



# **INTRODUZIONE ALLA SPERIMENTAZIONE**

## **La Sicurezza Elettrica nel Laboratorio**



# Argomenti

- Pericolosità della corrente elettrica
- Isolamento, massa, contatti
- Interruttore differenziale
- Marchi IMQ e CE
- Soccorsi d'urgenza



## Pericolosità della corrente elettrica

- Normalmente si è abituati a far riferimento alla **tensione** quale causa dei danni (infatti si leggono o si ascoltano frasi del tipo: "... è rimasto folgorato da un a scarica a 20.000 volt")
- In realtà, anche se è dalla tensione che parte il meccanismo, quella che produce direttamente i danni è la **corrente**
- E' la corrente elettrica che, **attraversando il corpo umano**, provoca danni in funzione del suo **valore** e dalla **durata** del fenomeno

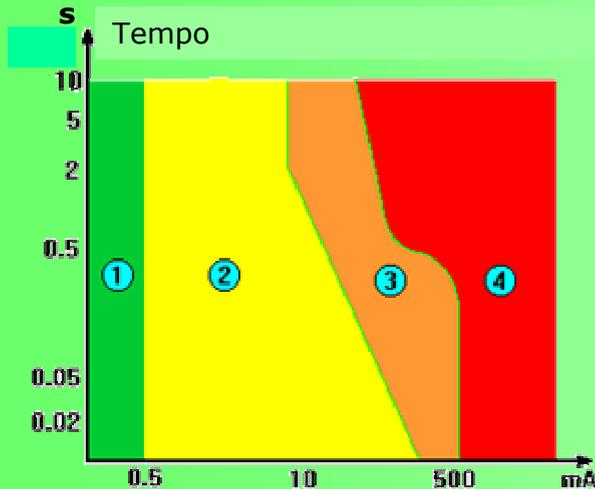


## Conseguenze di una scarica elettrica

- La **tetanizzazione** si ha quando i muscoli rimangono contratti fino a quando il passaggio di corrente elettrica non cessa: il soggetto è incapace di eseguire movimenti può rimanere attaccato alla parte in tensione
- Per correnti più alte può intervenire **l'arresto della respirazione**
- Il cuore funziona grazie a stimoli elettrici, pertanto una corrente elettrica esterna può alterare il suo funzionamento fino alla **fibrillazione ventricolare**
- La corrente elettrica, per **effetto Joule**, riscalda le parti attraversate provocando **ustioni**



# Conseguenze di una scarica elettrica



Frequenza compresa  
tra i 15 e i 100 Hz

- **zona 1** - al di sotto di 0,5 mA la corrente elettrica non viene percepita
- **zona 2** - la corrente elettrica viene percepita senza effetti dannosi
- **zona 3** - si possono avere tetanizzazione e disturbi reversibili al cuore, aumento della pressione sanguigna, difficoltà di respirazione
- **zona 4** - si può arrivare alla fibrillazione ventricolare e alle ustioni



## Pericolosità elettrica:

Il corpo umano viene a contatto contemporaneamente con una sorgente a  $V_>$  ed una a  $V_<$ ; completando un circuito che fa passare un flusso di corrente elettrica attraverso il corpo

### Pericoli maggiori:

- Densità di corrente elevate
- Densità di corrente critiche per organi vitali (cuore, cervello)

### Corpo umano:

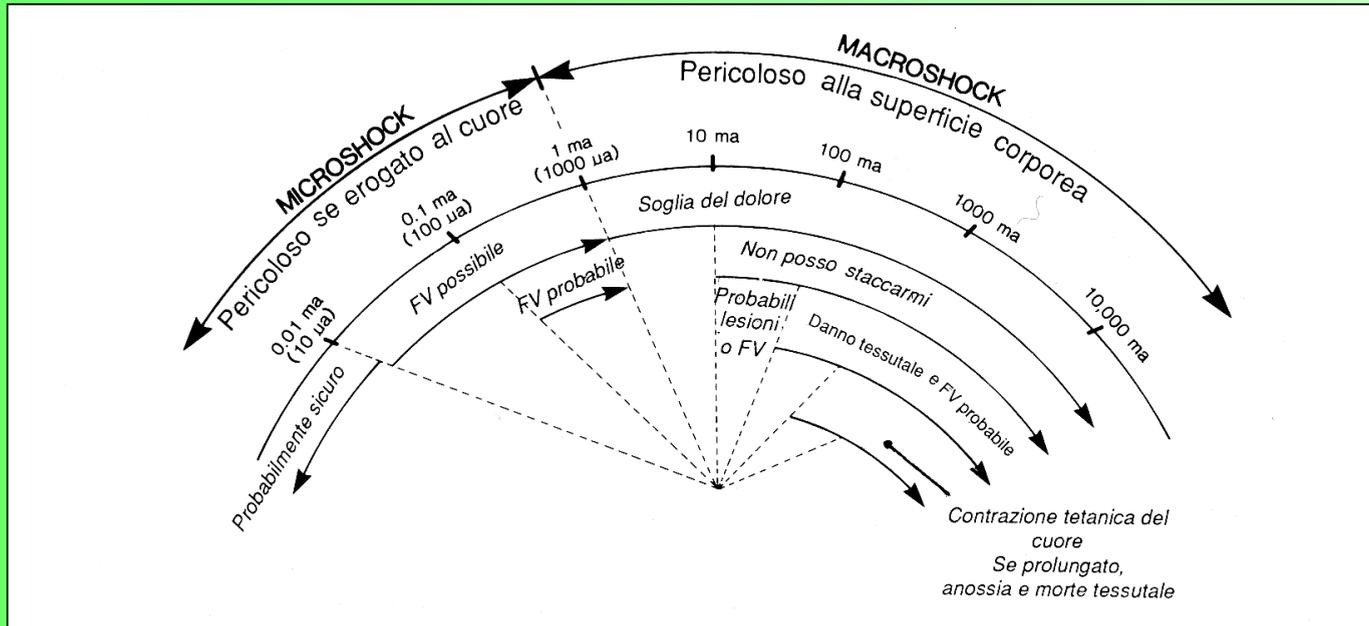
- All'interno: liquido con buone proprietà conduttive (elettrolita)
- All'esterno: involucro resistivo (la cute)

Pelle asciutta:  $R \sim 10.000 - 100.000 \Omega$  ( $I \sim 1-10 \text{ mA}$  con  $100 \text{ V}$ )

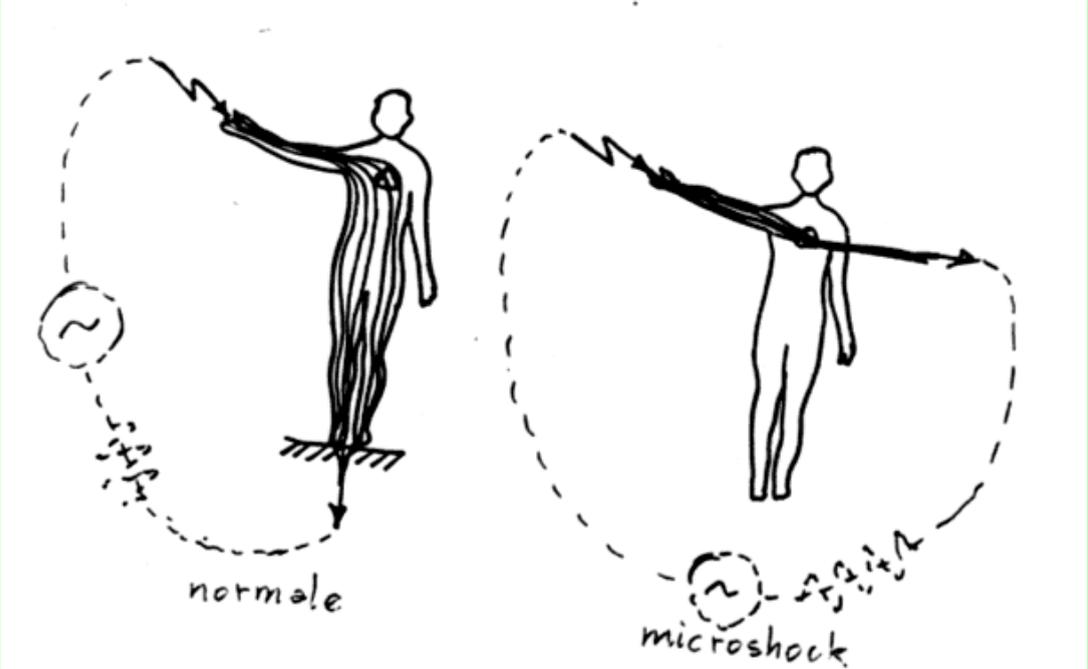
Pelle inumidita:  $R < 1.000 - 10.000 \Omega$  ( $I \sim 10-100 \text{ mA}$  con  $100 \text{ V}$ )



Microshock: fino a 1 mA - Pericoloso se erogato al cuore  
Macroshock: oltre 1 mA - Pericoloso alla superficie corporea



- 1 mA sulla cute può dare una densità di corrente a livello del cuore insufficiente a causare fibrillazione
- Uno shock molto più piccolo, se applicato a livello del cuore (es: attraverso un catetere intracardiaco a bassa resistenza) può erogare al miocardio una densità di corrente letale





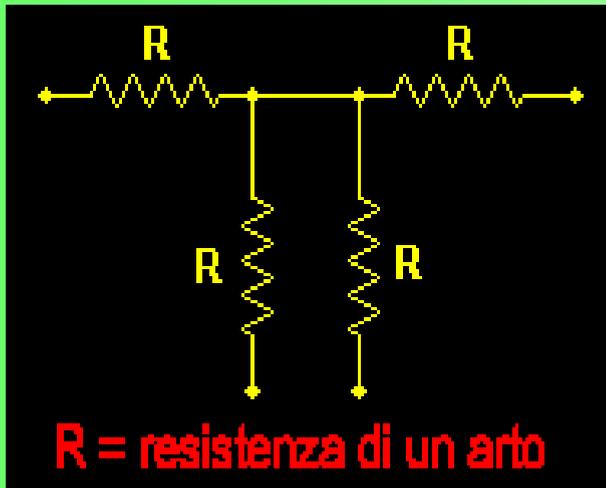
## **Applicazione vantaggiosa: la defibrillazione elettrica del cuore per la ripresa di un ritmo cardiaco regolare (recupero della depolarizzazione)**

- Defibrillatore: un condensatore che eroga energia attraverso gli elettrodi
- Defibrillazione esterna: elettrodi a piastra posti sul torace, 25-400 J per ottenere una alterazione del ritmo cardiaco
- Defibrillazione interna: elettrodi nelle cavità interne del cuore, pochi joule





# Modello circuitale di un corpo umano



- Circuitalmente, in modo semplificato, il corpo umano può essere rappresentato tramite quattro **resistenze**
- Per gli effetti sul cuore bisogna tener conto **anche del percorso** della corrente
- Ad esempio, tra i più pericolosi, abbiamo i percorsi *mano sinistra-torace, mano destra-torace, mani-piedi*

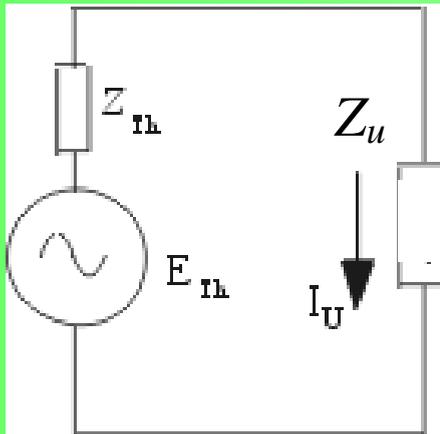


# Resistenza equivalente

- Il valore della corrente elettrica dipende anche dalla **resistenza** che il corpo umano oppone
- Questa **diminuisce**:
  - se la pelle è umida o in presenza di ferite,
  - aumentando la pressione del contatto
  - aumentando la superficie di contatto
- La **resistenza aumenta** in presenza di zone callose
- Si possono ritenere come **livelli di sicurezza** i **25 V** in corrente alternata e i **60 V** in corrente continua



# Stima della corrente



$$I_u = \frac{E_{Th}}{Z_{Th} + Z_u}$$

- Il valore della corrente  $I_u$  si può calcolare utilizzando il generatore **equivalente di tensione** (Thevenin) visto dai due punti di contatto della persona con il sistema
- L'impedenza  $Z_u$  dipende dal percorso attraverso il corpo e dalle impedenze di contatto
- Le caratteristiche del generatore di Thevenin,  $E_{Th}$  e  $Z_{Th}$ , dipendono dal tipo di contatto e dal tipo di sistema elettrico.



# Stima della corrente

- Il valore di corrente pericolosa si ricava dalla curva di sicurezza per la corrente
- Per averne un'idea, si può ricordare che in c.a. una corrente di valore efficace  **$I_u = 50 \text{ mA}$** , **non** può essere sopportata senza pericolo per più di **1 s**
- Facendo ipotesi semplificative sulla resistenza del corpo umano e sulle impedenze di contatto ( $R = 2\text{-}3 \text{ k}\Omega$ ), si può stimare che in c.a. una tensione maggiore di **50V** (25V in particolari condizioni) **non può essere tollerata per più di 4-5 s**



# Isolamento, massa

## TIPI DI ISOLAMENTO

- L'isolamento elettrico impedisce che le parti in tensione vengano in contatto con altre parti conduttrici.
- Per aumentare il livello di sicurezza si può aggiungere un *isolamento supplementare*, che ci protegga anche in caso di cedimento di quello *principale*, ottenendo il *doppio isolamento*

## MASSA

- E' definita *massa* una qualunque parte metallica facente parte dell'impianto elettrico e normalmente non in tensione, ma *che si può trovare in tensione a causa del cedimento dell'isolamento principale*
- Una massa è, ad esempio, la carcassa della lavatrice



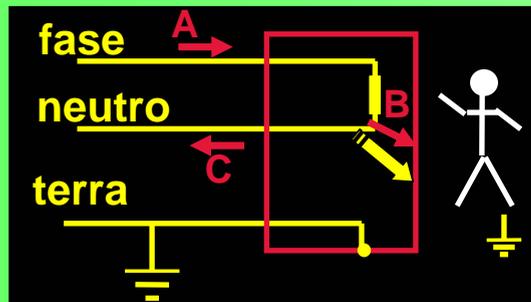
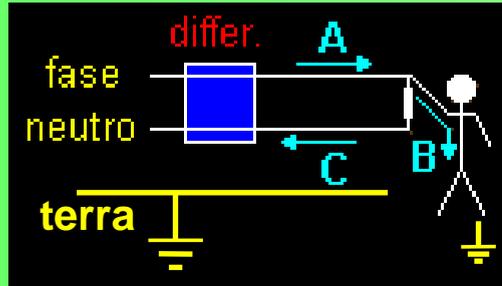
# CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

- Si ha contatto **diretto** toccando una parte dell'impianto **normalmente in tensione**
- E', ad esempio, contatto diretto quello con il conduttore di un cavo elettrico, quello con l'attacco di una lampadina mentre la si avvita o quello con un cacciavite infilato in una presa di corrente
- Si ha contatto **indiretto** toccando una massa in presenza del **cedimento dell'*isolamento principale***, indipendentemente dal collegamento o meno a terra





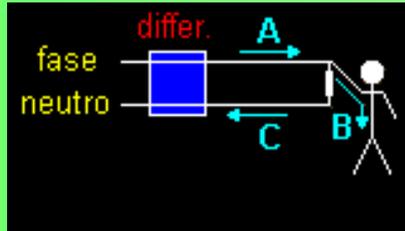
# Protezione



- I cavi che conducono la corrente elettrica sono generalmente due: la **fase** e il **neutro**
- In condizioni normali la corrente che li percorre è **uguale** (la corrente dalla *fase*, percorre i vari carichi e si richiude sul *neutro*)
- A questi due conduttori si affianca un **terzo conduttore** di norma con guaina **giallo/verde** che costituisce il conduttore di **terra**
- Se le correnti su fase e neutro **non sono uguali** significa che una parte di essa sta percorrendo strade diverse, come il corpo umano in caso di scossa elettrica (**contatto diretto**) o per cedimento dell'isolante, ad esempio, di un elettrodomestico collegato all'impianto di terra

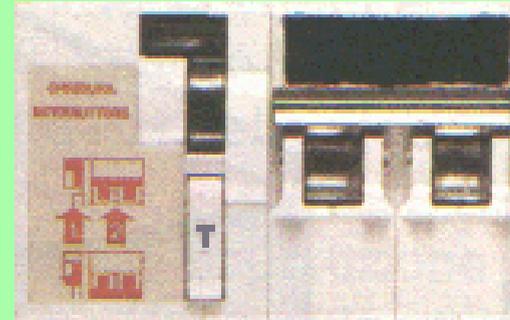


# Interruttore differenziale



$$I_{\Delta n} = 30\text{mA}$$

$$I_{\Delta n} = 0.03\text{A}$$



- L'**interruttore differenziale** (detto anche **salvavita**) confronta continuamente la corrente **A** entrante con quella uscente **C** e scatta, interrompendo il circuito, quando avverte che la **differenza** tra le correnti **B=A-C** è superiore alla sua soglia di sensibilità  $I_{\Delta n}$
- L'interruttore differenziale, presente nel quadro elettrico di un impianto domestico, deve avere una **sensibilità  $\leq 30\text{ mA}$**
- E' facilmente riconoscibile per la presenza di un **pulsante**, utile per verificarne l'efficienza, contrassegnato dalla **lettera T** (può avere forma diversa da quello nella foto)
- Prima di richiudere l'interruttore bisogna, quindi, stare attenti alle cause che hanno provocato l'apertura
- Un impianto elettrico, specie se vecchio e con componenti non in perfette condizioni, ha delle **dispersioni di corrente** che, sommate tra loro, possono provocare lo scatto dell'interruttore differenziale, senza particolari situazioni di pericolo



## **PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI: Gradi di protezione (IEC) per involucri e barriere: IP + 2 cifre (+ terza lettera addizionale)**

**Prima cifra:** grado di protezione contro i corpi estranei e contro i contatti diretti,

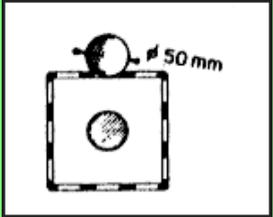
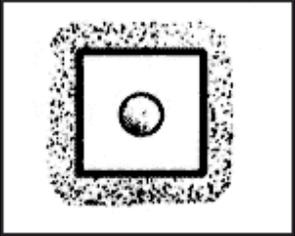
**Seconda cifra:** penetrazione di liquidi

**Lettera addizionale:** livello di inaccessibilità dell'involucro alle dita o alla mano, oppure ad oggetti impugnati da una persona.

Deve essere assicurato almeno il grado di protezione IPXXB ( si possono avere aperture più grandi per permettere la sostituzione di parti, come ad esempio alcuni porta lampade e fusibili, purché in accordo con le relative norme) e il grado di protezione IPXXD per le superfici orizzontali delle barriere o degli involucri che sono a portata di mano (a portata di mano sono da intendere le pari conduttrici poste nel volume che si estende attorno al piano di calpestio, normalmente occupato o percorso da persone, delimitato dalla superficie che una persona può raggiungere con la mano estendendo completamente il braccio senza l'uso di mezzi ausiliari).

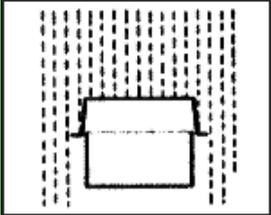
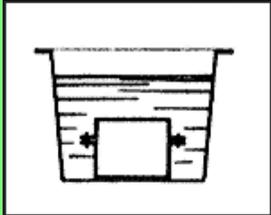


## Grado di protezione contro corpi estranei

<i>Grado di protezione</i>	<i>Disegno schematico della prova</i>	<i>Prova di validazione della protezione</i>
<b>1</b>		Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50mm e contro l'accesso a parti pericolose col dorso della mano. Una sfera di Ø50 mm non deve poter passare attraverso l'involucro e/o entrare in contatto con parti attive o in movimento.
<b>6</b>		Con l'apparecchiatura in una camera a polvere di talco in sospensione, si deve verificare che la quantità di polvere che entra nell'apparecchiatura stessa sia nulla.



## Grado di protezione contro i liquidi

<i>Grado di protezione contro i liquidi</i>	<i>Disegno schematico della prova</i>	<i>Prova di validazione della protezione</i>
1	 A schematic diagram showing a rectangular device with a flat top surface. Above the device, numerous vertical dashed lines represent a spray of water falling vertically onto the top surface.	L'apparecchiatura deve essere protetta contro la caduta di gocce in verticale.
7	 A schematic diagram showing a rectangular device placed inside a larger rectangular container. The container is partially filled with water, indicated by horizontal lines. Two small arrows point inward from the water level towards the device, representing water being forced into the device under pressure.	L'apparecchiatura deve essere protetta contro l'immersione.



# Soccorsi d'urgenza

- **NON TOCCARE**

- Non toccare il colpito se non si è ben sicuri che il medesimo non è più in contatto o immediatamente vicino alle parti in tensione
- In caso contrario togliere tensione
- Qualora il circuito non possa essere prontamente interrotto, isolare adeguatamente la propria persona con guanti isolanti, panni asciutti, ecc.
- In alternativa allontanare dall'infortunato - con un solo movimento rapido e deciso - la parte in tensione, usando pezzi di legno secco o altri oggetti in materiale isolante



# Soccorsi d'urgenza

## 1. ATTIVARE LA CATENA DEL SOCCORSO (118)

perché è necessaria una rapida defibrillazione

2. **SE SI E' ADDESTRATI**, praticare il BLS (basic Life support), cioè, se il caso, la rianimazione cardio-polmonare di base (ventilazione bocca a bocca, massaggio cardiaco esterno)





# Soccorsi d'urgenza

- **AZIONE IMMEDIATA**

- E' indispensabile quando la folgorazione **compromette** l'attività della **respirazione** e del cuore
- Se il colpito non viene soccorso **entro 3 o 4** minuti, può subire conseguenze **irreparabili**
- Accertare innanzitutto che l'infortunato **sia fuori dal contatto con le parti in tensione** e dare quindi immediatamente inizio alla **respirazione artificiale**



# Soccorsi d'urgenza

- **RESPIRAZIONE ARTIFICIALE**

- Adagiare il colpito sulla schiena
- Piegare all'indietro il capo dell'infortunato (per aprire il passaggio dell'aria) ponendogli una mano sotto la nuca mentre con l'altra si fa leva sulla fronte
- Applicare, se disponibile, una maschera oronasale, coprendo il naso e la bocca dell'infortunato
- In caso di indisponibilità della maschera, si potrà utilizzare la tecnica bocca-bocca con l'eventuale interposizione di un fazzoletto o di una garza
- Dare due lente e profonde insufflazioni ed osservare il sollevamento del torace dell'infortunato
- Quando il torace ritorna in posizione naturale, praticare un ciclo regolare di 12-15 insufflazioni per minuto



# Soccorsi d'urgenza

## • MASSAGGIO CARDIACO

- Il massaggio cardiaco deve essere sempre preceduto dalla respirazione artificiale
- Pertanto mentre un primo soccorritore pratica la respirazione con maschera oronasale, un secondo effettuerà contemporaneamente il massaggio cardiaco
- Nel caso in cui il soccorritore sia solo, dovrà iniziare con 5 massaggi del cuore - effettuare una insufflazione orale - riprendere con altri 5 massaggi - effettuare una insufflazione e così via





# Soccorsi d'urgenza

## IN PRESENZA DI USTIONI

- Iniziare subito la respirazione artificiale ed eventualmente il massaggio cardiaco se l'infortunato non respira e non presenta attività cardiaca
- Non rimuovere i vestiti bruciati e non rompere le vesciche
- Non applicare lozioni o pomate
- Ricoprire la parte ustionata con garza sterile, asciutta
- Trasferire senza indugio l'infortunato all'ospedale.