

Scarica elettrostatica da parte dell'Operatore

Se l'operatore **utilizza calzature isolanti** ed indumenti di fibre artificiali con il movimento e lo strofinio in ambiente secco **acquisterà carica elettrostatica** ed una ddp statica molto elevata!!

(Esempio scarica tra chiave ed automobile circa 5000Volt!!)

Il paziente può essere direttamente o indirettamente collegato a terra (ad esempio toccando un tavolo metallico) e se l'operatore **carico tocca l'elettrodo o il catetere inseriti nel cuore si ha una scarica di bassa intensità di corrente ma alta tensione, che può innescare la fibrillazione o produrre aritmia.**

Per evitare questa evenienza i pavimenti delle sale operatorie ed ambienti analoghi sono elettroconduttori, e tutte le strutture di arredo devono essere collegate ad un punto equipotenziale.

Tuttavia questo serve a poco se **l'operatore non usa scarpe conduttrici (antistatiche)**, ma in ogni caso è sufficiente che tocchi qualunque parte metallica per perdere la pericolosa carica elettrostatica!

Esiste il rischio di fibrillazione cardiaca anche per minime correnti ($10\text{ }\mu\text{A}$) attraverso il cuore del paziente .

La predisposizione ambientale (trasformatore di isolamento punto di riferimento equipotenziale con allarme di dispersione **pavimenti antistatici e arredi metallici collegati a terra**)

e l'uso di strumentazione con ingresso flottante sono elementi essenziali per evitare questi problemi.

Ma prima di tutto è importante sapere che questi problemi esistono!!

Il passaggio di una corrente attraverso il corpo umano, può determinare conseguenze anche **mortali!**

Dagli effetti **FISIOPATOLOGICI** prodotti dalla corrente elettrica sul corpo umano dipendono i limiti di sicurezza.

La sicurezza può essere conseguita sia limitando la corrente **I** che riducendo il tempo **t** per cui questa può fluire attraverso il corpo umano.

Corrente elettrica

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$i \equiv$ moto cariche elettriche

unità di misura S.I. : **ampere (A) = coulomb/s**

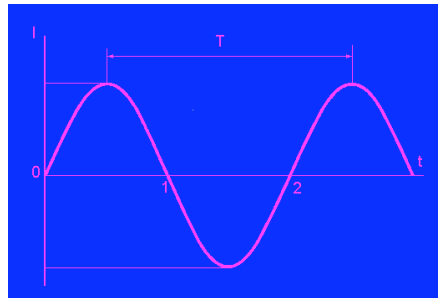
$$1 \text{ ampere} = 1/(1.6 \cdot 10^{-19}) = 6.25 \cdot 10^{18} \text{ elettroni/s}$$

● **moto stazionario : $i =$ costante nel tempo**



corrente continua

● **moto non stazionario : $i =$ variabile nel tempo $i = i(t)$**



corrente alternata

Potenziale di riposo

Il corpo umano è per lo più composto di una soluzione salina conduttrice, si può dire sia costituito da un insieme di atomi che, quando perdono o acquistano elettroni, diventano **ioni** : sono tali le cellule e il liquido interstiziale che le separa.

Gli ioni (K^+ , Na^+ ...), si muovono verso zone di minor concentrazione e sono soggetti al campo elettrico generato dall'insieme degli altri ioni.

Poiché la cellula ha verso gli ioni un comportamento di tipo selettivo, gli ioni non si diffondono allo stesso modo dentro e fuori la cellula: *ad esempio* la cellula è molto permeabile a K^+ piuttosto che a Na^+ .

Poiché la cellula ha verso gli ioni un comportamento di tipo selettivo, gli ioni non si diffondono allo stesso modo dentro e fuori la cellula: *ad esempio* la cellula è molto permeabile a K^+ piuttosto che a Na^+ .

Lo ione K^+ viene trasportato all'interno della cellula mentre lo ione Na^+ viene espulso con la tipica azione di pompaggio biochimico a spese dell'organismo “**pompa metabolica**”.

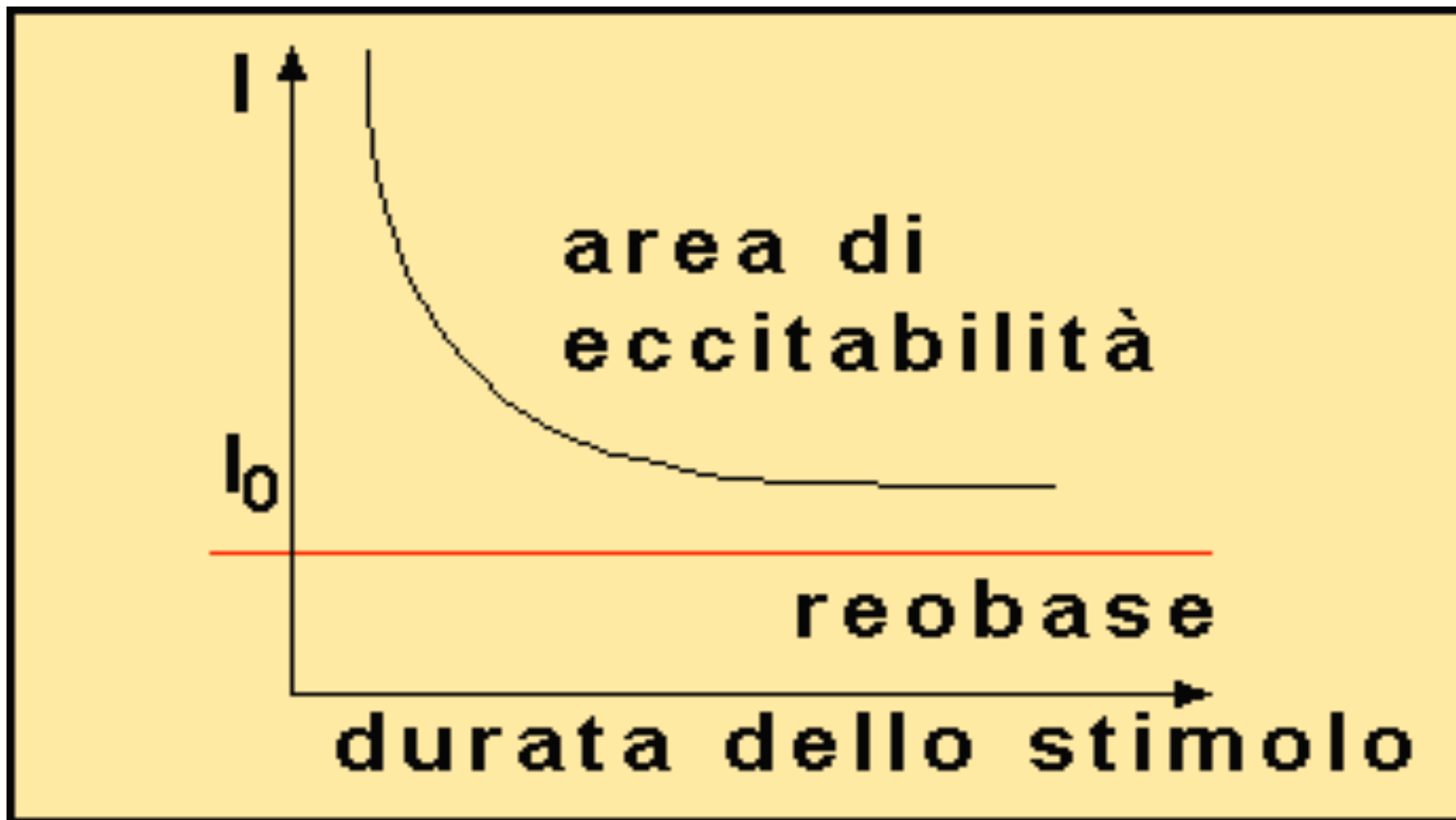
La cellula viene quindi a possedere un potenziale negativo (-90mV) all'interno rispetto all'esterno **potenziale di riposo**.

Potenziale d'azione

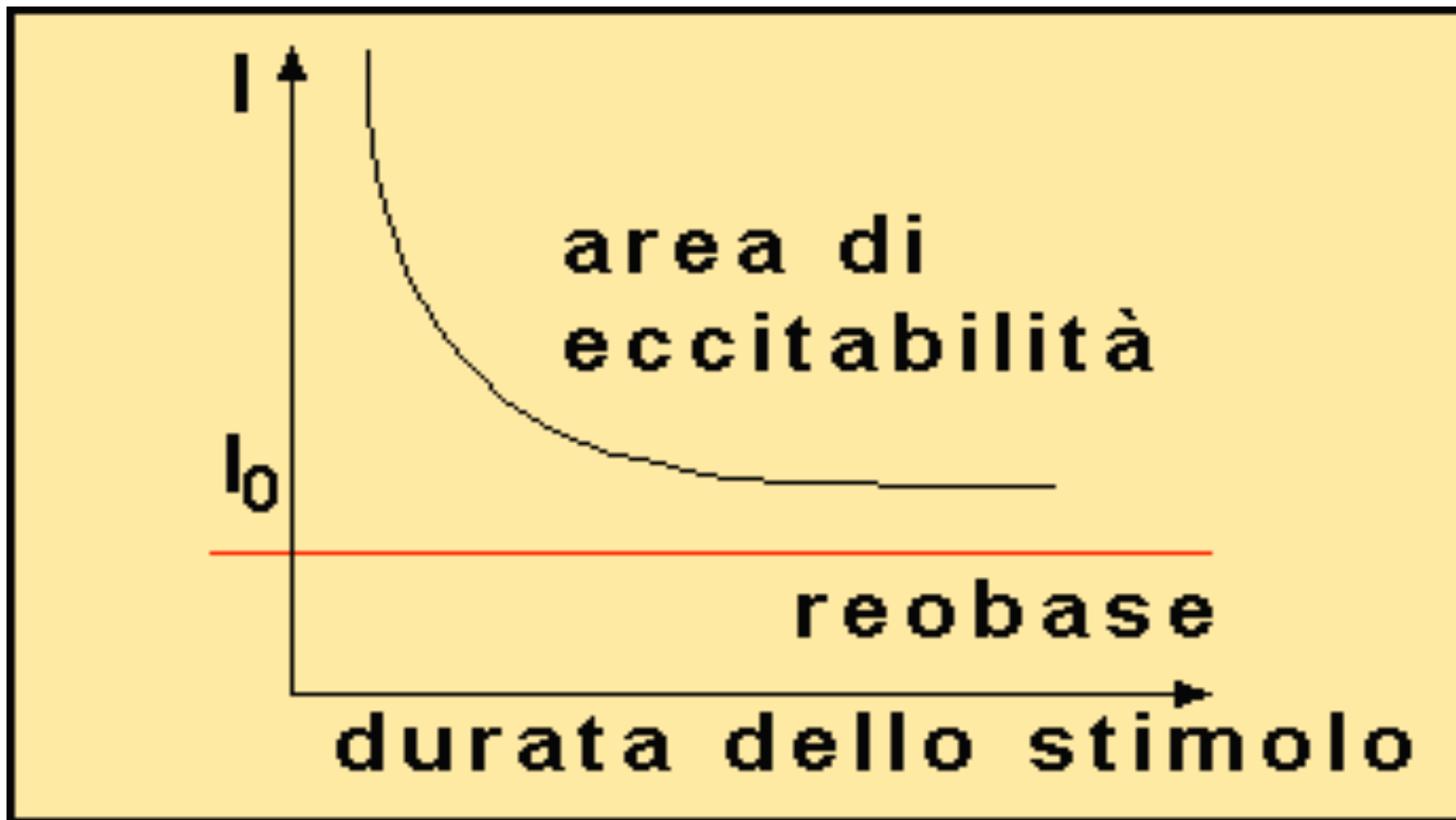
Se si applica ad una cellula un impulso di corrente di **polarità inversa** a quella della cellula stessa, il potenziale da negativo diviene positivo per ritornare di nuovo al valore iniziale. L'andamento del potenziale prende il nome di *potenziale d'azione*.

L'ampiezza minima dell'impulso di corrente necessario ad eccitare la cellula e a determinarne l'inversione del potenziale decresce con l'aumentare della durata per tendere ad un valore costante secondo una curva denominata curva di eccitabilità.





Il termine I_0 rappresenta la **minima intensità** dello stimolo capace di produrre l'eccitamento della cellula se applicato per un tempo indefinito: *REOBASE*.



Il termine I_0 rappresenta la **minima intensità** dello stimolo capace di produrre l'eccitamento della cellula se applicato per un tempo indefinito: *REOBASE*.

La curva è simile ad un'iperbole equilatera e dunque la cellula è sensibile approssimativamente alla carica $Q = I t$

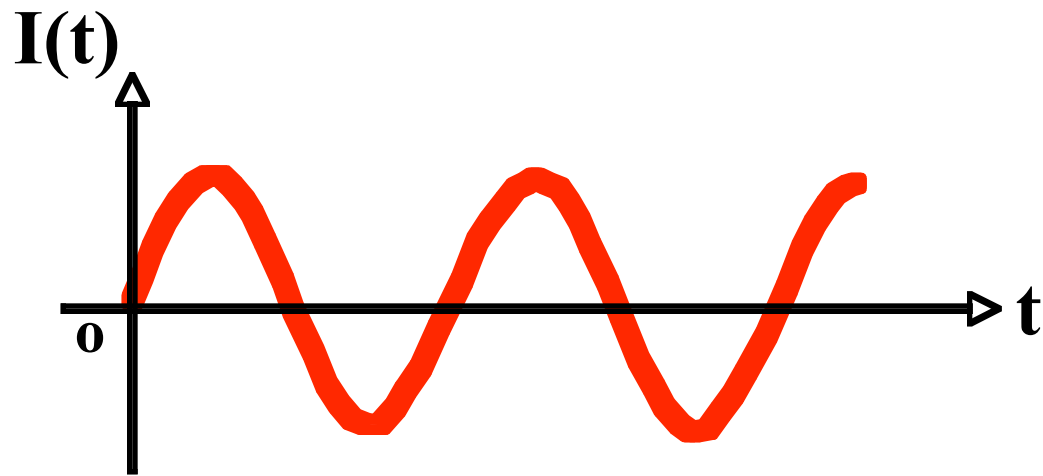
Soglia di sensibilità

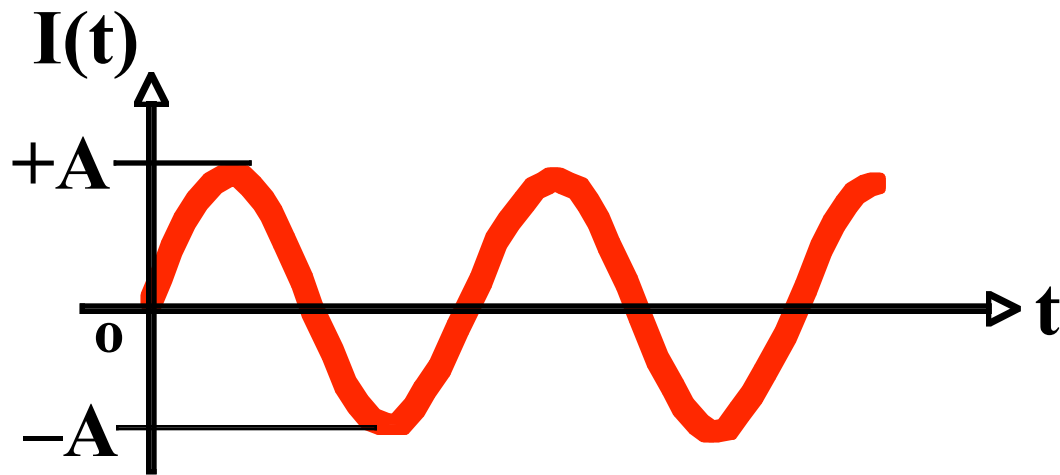
I segnali elettrici connessi con l'attività biologica controllano il funzionamento dei vari organi e vengono trasmessi dai neuroni del sistema nervoso.

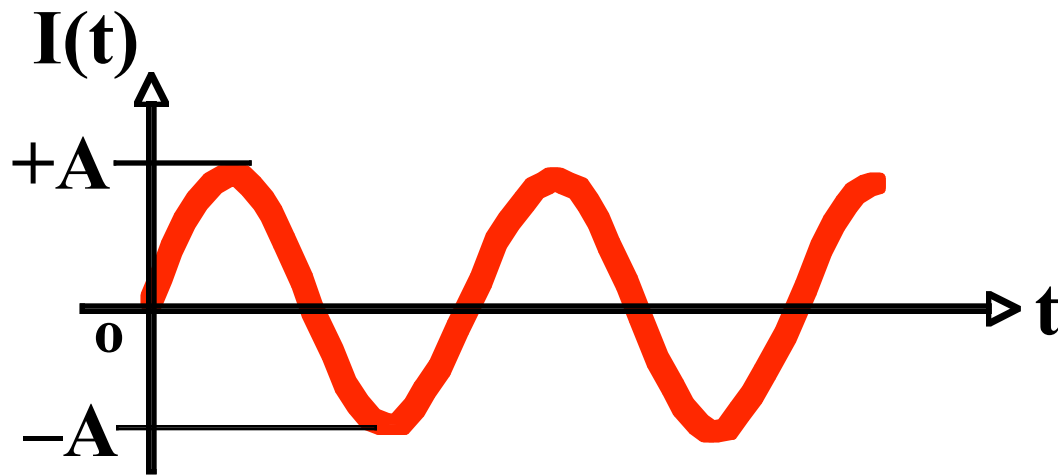
Stimoli elettrici che superano la soglia di eccitabilità e che provengono dall'esterno possono risultare pericolosi e influire sulle funzioni vitali.

La pericolosità di questi stimoli può variare a seconda

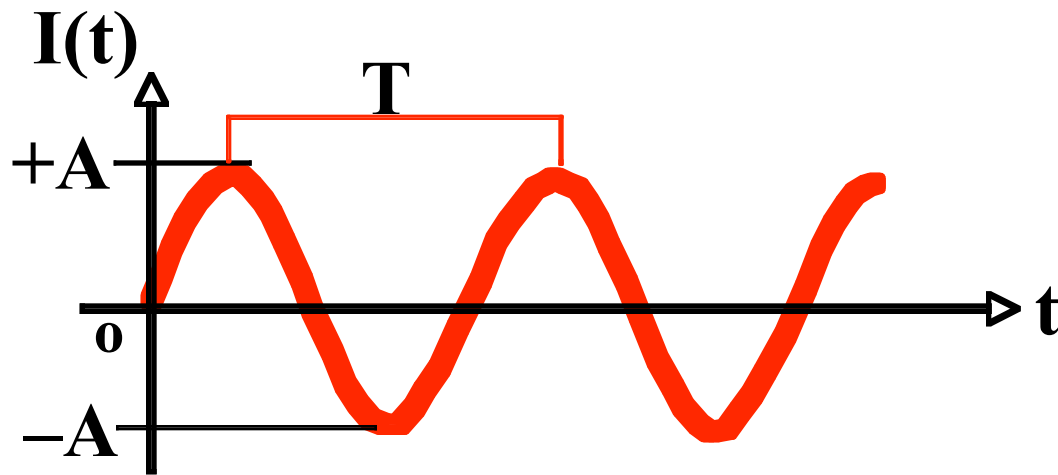
- dell'intensità e della natura della I,
- dalla durata del contatto,
- dalla costituzione fisica della persona colpita
(massa corporea e stato di salute)
- dalla frequenza.



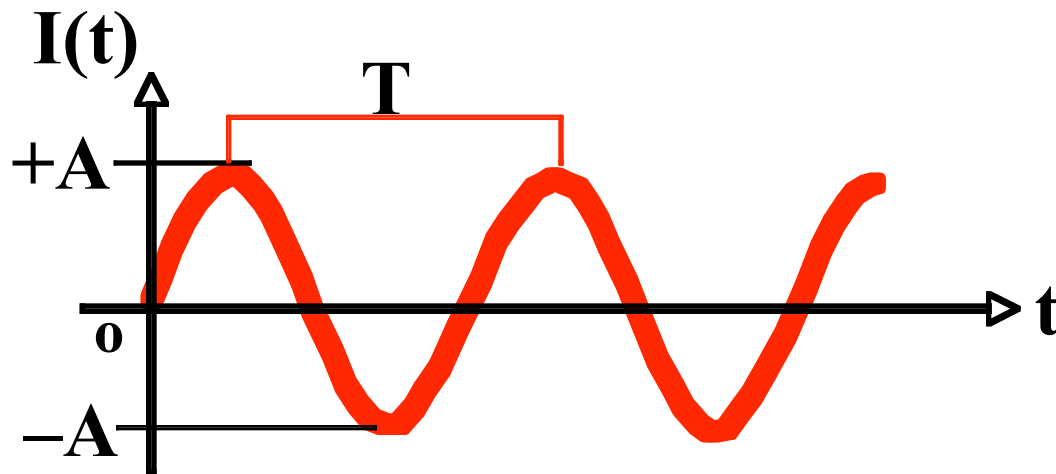




Ampiezza A : punto di massima oscillazione

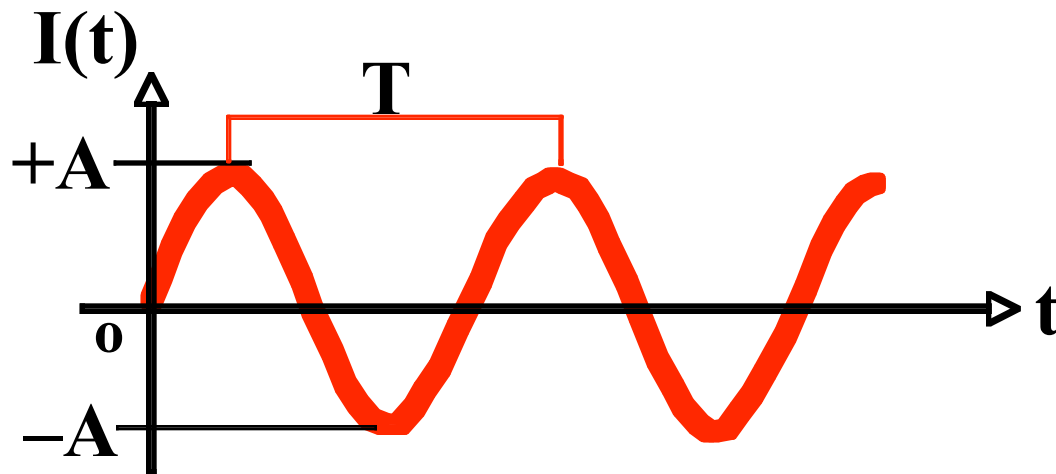


Ampiezza A : punto di massima oscillazione



Ampiezza A : punto di massima oscillazione

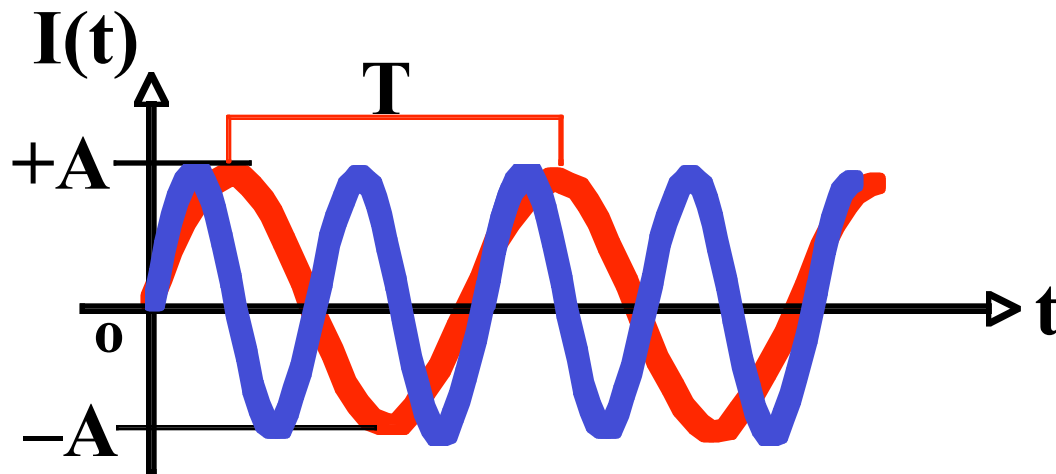
Periodo T = minimo intervallo di tempo dopo il quale il fenomeno ritorna alla stessa configurazione
= durata di una oscillazione - unità di misura: secondo-.



Ampiezza A : punto di massima oscillazione

Periodo T = minimo intervallo di tempo dopo il quale il fenomeno ritorna alla stessa configurazione
= durata di una oscillazione - unità di misura: secondo-.

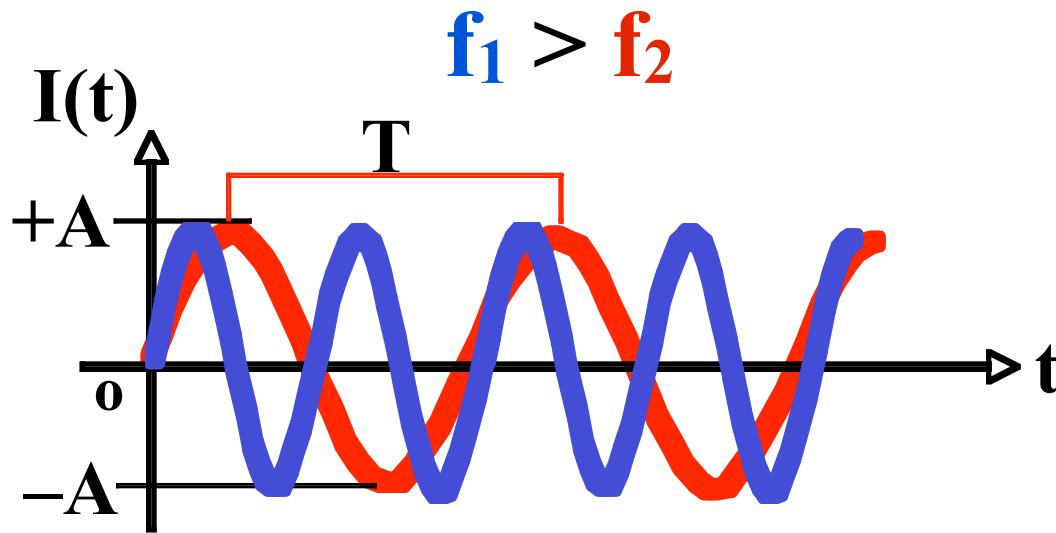
Frequenza f : numero di oscillazioni al secondo = $1/T$
unità di misura Hz = $1/s$



Ampiezza A : punto di massima oscillazione

Periodo T = minimo intervallo di tempo dopo il quale il fenomeno ritorna alla stessa configurazione
= durata di una oscillazione - unità di misura: secondo-.

Frequenza f : numero di oscillazioni al secondo $= 1/T$
unità di misura $\text{Hz} = 1/\text{s}$



Ampiezza A : punto di massima oscillazione

Periodo T = minimo intervallo di tempo dopo il quale il fenomeno ritorna alla stessa configurazione
= durata di una oscillazione - unità di misura: secondo-.

Frequenza f : numero di oscillazioni al secondo = $1/T$
unità di misura $\text{Hz} = 1/\text{s}$

Correnti a maggior frequenza sono meglio sopportate: la durata dell'impulso necessario ad eccitare la cellula, inversamente proporzionale alla frequenza, diminuisce all'aumentare della frequenza e quindi è necessario aumentare l'intensità (Ampiezza) dello stimolo per provocare la modificazione del potenziale di riposo.

*L'effetto pelle è la tendenza di una corrente elettrica alternata a distribuirsi dentro un conduttore in modo non uniforme: la sua densità è maggiore sulla superficie ed inferiore all'interno. Questo comporta un aumento della resistenza elettrica del conduttore particolarmente alle alte frequenze. In altre parole, una parte del conduttore non viene utilizzata: è come se non esistesse.*¹¹

Correnti a maggior frequenza sono meglio sopportate: la durata dell'impulso necessario ad eccitare la cellula, inversamente proporzionale alla frequenza, diminuisce all'aumentare della frequenza e quindi è necessario aumentare l'intensità (Ampiezza) dello stimolo per provocare la modificazione del potenziale di riposo.

Inoltre la pericolosità della corrente elettrica diminuisce perché questa tende a passare attraverso la pelle.

Il fenomeno descritto si chiama appunto **“effetto pelle”** poiché i danni provocati dal passaggio della corrente elettrica interessano solo la pelle e non gli organi vitali.

*L'effetto pelle è la tendenza di una corrente elettrica alternata a distribuirsi dentro un conduttore in modo non uniforme: la sua densità è maggiore sulla superficie ed inferiore all'interno. Questo comporta un aumento della resistenza elettrica del conduttore particolarmente alle alte frequenze. In altre parole, una parte del conduttore non viene utilizzata: è come se non esistesse.*¹¹

Anche la **c.c.** può essere pericolosa ma è necessaria un'intensità maggiore di quella alternata a **50 Hz** a causa di un fenomeno che avviene nella cellula sottoposta ad uno stimolo continuo detto di *accomodazione*: in presenza di uno stimolo ininterrotto la cellula si adatta alla nuova situazione aumentando la sua soglia di eccitabilità.

Il valore di **corrente percepibile** da una persona è individuale e dipende da diversi fattori: non è facile determinare i minimi valori di corrente che superano la soglia di percezione e quindi si ricorre a criteri statistici e a metodi sperimentali.

Effetti dell'elettricità sul corpo umano

Quando una corrente elettrica attraversa un corpo umano può produrre un'azione diretta su:
vasi sanguigni e cellule nervose;
determinare un'alterazione permanente nel sistema cardiaco,
nell'attività cerebrale e nel sistema nervoso centrale;
infine può arrecare danni all'apparato uditivo, all'apparato visivo, all'epidermide ecc.

Tetanizzazione

Lo stimolo elettrico applicato ad una fibra nervosa, se ha intensità e durata appropriate, produce un *potenziale d'azione* che si propaga lungo la fibra nervosa fino al muscolo, **contraendosi** per poi ritornare allo stato di riposo.

Se successivi, gli effetti possono sommarsi e il muscolo si contrae in modo progressivo contrazione tetanica e in questa posizione permangono finché non cessano gli stimoli.

Tetanizzazione

Il valore più grande di corrente per cui una persona è ancora in grado di staccarsi della sorgente elettrica si chiama **corrente di rilascio** e mediamente per una corrente di **50/100Hz** è di circa **10mA** per le donne e di **15mA** per gli uomini.

*OSS: correnti molto elevate non producono solitamente la tetanizzazione perché quando il corpo entra in contatto con esse, l'eccitazione muscolare è talmente elevata che i movimenti muscolari involontari generalmente **staccano** il soggetto della sorgente.*

Arresto della respirazione

Una complicanza dovuta alla tetanizzazione è la paralisi dei centri nervosi che controllano la **respirazione**.

Se la corrente elettrica attraversa i muscoli che controllano il movimento dei polmoni, la contrazione involontaria di questi muscoli altera il normale funzionamento del sistema respiratorio e il soggetto può morire soffocato o subire le conseguenze di traumi dovuti all'asfissia.

In questi casi il fenomeno è reversibile solo se si provvede con prontezza, anche con l'ausilio della respirazione artificiale, al soccorso dell'infortunato per evitare danni al tessuto cerebrale.

Fibrillazione ventricolare

Il cuore ha la **funzione** di pompare il sangue lungo le vene e le arterie del corpo, perciò i muscoli del cuore si contraggono e si espandono ritmicamente a circa 60/100 volte al minuto (sistole e diastole).

Questi movimenti sono coordinati da un vero e proprio *generatore d'impulsi elettrici*, provocando le contrazioni che danno luogo al battito cardiaco.

Il cuore, proprio a causa della *natura elettrica* del suo funzionamento, è particolarmente sensibile a qualunque corrente elettrica che proviene dall'esterno, sia essa causata da uno shock elettrico o introdotta volontariamente come nel caso del pace-maker!

Fibrillazione ventricolare

Una corrente esterna che attraversa il cuore potrebbe avere effetti molto gravi perché potrebbero alterare la sincronizzazione e il coordinamento nei movimenti del cuore con la *paralisi dell'operazione di pompaggio del sangue: fibrillazione!*

È l'effetto più pericoloso, dovuto alla sovrapposizione delle correnti provenienti dall'esterno con quelle fisiologiche, che, generando delle contrazioni scordinate, fanno perdere il giusto ritmo al cuore.

È particolarmente pericolosa nella zona ventricolare perché fenomeno non reversibile in quanto persiste anche se lo stimolo è cessato.

I fattori che possono rendere probabile l'innescò della **fibrillazione ventricolare sono:**

- L'intensità della I che attraversa il corpo di cui una piccola parte passa attraverso il cuore e causa la fibrillazione.
- Ogni individuo reagisce in modo diverso al passaggio della I e la quantità necessaria ad innescare la fibrillazione varia da caso a caso.
- Fondamentale il percorso seguito dalla I sulla probabilità d'innescò: “**fattore di percorso**” che indica la pericolosità dei diversi percorsi seguiti dalla I considerando come riferimento il percorso mano sinistra-piedi.

Fattore di percorso

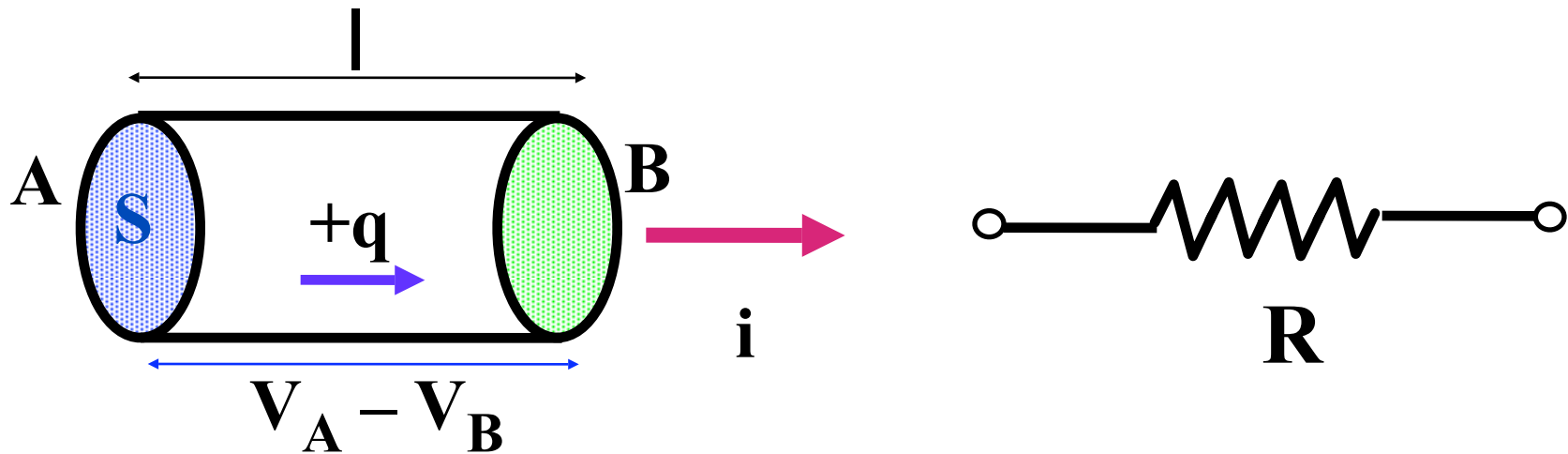
Mani - Piedi	1
Mano sinistra - Piede sinistro	1
Mano sinistra - Piede destro	1
Mano sinistra - Entrambi i piedi	1
Mano sinistra - Mano destra	0,4
Mano sinistra –Dorso	0,7
Mano sinistra –Torace	1,5
Mano destra - Piede sinistro	0,8
Mano destra - Piede destro	0,8
Mano destra - Entrambi i piedi	0,8
Mano destra - Dorso	0,3
Mano destra - Torace	1,3
Glutei - Mani	0,7

Fibrillazione ventricolare

– Si ha un istante di tempo in cui il ciclo cardiaco normale é molto instabile per cui, se lo shock coincide con questo istante esiste un'elevatissima probabilità di innesco della fibrillazione. Questo periodo d'instabilità si chiama “**periodo vulnerabile**.”

– La probabilità d'innesco della fibrillazione aumenta se l'infortunato é in contatto con la corrente esterna per una durata maggiore del ciclo cardiaco . Può produrre nei primi cicli una contrazione del ventricolo fuori tempo che rendendo disomogeneo il funzionamento elettrico del cuore lo rende maggiormente vulnerabile.

Leggi di Ohm



I legge di Ohm

$$\frac{V_A - V_B}{i} = R$$

II legge di Ohm

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

R = resistenza elettrica del conduttore

unità di misura nel S.I. : ohm (Ω) = **volt/ampere**

ρ = resistività elettrica

unità di misura pratica ohm x cm

Effetto Joule

effetto termico della corrente elettrica:

energia cinetica elettroni ceduta per urto al reticolo molecolare del conduttore con generazione di calore

$$Q = L = \Delta q \Delta V = i \Delta t \Delta V = i^2 R \Delta t = \frac{\Delta V^2}{R} \Delta t$$

produzione di calore

1 caloria = 4.18 joule

Ustioni

Sono prodotte dal calore che si sviluppa per effetto Joule dalla I che fluisce attraverso il corpo.

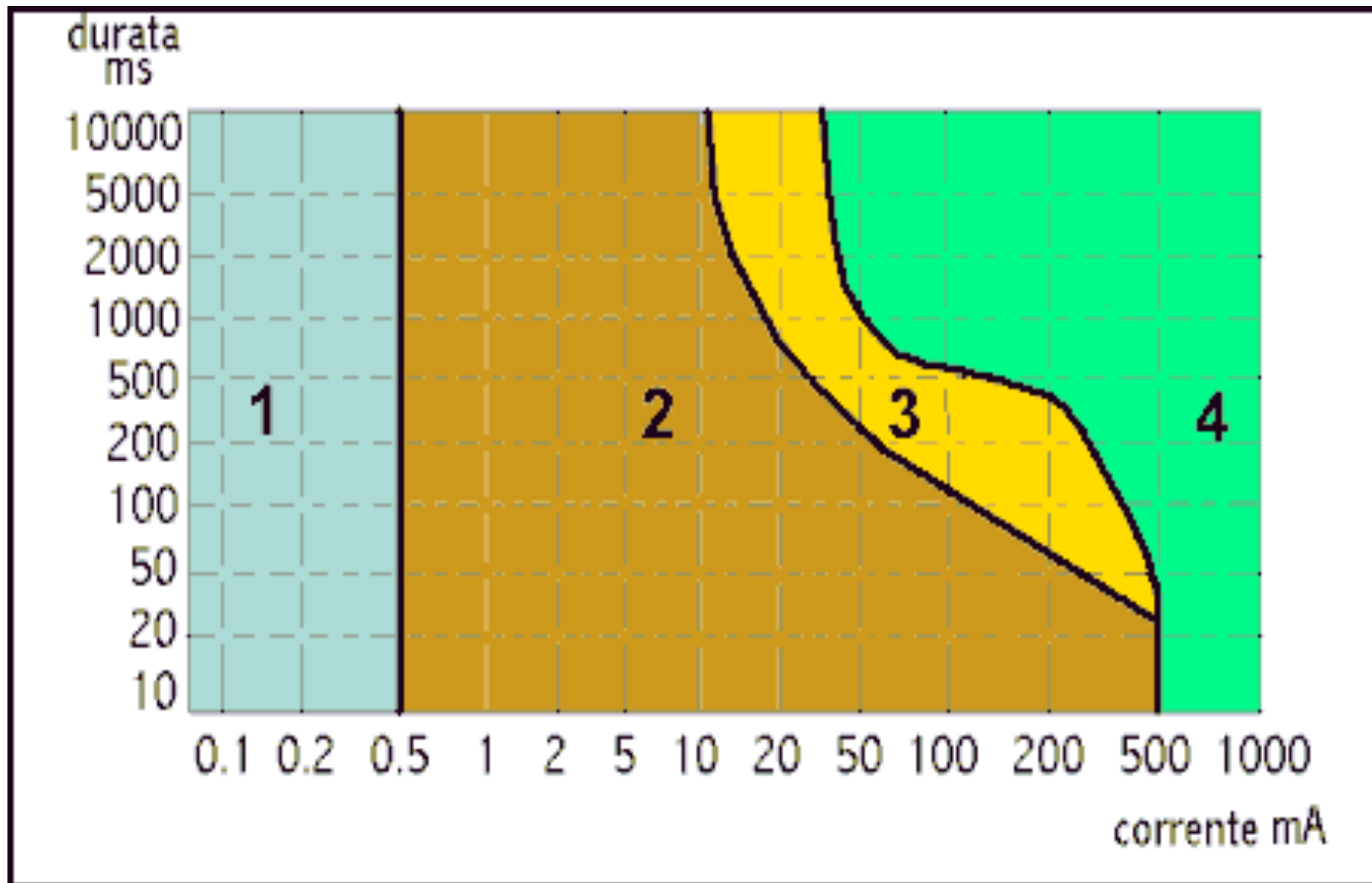
Le ustioni peggiori si hanno sulla pelle: **MARCHIO ELETTRICO** poiché:

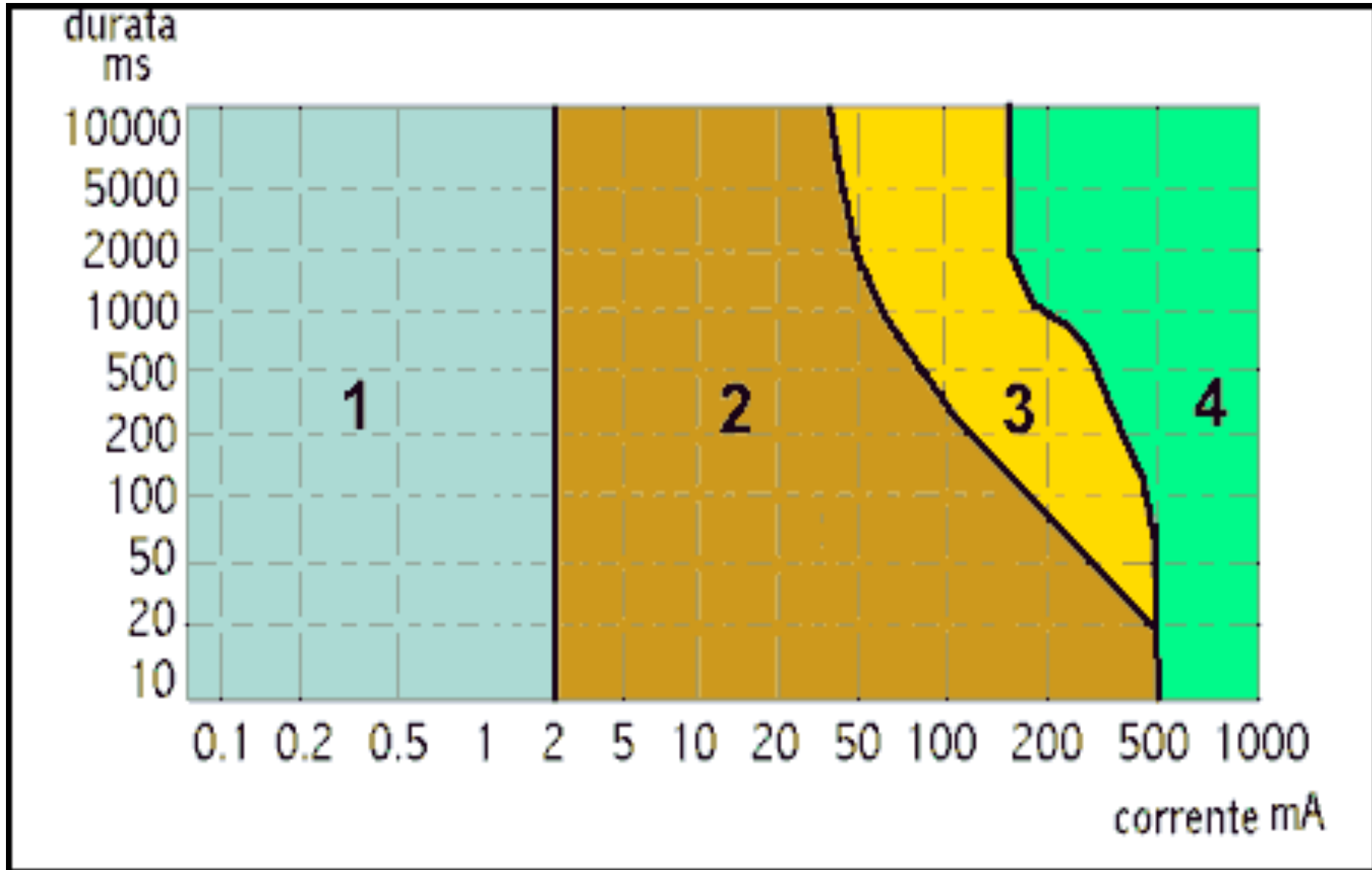
- presenta una resistività $>$ dei tessuti interni,
- la densità di I è $>$ nei punti di “entrata e uscita”

Densità di I di 50 mA/mm^2 provocano la carbonizzazione della pelle in pochi secondi e alle alte tensioni provoca:

- Distruzione di tessuti superficiali e profondi
- Rottura di arterie quindi emorragie
- Distruzione dei centri nervosi

LIMITI DI PERICOLOSITÀ DELLA I PER F(T)





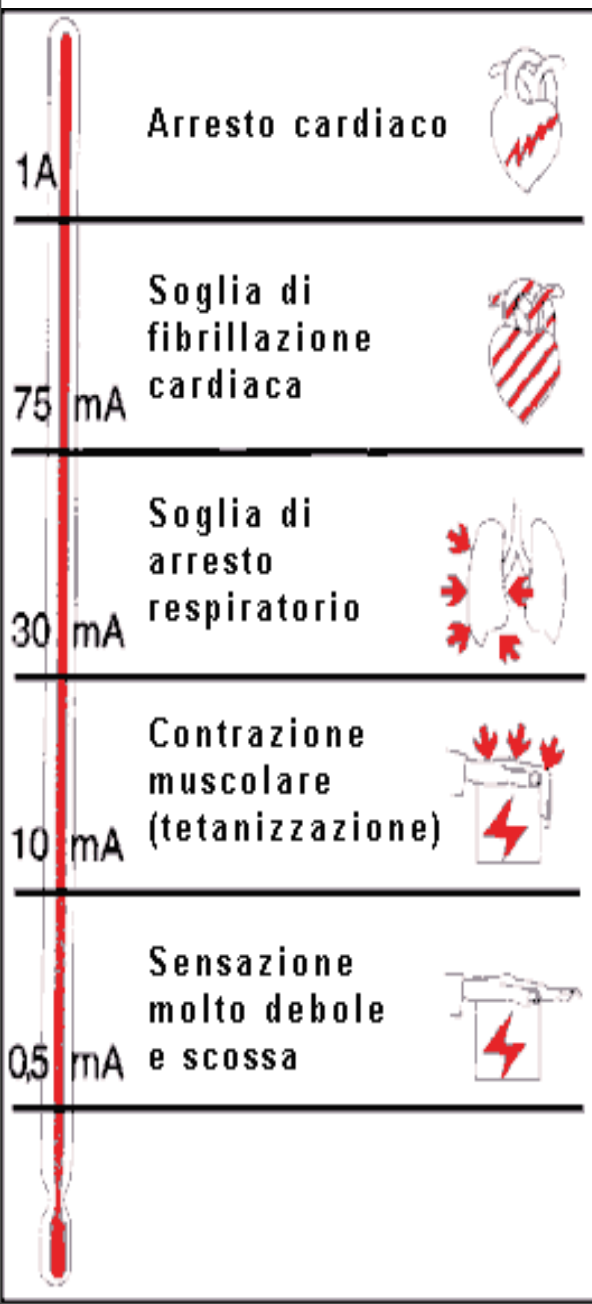
Zone di pericolosità della I continua

La pericolosità della I diminuisce
all'aumentare della f : l'ampiezza dello
stimolo deve essere tanto più grande
quanto più breve è la durata.

Inoltre ad alte f la I tende a passare
all'esterno del corpo **effetto pelle**,
in tal modo non interesserà gli organi vitali.

Comunque produce effetti termici
pericolosi anche in relazione alla
disuniforme distribuzione della I
nell'elettrodo di contatto e nel corpo stesso

CORRENTI AD ALTA FREQUENZA

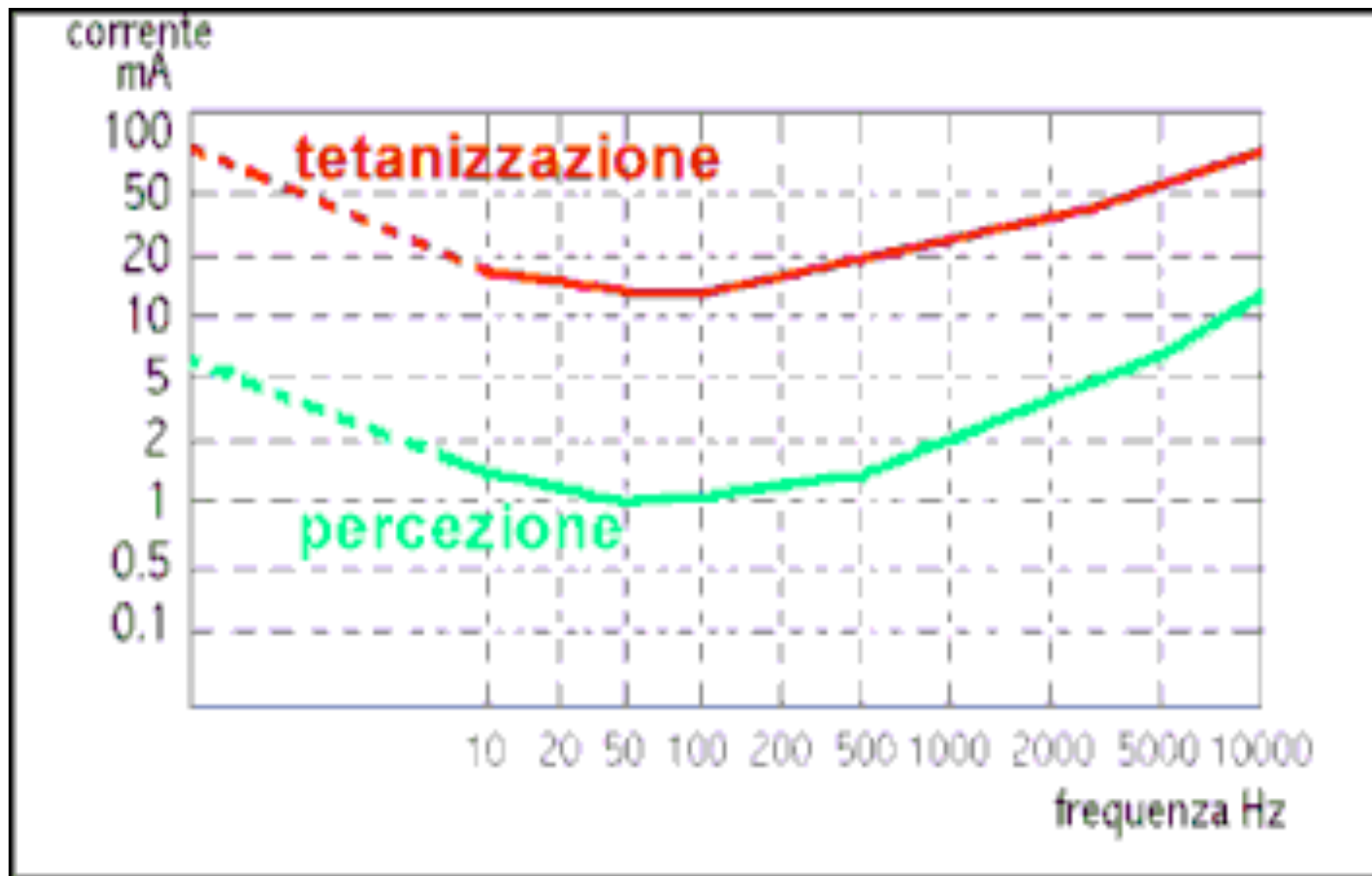


La pericolosità della I diminuisce all'aumentare della f : l'ampiezza dello stimolo deve essere tanto più grande quanto più breve è la durata.

Inoltre ad alte f la I tende a passare all'esterno del corpo **effetto pelle**, in tal modo non interesserà gli organi vitali.

Comunque produce effetti termici pericolosi anche in relazione alla disuniforme distribuzione della I nell'elettrodo di contatto e nel corpo stesso

Pericolosità della I al variare della f



CORRENTI IMPULSIVE

Sono considerate pericolose quelle che fluiscono attraverso il corpo umano per un tempo < 10 ms.

Per impulsi compresi tra 0.1 – 10 ms si ha:

– la soglia di percezione e di dolore dipendono da

– a) quantità di carica elettrica

– b) valore del picco di I

– la soglia di fibrillazione v. dipende da:

a) percorso,

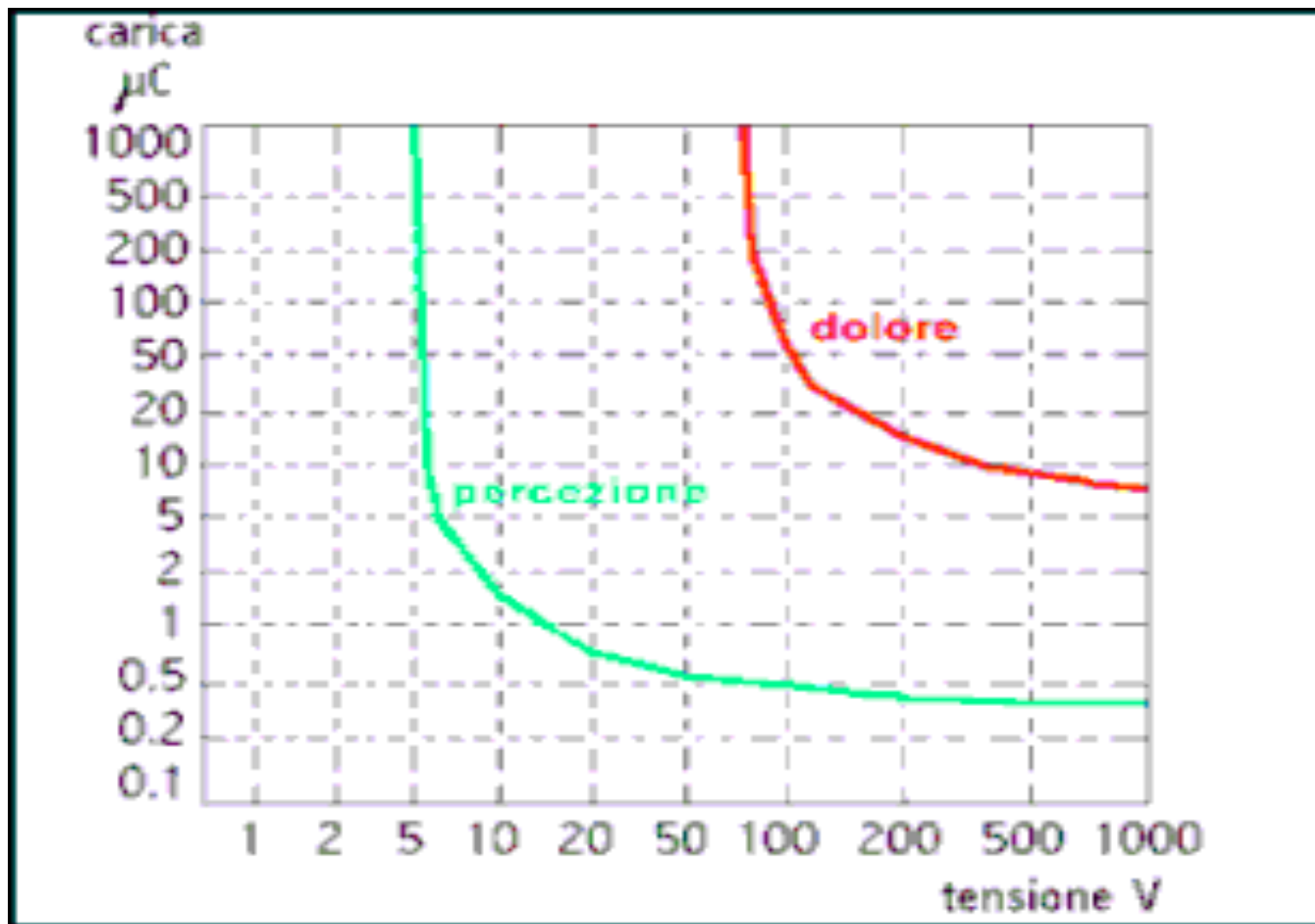
b) forma d'onda,

c) valore di picco della I ,

d) istante in cui è applicato in rel. al ciclo cardiaco

Pericolosità delle I impulsive

(durata dell'impulso < 10 ms, mani asciutte e elettrodi ampi)



Resistenza elettrica del corpo umano

Dare dei valori precisi alla resistenza elettrica del corpo umano risulta piuttosto difficile essendo questa influenzata da molte variabili:

percorso della corrente,

stato della pelle,

superficie di contatto,

tensione di contatto.

Come tale è possibile valutarla solo statisticamente e quindi le norme CEI fanno riferimento a valori convenzionali riferiti ad un campione medio di popolazione.

Resistenza elettrica del corpo umano

In termini circuitali il corpo umano **corrisponde ad un' impedenza capacitiva.**

La capacità C_p risiede principalmente nella pelle, che si interpone come isolante tra l'elettrodo e il tessuto sottostante.

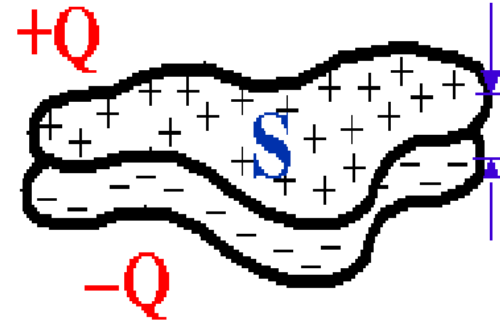
In parallelo si pone una resistenza R_p dovuta ai pori della pelle.

In serie ad entrambe la resistenza interna del corpo umano R_i .

Capacità elettrica

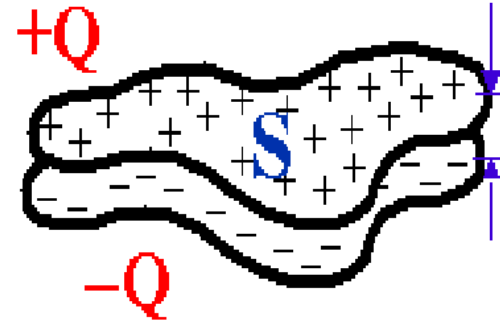
Capacità elettrica

**Una carica Q fornita a un conduttore
si distribuisce su tutta la superficie
(massima distanza tra cariche uguali)
che assume tutta lo stesso potenziale V
(altrimenti le cariche si muoverebbero)**



Capacità elettrica

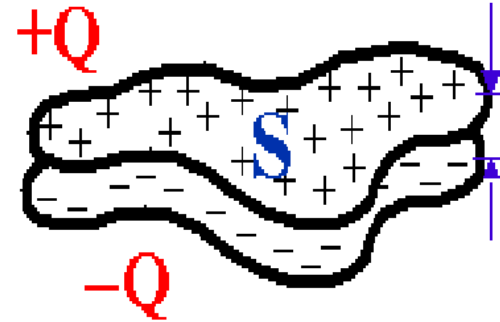
**Una carica Q fornita a un conduttore
si distribuisce su tutta la superficie
(massima distanza tra cariche uguali)
che assume tutta lo stesso potenziale V
(altrimenti le cariche si muoverebbero)**



Il rapporto tra la carica fornita a un conduttore e il potenziale che esso assume è costante.

Capacità elettrica

**Una carica Q fornita a un conduttore
si distribuisce su tutta la superficie
(massima distanza tra cariche uguali)
che assume tutta lo stesso potenziale V
(altrimenti le cariche si muoverebbero)**

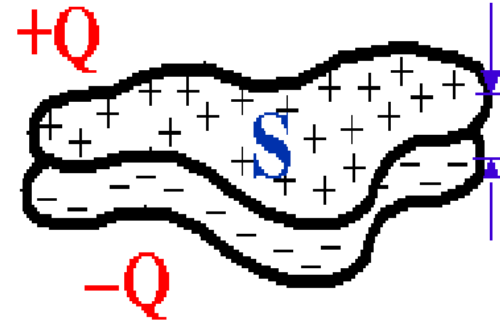


Il rapporto tra la carica fornita a un conduttore
e il potenziale che esso assume è costante.

**Capacità elettrica
di un conduttore:
 $C = Q/V$**

Capacità elettrica

**Una carica Q fornita a un conduttore
si distribuisce su tutta la superficie
(massima distanza tra cariche uguali)
che assume tutta lo stesso potenziale V
(altrimenti le cariche si muoverebbero)**



Il rapporto tra la carica fornita a un conduttore
e il potenziale che esso assume è costante.

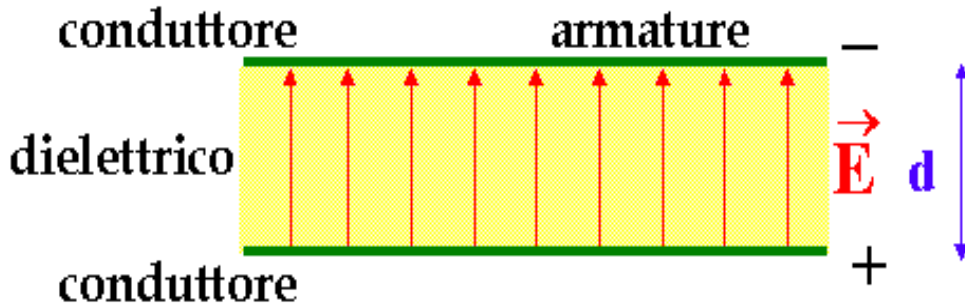
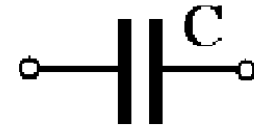
**Capacità elettrica
di un conduttore:**
 $C = Q/V$

Unità di misura:
Farad
 $1 \text{ F} = 1 \text{ Coulomb/Volt}$

Condensatore

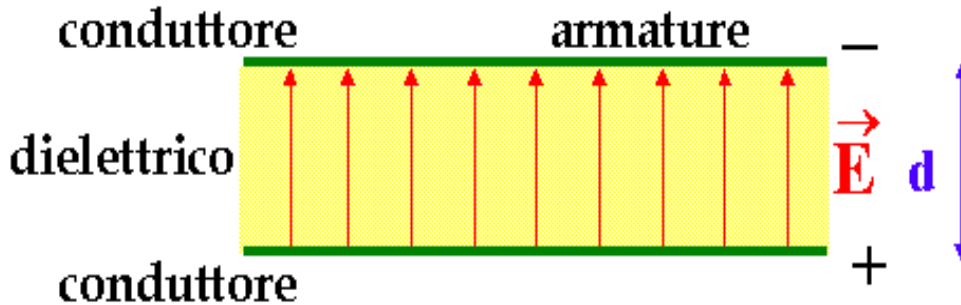
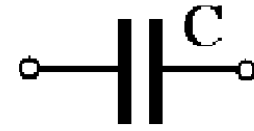
Condensatore

- Due conduttori (**armature**)
- con carica **$+Q$** e **$-Q$** uguale ed opposta
- molto vicini tra loro a distanza **d**
- separati da un isolante (**dielettrico**).



Condensatore

- Due conduttori (**armature**)
- con carica **+Q** e **-Q** uguale ed opposta
- molto vicini tra loro a distanza **d**
- separati da un isolante (**dielettrico**).



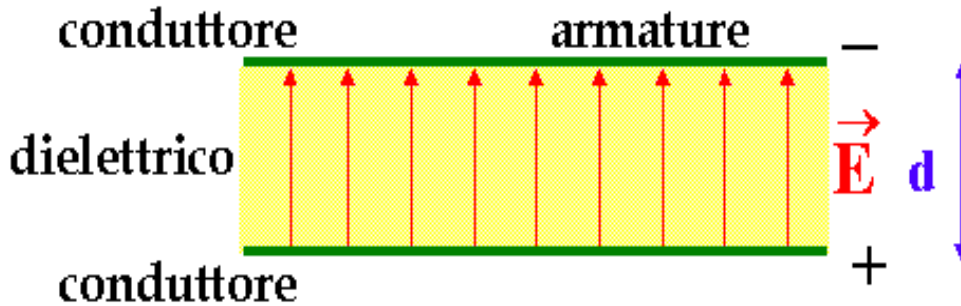
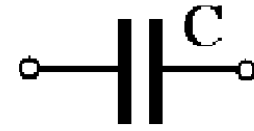
Tra le armature si crea

una differenza di potenziale ΔV

un campo elettrico uniforme $E = \Delta V/d$

Condensatore

- Due conduttori (**armature**)
- con carica **+Q** e **-Q** uguale ed opposta
- molto vicini tra loro a distanza **d**
- separati da un isolante (**dielettrico**).



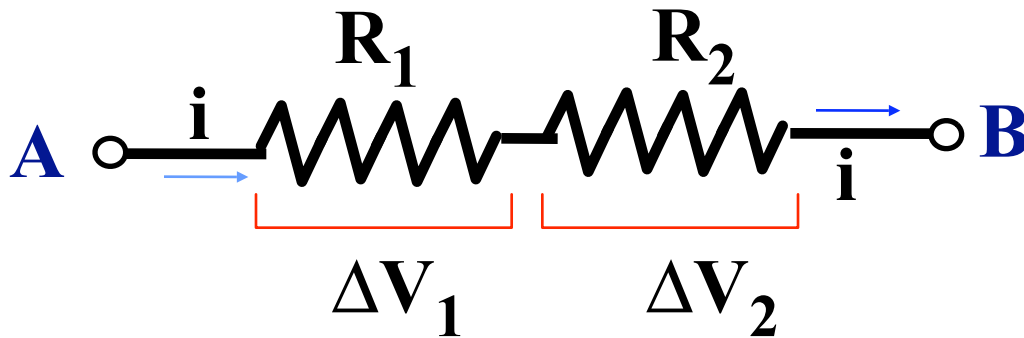
**Capacità
del condensatore:**

$$C = Q/\Delta V$$

Tra le armature si crea
una differenza di potenziale ΔV
un campo elettrico uniforme $E = \Delta V/d$

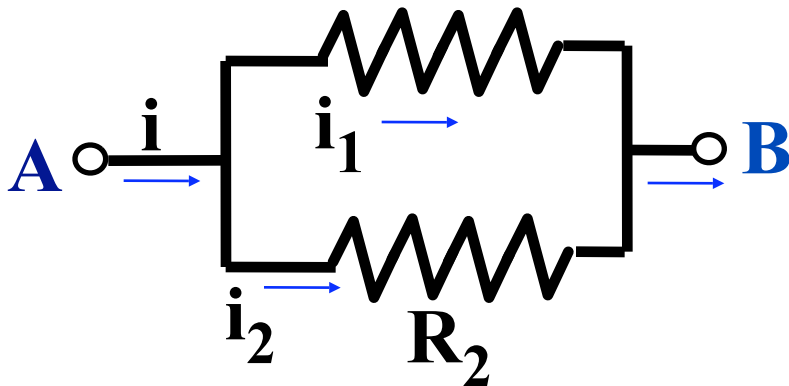
Circuiti elettrici

resistenze in serie



$$R = R_1 + R_2$$

resistenze in parallelo



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$V_A - V_B = \Delta V_1 + \Delta V_2 = Q/C_1 + Q/C_2$$

$$C_2 = Q (1/ C_1 + 1/C_2)$$

$$(V_A - V_B)/ Q = (1/ C_1 + 1/C_2) =$$

$$1/C$$

$$C = Q / (V_A - V_B)$$

$$= Q_1 + Q_2 / \Delta V =$$

$$Q_1 / \Delta V + Q_2 / \Delta V$$

$$= C_1 + C_2$$

Collegamenti di condensatori

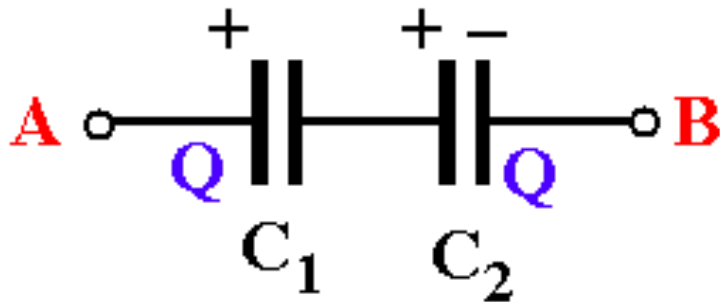
$$V_A - V_B = \Delta V_1 + \Delta V_2 = Q/C_1 + Q/C_2 = Q \left(1/C_1 + 1/C_2 \right)$$

$$(V_A - V_B)/Q = (1/C_1 + 1/C_2) = 1/C$$

$$\begin{aligned} C &= Q / (V_A - V_B) \\ &= (Q_1 + Q_2) / \Delta V = \\ &= Q_1 / \Delta V + Q_2 / \Delta V \\ &= C_1 + C_2 \end{aligned}$$

Collegamenti di condensatori

IN SERIE



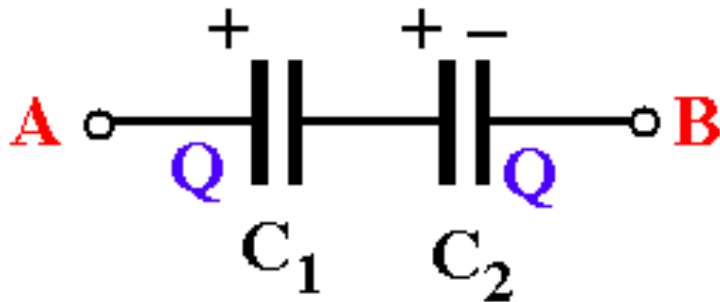
$$V_A - V_B = \Delta V_1 + \Delta V_2 = Q/C_1 + Q/C_2 = Q \left(1/C_1 + 1/C_2 \right)$$

$$(V_A - V_B) / Q = (1/C_1 + 1/C_2) = 1/C$$

$$\begin{aligned} C &= Q / (V_A - V_B) \\ &= Q_1 + Q_2 / \Delta V = \\ &= Q_1 / \Delta V + Q_2 / \Delta V \\ &= C_1 + C_2 \end{aligned}$$

Collegamenti di condensatori

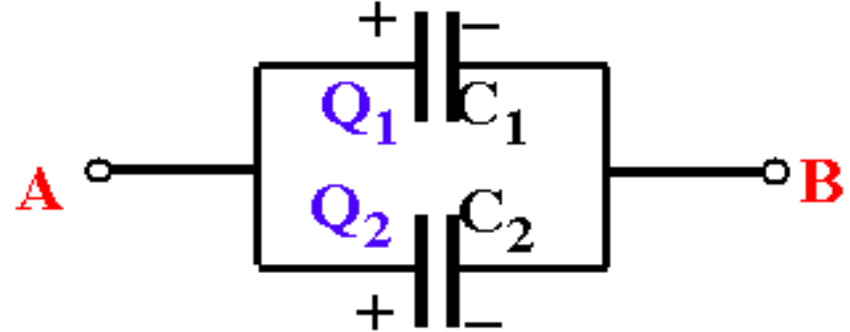
IN SERIE



$$V_A - V_B = \Delta V_1 + \Delta V_2 = Q/C_1 + Q/C_2 = Q \left(1/C_1 + 1/C_2 \right)$$

$$(V_A - V_B)/Q = (1/C_1 + 1/C_2) = 1/C$$

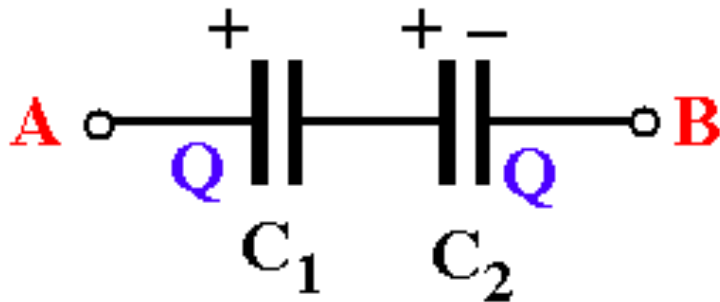
IN PARALLELO



$$\begin{aligned} C &= Q / (V_A - V_B) \\ &= (Q_1 + Q_2) / \Delta V = \\ &= Q_1 / \Delta V + Q_2 / \Delta V \\ &= C_1 + C_2 \end{aligned}$$

Collegamenti di condensatori

IN SERIE

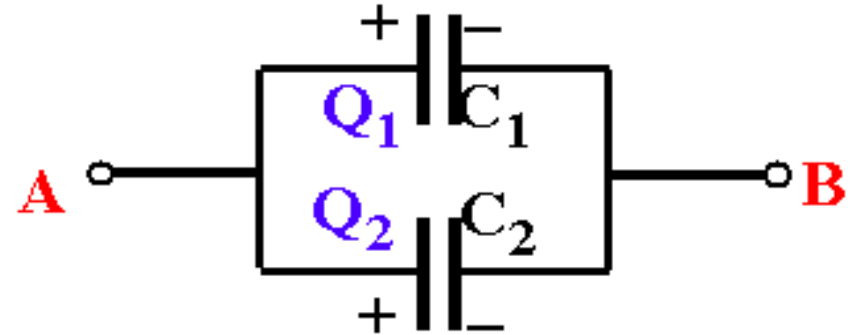


stessa carica - diversa ddp

$$V_A - V_B = \Delta V_1 + \Delta V_2 = Q/C_1 + Q/C_2 = Q \left(1/C_1 + 1/C_2 \right)$$

$$(V_A - V_B)/Q = (1/C_1 + 1/C_2) = 1/C$$

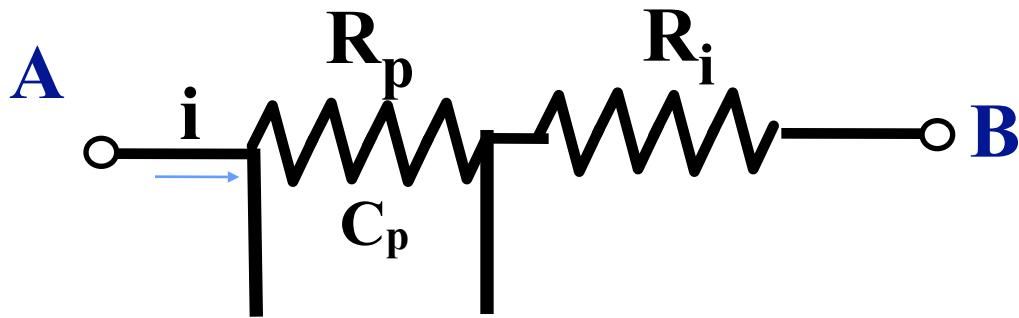
IN PARALLELO



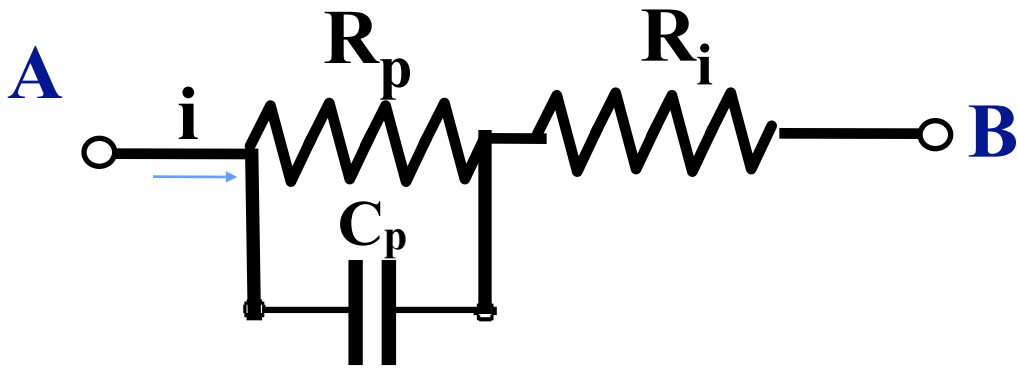
stessa ddp - diversa carica

$$\begin{aligned} C &= Q / (V_A - V_B) \\ &= (Q_1 + Q_2) / \Delta V = \\ &= Q_1 / \Delta V + Q_2 / \Delta V \\ &= C_1 + C_2 \end{aligned}$$

- schema corpo umano



- schema corpo umano



Resistenza elettrica del corpo umano

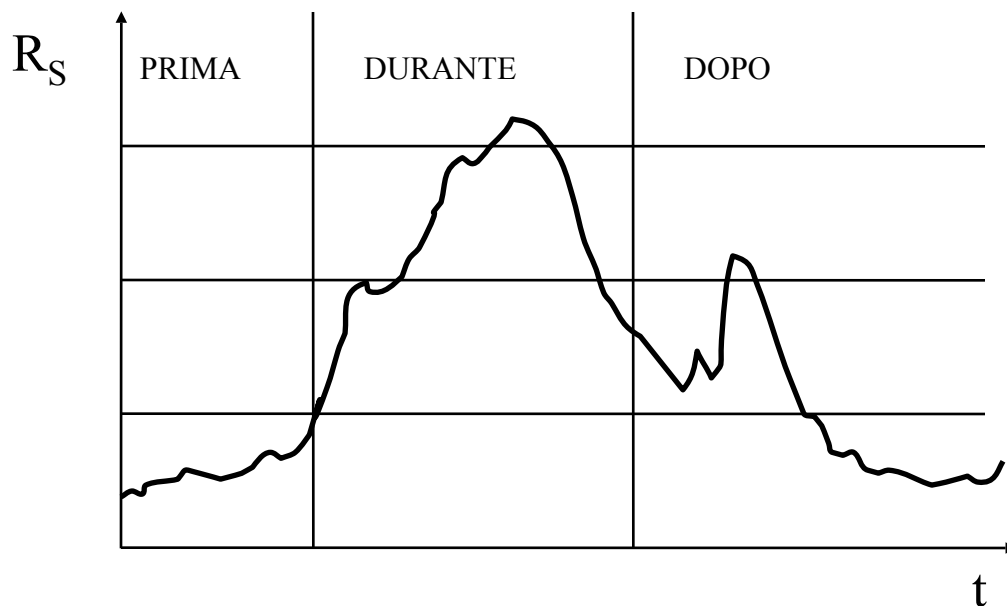
La resistenza del corpo umano è una grandezza estremamente variabile anche con le condizioni ambientali.

La resistenza varia nella stessa persona al variare delle condizioni fisiologiche: ad esempio la resistenza varia prima, durante e dopo un periodo di intensa concentrazione mentale!

Resistenza elettrica del corpo umano

La resistenza del corpo umano è una grandezza estremamente variabile anche con le condizioni ambientali.

La resistenza varia nella stessa persona al variare delle condizioni fisiologiche: ad esempio la resistenza varia prima, durante e dopo un periodo di intensa concentrazione mentale!



Le variabili

La resistenza interna R_i del corpo umano dipende soprattutto dal tragitto della I e in misura minore dalla superficie di contatto degli elettrodi.

La R è concentrata soprattutto negli arti, sup.ed inf., di sezione ridotta e costituiti di muscoli ed ossa.

Resistenza elettrica del corpo umano

–Tensione di contatto

La resistenza della pelle diminuisce all'aumentare della V applicata al corpo umano.

Per $V > 100V$ la R della pelle è trascurabile.

Per $200V$ la R è cortocircuitata dalla C e la R coincide con quella interna.

b) Stato della pelle

L'umidità diminuisce la R della pelle.

Il sudore -essendo una soluzione di $NaCl$ - peggiora la situazione fino a dimezzare i valori della R corrispondente a condizioni asciutte.

Se la pelle è tagliata, ferita o contusa la R scende a valori molto bassi, al contrario se la pelle è ispessita!

c) Superficie di contatto

All'aumentare della superficie di contatto diminuisce la R della pelle ed è tanto più influente quanto minore è la V .

d) Pressione di contatto

Ad una maggiore pressione corrisponde una maggiore R .

e) Durata di contatto

Con il prolungarsi del contatto diminuisce la R , ma se la quantità di calore è tale da carbonizzare la pelle, la R risale anche a valori elevati.

f) Frequenza della I

All'aumentare della frequenza l'impedenza del corpo umano si riduce gradualmente fino a ridursi alla sola R_i

Pericolosità del percorso

Uno stesso valore di V applicato tra punti diversi del corpo corrisponde a I diverse, perché ad ogni percorso corrisponde un percorso diverso!

Anche la probabilità di innesco della fibrillazione dipende dal percorso a parità di corrente.

Poiché quanto più è piccola la resistenza R_B tanto maggiore è il valore della I e tanto maggiore è il percorso tanto maggiore

è la probabilità di fibrillazione si ha:

percorso più pericoloso corrisponde al max valore di F/R_B