione dei transiti)

- - Guerriero A (2001). Campi elettromagnetici, metodi di misura, identificazione, valutazione e riduzione del livello del rischio.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Classificazione degli effetti sanitari dei campi elettromagnetici non ionizzanti non ottici**
- ▶ **Effetti sanitari a breve termine:**
 - **connessi a brevi esposizioni ad alti livelli di campo**
 - **scientificamente accertati**



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Classificazione degli effetti sanitari dei campi elettromagnetici non ionizzanti non ottici**

- ▶ **Effetti sanitari a lungo termine:**
 - **connessi a esposizioni prolungate a bassi livelli di campo**
 - **non accertati dalla ricerca scientifica**

- ▶ - Polichetti, A.(2000) “Campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici: valutazione e percezione del rischio. Normative”ISS
- ▶ - Polichetti A.(2003) “Tutela dell’inquinamento elettromagnetico:Le nuove disposizioni.”ISS



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Effetti a breve termine

- Effetti di stimolazione dei tessuti muscolari e nervosi elettricamente eccitabili da parte delle correnti elettriche indotte nel corpo umano da campi elettrici e magnetici esterni
- (prevalenti alle frequenze più basse).
- Effetti termici connessi al riscaldamento dei tessuti del corpo umano da parte dell'energia elettromagnetica convertita in calore all'interno del corpo umano
- (prevalenti alle frequenze più alte).

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Effetti biologici determinati dai CEM

Effetti microscopici (su scala cellulare) a breve termine dei CEM a bassa frequenza (ELF & VLF):

- È stata individuata una possibile relazione tra i livelli di esposizione ai CEM a frequenza di rete (50-60Hz) e l'insorgenza di tumori, nella popolazione oggetto di studio, esposta a livelli di campo magnetico superiori a $0.2 \mu\text{Tesla}$ (Feychting M and Ahlbom A, 1993)
- Ulteriori studi hanno confutato tali conclusioni, portando come motivazione il modo semplicistico di esecuzione di tali studi
- (numero esiguo di casi di neoplasia, estensione dei luoghi dove risiedono gli individui oggetto di studio molto vasto, ecc.)
- (McBride et al 1999)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ Effetti biologici determinati dai CEM

Effetti macroscopici, a breve termine, dovuti all'esposizione a campi elettromagnetici a bassa frequenza (ELF & VLF):

- ▶ L'accoppiamento tra un campo elettrico o magnetico a bassa frequenza ed il corpo umano determina la stimolazione delle cellule nervose e muscolari, il formicolio della pelle dovuto alla vibrazione dei peli e l'induzione di cariche superficiali
- ▶ In caso di esposizione ad un intenso campo magnetico statico, cioè non variante nel tempo, si possono verificare sensazioni di vertigini o nausea
- ▶ Sono possibili effetti indiretti quali, la fastidiosa sensazione di scariche elettriche e le bruciature superficiali dovute al contatto con oggetti metallici immersi in un campo elettrico o magnetico di rilevante intensità



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

Effetti macroscopici a breve termine, dovuti all'esposizione a CEM ad alta frequenza (RF & MW):

- ▶ Riscaldamento di un qualsiasi tessuto che contiene acqua, con relativo aumento di temperatura (es. riscaldamento dovuto all'esposizione di tessuti umani alle microonde).
- ▶ L'innalzamento di temperatura si traduce in disturbi ed alterazioni a livello fisiologico (percezioni sonore impulsive, nei piloti dell'aeronautica).

Effetti microscopici (su scala cellulare) a breve termine dei CEM ad alta frequenza (RF & MW):

- ▶ Modifica della permeabilità della membrana agli ioni
- ▶ Modifica del potenziale di superficie di membrana ; aumento complessivo medio delle dimensioni dei canali e del loro numero (sempre dovuto all'aumento della temperatura a livello cellulare)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti

Ing. Michele Di Pasquale

10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Effetti termici** si verificano quando viene assorbita una sufficiente quantità di energia in grado di determinare un aumento di T di almeno $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ▶ **Effetti atermici** si verificano quando la quantità di energia assorbita è tale da causare un potenziale aumento di T, ma tale aumento non si verifica, a causa di fenomeni di autoregolazione endogena
- ▶ **Effetti non termici** si verificano quando l'energia assorbita non è sufficiente ad indurre delle modificazioni T



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ Grandezze dosimetriche (limiti di base):
- ▶ **J** (densità di corrente, A/m^2)
- ▶ **SAR** (potenza elettromagnetica assorbita dall'unità di massa corporea, W/kg)
- ▶ Grandezze radiometriche (livelli di riferimento):
- ▶ **E** (campo elettrico, V/m)
- ▶ **H** (campo magnetico, A/m)
- ▶ **B** (induzione magnetica, T o mT)
- ▶ **S** (densità di potenza, mW/cm^2)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Stimolazione dei tessuti muscolari e nervosi elettricamente eccitabili**
- ▶ Si tratta di effetti a soglia: perché si verifichi la stimolazione la densità di corrente elettrica deve essere maggiore di un determinato valore.
- ▶ Questa circostanza permette di fissare dei limiti di esposizione finalizzati alla totale prevenzione di questi effetti.
- ▶ Fibrillazione ventricolare $J > 1000 \text{ mA/m}^2$ (a 50 Hz)
- ▶ Stimolazione dei nervi periferici $J > 100 \text{ mA/m}^2$ (a 50 Hz)
- ▶ - Polichetti, A.(2000) “Campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici: valutazione e percezione del rischio. Normative”ISS
- ▶ - Polichetti A.(2003) “Tutela dell’inquinamento elettromagnetico:Le nuove disposizioni.”ISS



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

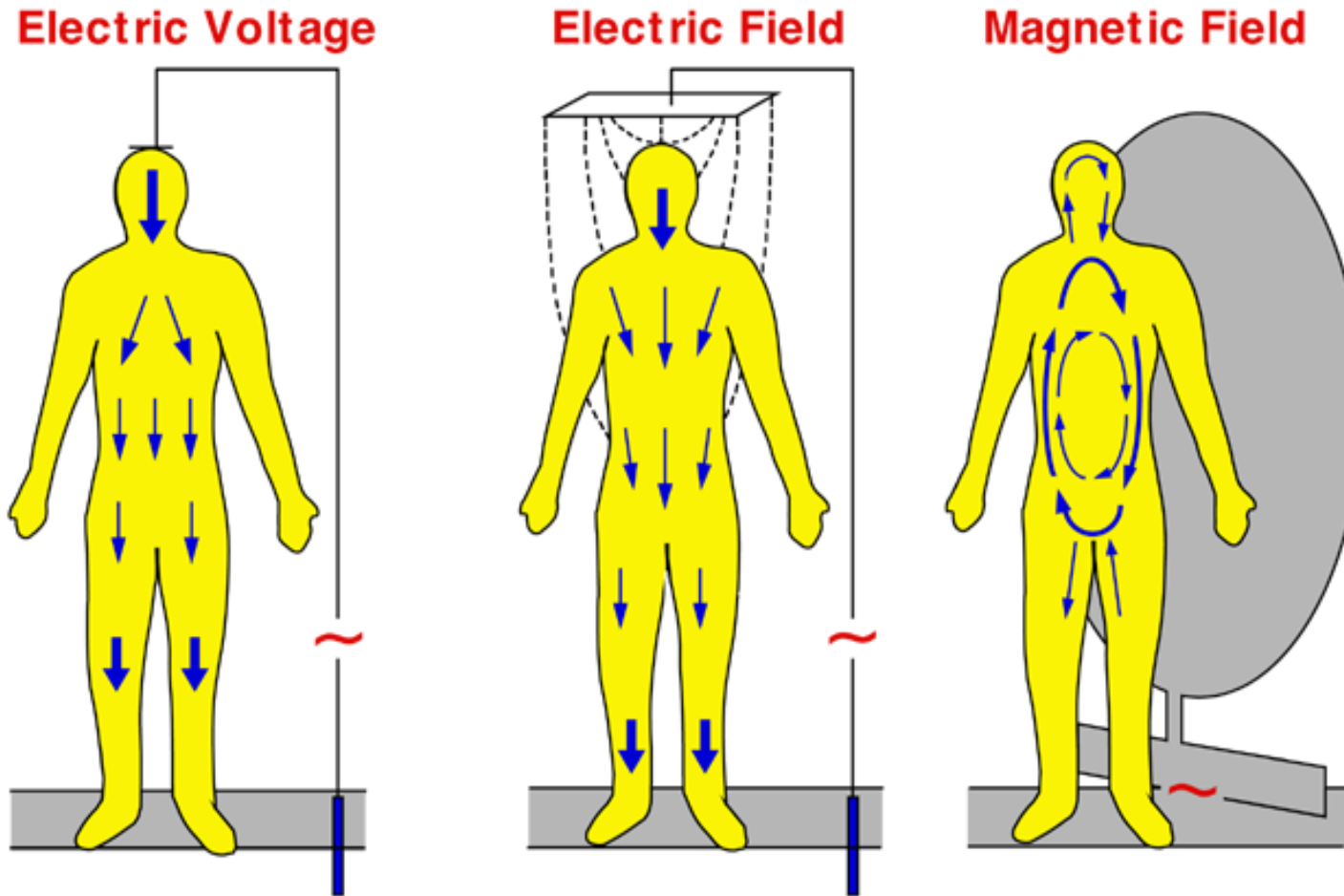
MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Induzione di correnti elettriche nel corpo umano



Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ Effetti termici

▶ Effetti a soglia:

- ▶ affinché la temperatura dei tessuti costituenti il corpo umano aumenti significativamente, il calore generato per assorbimento di energia elettromagnetica deve essere tale che il sistema termoregolatore non riesca a smaltirlo efficientemente.
- ▶ Studi sperimentali su animali mostrano effetti sul comportamento per $SAR > 4 \text{ W/kg}$.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ Effetti a soglia:
- ▶ è in linea di principio possibile la totale eliminazione del rischio.
- ▶ Effetti privi di soglia:
- ▶ non è possibile una totale eliminazione del rischio, ma solo la sua riduzione ad un livello “accettabile”.
- ▶ - Polichetti, A.(2000) “Campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici: valutazione e percezione del rischio. Normative”ISS
- ▶ - Polichetti A.(2003) “Tutela dell’inquinamento elettromagnetico:Le nuove disposizioni.”ISS



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

► Limiti di base e livelli di riferimento

- Limiti di base sulle grandezze dosimetriche
 - Livelli di riferimento sui campi esterni
 - Un'esposizione al di sotto dei livelli di riferimento garantisce il rispetto dei limiti di base
 - Il superamento dei livelli di riferimento non comporta necessariamente la violazione dei limiti di base
-
- - Polichetti A.(2003) “Tutela dell'inquinamento elettromagnetico:Le nuove disposizioni.”ISS
 - - IEEE – Entity Position Statement, “Human exposure to radiofrequency fields from portable and mobile telephones and other communication devices”,
 - - IEE United States Activities Board, december 1992.IEGMP – Independent Expert Group on Mobile Phones – 2000. Chairman Sir William Stewart

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Limiti Di Base (ICNIRP)

Frequenze	Lavoratori			Popolazione		
	J (mA/m ²)	SAR (W/kg)	P (W/m ²)	J (mA/m ²)	SAR (W/kg)	P (W/m ²)
Fino a 1 Hz	40	---	---	8	---	---
1 – 4 Hz	40/f	---	---	8/f	---	---
4 Hz – 1 kHz	10	---	---	2	---	---
1 – 100 kHz	f/100	---	---	f/500	---	---
100 kHz – 10 MHz	f/100	0.4	---	f/500	0.08	---
10 MHz – 10 GHz	---	0.4	---	---	0.08	---
10 – 300 GHz	---	---	50	---	---	10

Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ Livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP

▶ 50 Hz

▶ Lavoratori

▶ Campo elettrico 10 kV/m

▶ Induzione magnetica 500 mT

▶ Popolazione

▶ Campo elettrico 5 kV/m

▶ Induzione magnetica 100 mT



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Effetti a lungo termine dei campi elettrici e magnetici ELF

Le evidenze scientifiche di possibili effetti a lungo termine, in particolare la cancerogenicità, dei campi elettrici e magnetici ELF sono state ricercate per mezzo di:

- studi epidemiologici;
- studi sperimentali *in vivo* su animali;
- studi sperimentali *in vitro* su campioni cellulari.

- Ahlbom A, Day N, Feychting M, et al (2000). A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. Br J Cancer, 83, 692-8.
- NRPB (2001). ELF electromagnetic fields and the risk of cancer. Doc NRPB volume 12, No 1 2001



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ La classificazione della IARC

- ▶ **1** L'agente è **cancerogeno** per l'uomo
- ▶ **2A** L'agente è **probabilmente cancerogeno** per l'uomo
- ▶ **2B** L'agente è **possibilmente cancerogeno** per l'uomo
- ▶ **3** L'agente **non è classificabile** per quanto riguarda la cancerogenesi nell'uomo
- ▶ **4** L'agente è **probabilmente non cancerogeno** per l'uomo



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ Gli studi su animali da esperimento non hanno mostrato un consistente effetto cancerogeno o co-cancerogeno delle esposizioni ai campi magnetici ELF (evidenza inadeguata).
- ▶ Sebbene molte ipotesi siano state avanzate per spiegare possibili effetti cancerogeni dei campi elettrici e magnetici ELF, non è stata individuata nessuna spiegazione scientifica attendibile.
- ▶ -NRPB (2001). ELF electromagnetic fields and the risk of cancer. Doc NRPB volume 12, No 1 2001
- ▶ - WHO, Electromagnetic Fields 300 Hz-300 GHz, Environmental Health Criteria No. 137, World Health Organization, Geneva 1993 (Esauriente rassegna della fisica e degli effetti biologici dei campi elettromagnetici prodotti dai VDU).



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Normativa Nazionale ed Europea

1998 Decreto Interministeriale n. 381 10 settembre 1998

valori limite di esposizione nell'intervallo di frequenza compresa fra 100 kHz e 300 GHz.

I limiti di esposizione fissati da suddetto decreto non si applicano ai lavoratori

Ambienti in cui la permanenza supera le 24 ore: 6 V/m
campo elettrico 0.016 A/m campo magnetico

1999 Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea 12 luglio 1999
relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.

Radiazioni Ottiche Artificiali

► Normativa Nazionale ed Europea

2001 Legge Quadro n. 36 22 febbraio 2001. Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

2003 Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003
fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.

2003 Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003
fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 Edizione - Anno Accademico 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici**
- ▶ **(Legge 22 febbraio 2001, n. 36)**
- ▶ Prevede la protezione sia dei lavoratori che della popolazione, introducendo:
 - limiti d'esposizione
 - valori d'attenzione
 - obiettivi di qualità
- ▶ ..Polichetti A.(2003) "Tutela dell'inquinamento elettromagnetico:Le nuove disposizioni."ISS
- ▶ ..Bevitori Paolo (1998). Inquinamento elettromagnetico: aspetti tecnici sanitari e normativi. Maggioli Editore – Rimini 1998.
- ▶ ..Franchi A, Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente Settore Controllo e Monitoraggio dell'Inquinamento Acustico ed Elettromagnetico (2001). Le onde elettromagnetiche : Rischi e certezze, AIEP EDITORE



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1 EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Limiti di esposizione, valori di attenzione; obiettivi di qualità**
- ▶ **limiti di esposizione**
- ▶ valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli *effetti acuti*
- ▶ **valori di attenzione**
- ▶ valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili *effetti di lungo periodo*



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ **Limiti di esposizione, valori di attenzione; obiettivi di qualità**
- ▶ **obiettivi di qualità**
- ▶ valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili *effetti di lungo periodo*



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

- ▶ Gli effetti sanitari **a lungo termine *non sono stati accertati***, e le evidenze scientifiche sono molto poche, nonostante il grande numero di studi epidemiologici e di laboratorio effettuati.
- ▶ Le evidenze più consistenti si riferiscono a un aumento del rischio di leucemia infantile in relazione ad esposizioni residenziali a campi magnetici a 50 Hz.

Tali evidenze sono considerate credibili ma spiegazioni alternative non possono essere escluse, per questo la IARC ha classificato i campi magnetici ELF come possibilmente cancerogeni.

L'adozione di una politica cautelativa di riduzione delle esposizioni:

- è resa complessa dal fatto che non siamo a conoscenza di soglie per gli effetti a lungo termine;
- dovrebbe basarsi su analisi di rischio fondate scientificamente;
- in essa intervengono anche considerazioni di tipo sociale, politico ed economico.



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ Dosimetria

- ▶ Con il termine dosimetria si intende l'insieme degli studi volti a determinare quanto campo elettromagnetico penetra in un corpo biologico, in una assegnata situazione di esposizione.
- ▶ L'unità di misura è il **SAR**
- ▶ SAR
- ▶ **Specific Absorption Rate**
- ▶ (Rateo di Assorbimento Specifico)



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria

Radiazioni Ottiche Artificiali

▶ SAR

▶ **Specific Absorption Rate** - (Rateo di Assorbimento Specifico)

$$1\text{SAR} = \frac{1}{2\rho} E^2$$

Dove: ρ è la densità della materia investita
 σ è la conducibilità magnetica

Per una misurazione più accurata:

$$\frac{1}{V} \int \frac{\sigma(x, y, z)}{2\rho(x, y, z)} E^2(x, y, z) dV$$

$$1\text{SAR}_{\text{medio}} =$$



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

1ª EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Radiazioni ottiche artificiali coerenti ed incoerenti
Ing. Michele Di Pasquale
10/06/2016 - Modulo A.1: Organizzazione sanitaria



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

I EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Modulo A.1: Organizzazione sanitaria
(Formazione di base)

GRAZIE

Ing. Michele Di Pasquale
Libero professionista

E-mail: m.dipasquale@libero.it

Docente, nome cognome

Organizzato da



10/06/2016

In collaborazione con

