

# Seminarium 4

## Właściwości elektryczne i magnetyczne substancji

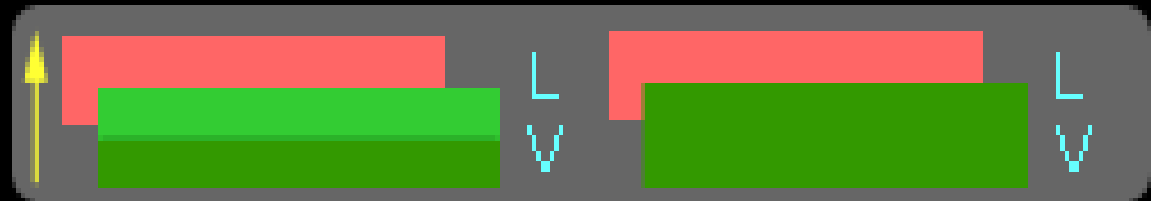


**Właściwości elektryczne substancji:  
przewodniki, półprzewodniki i dielektryki.  
Przewodniki I i II rodzaju.**



# Poziomy walencyjne V i przewodnictwa L

Metale



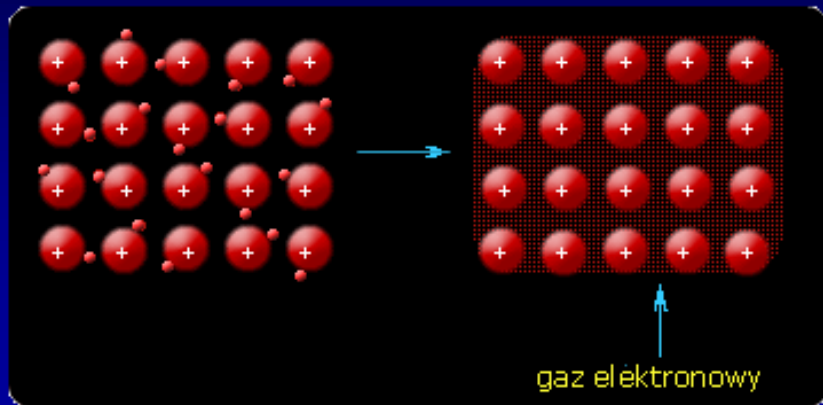
Półprzewodniki



Izolatory



# Przewodniki I i II rodzaju



**I - go rodzaju  
(elektronowe):**

**metale**

**metale polimerowe**

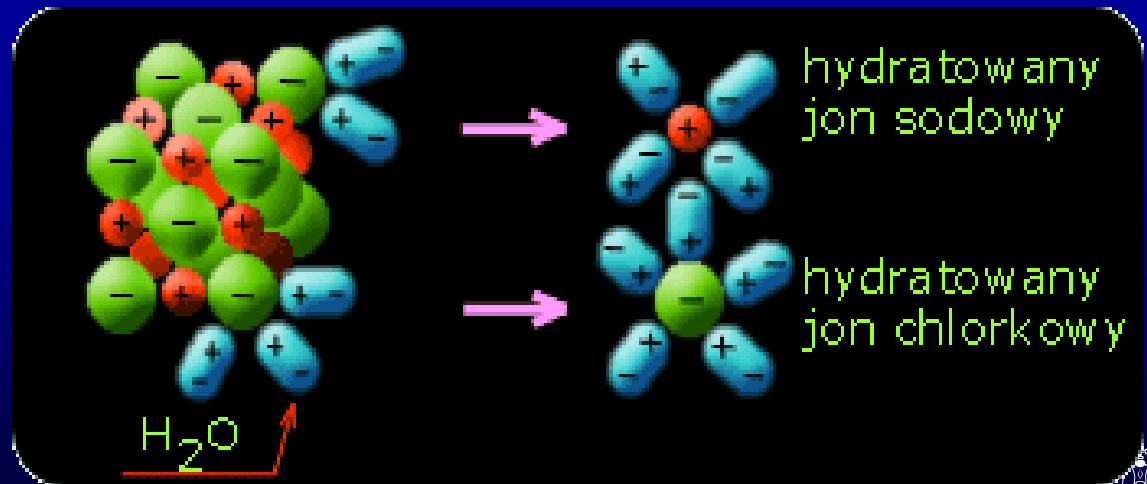
**nanorurki węglowe**

**II – go rodzaju  
(jonowe):**

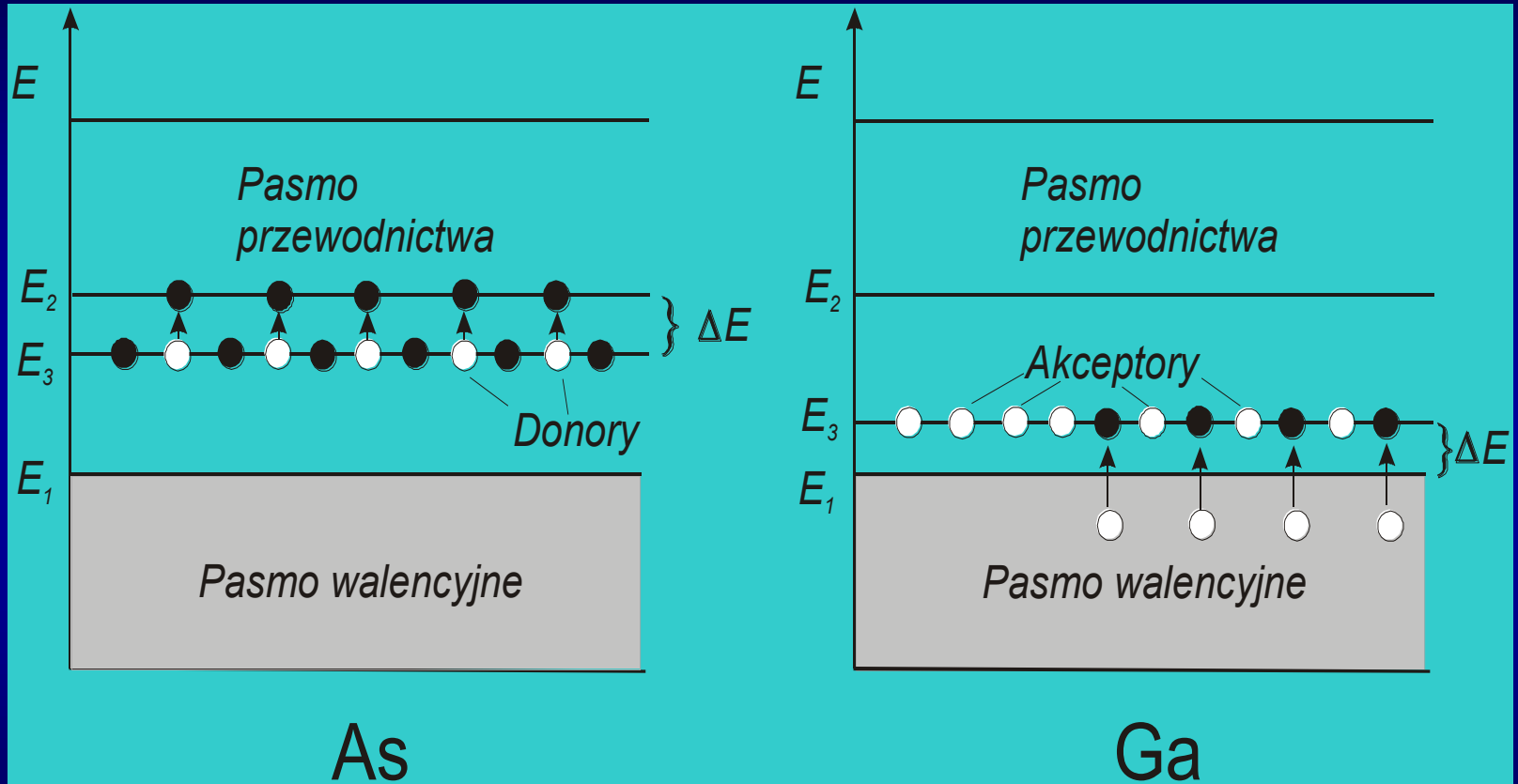
**elektrolity**

**stopione sole**

**zjonizowane gazy**



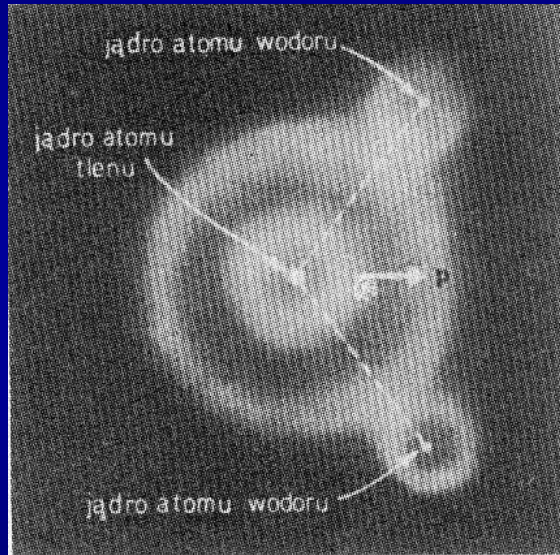
# Półprzewodniki



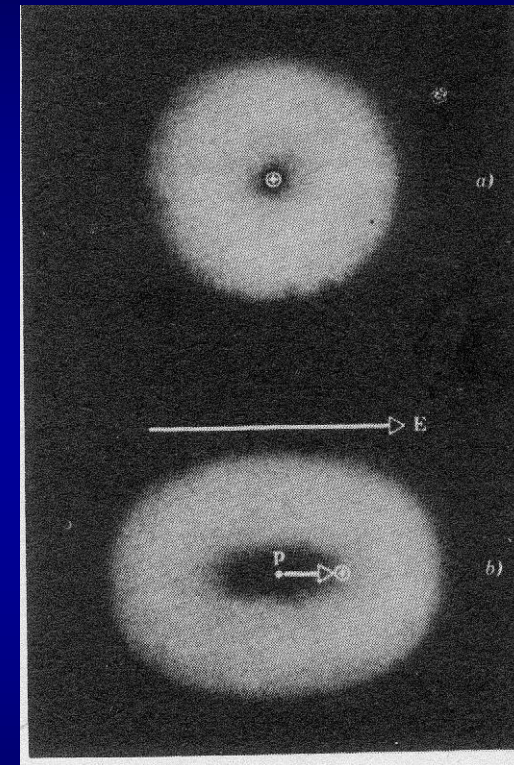
$$\Delta E \text{ dla As} \approx 0.05 \text{ eV}$$



# Izolatory



**Trwały dipol wody**



**Indukowany dipol wodoru**



# Nadprzewodnictwo

- elektrony łączą się w pary (pary Coopera) i praktycznie poruszają się w przewodniku bez oddziaływania z siecią.
- warunek powstawania par: temperatura  $\sim 10$  K.
- nadprzewodnictwo wysoko-temperaturowe  $\sim 100$  K.

Magnesy nadprzewodzące wykorzystywane w tomografii rezonansu magnetycznego.



# Przewodnictwo elektryczne tkanek i narządów. Względna przenikalność elektryczna. Elektryczny model tkanki.





# Własności elektryczne ciał

- Przewodność właściwa  $\sigma$

$$\frac{S}{m} \quad \text{Siemens / metr}$$

Miara podatności materiału na przepływ prądu elektrycznego.

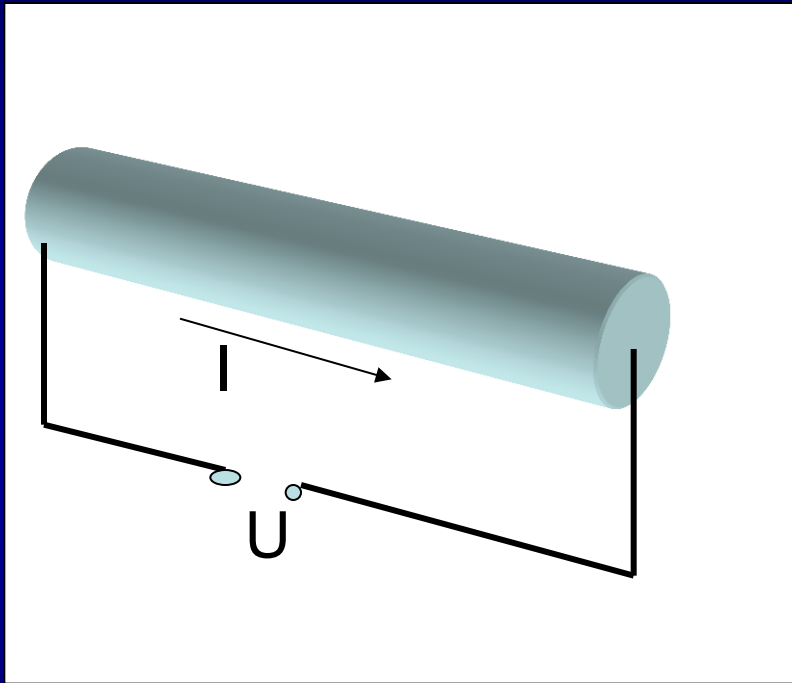
- Opór właściwy

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad \Omega \cdot m$$

Miara oporu z jakim materiał o danych wymiarach przeciwstawia się przepływowi prądu elektrycznego.



# $\rho$ - opór właściwy [ $\Omega \cdot m$ ]



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

U - napięcie [V]  
I - natężenie [A]  
R - opór [ $\Omega$ ]

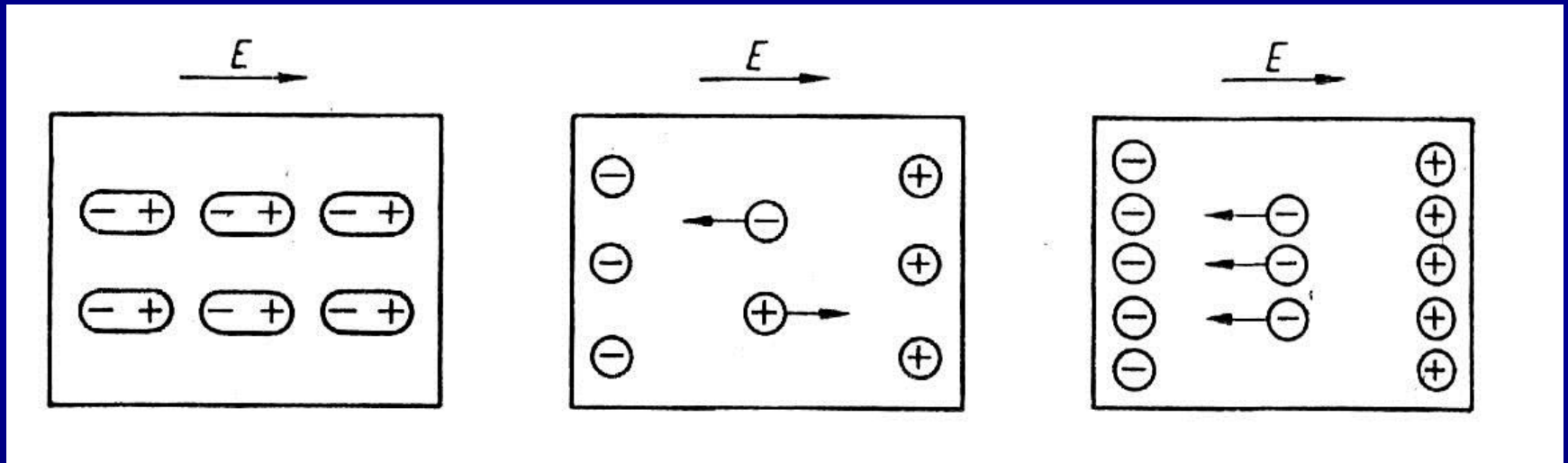
Z prawa Ohma:

$$R = \frac{U}{I}$$



# Prąd elektryczny

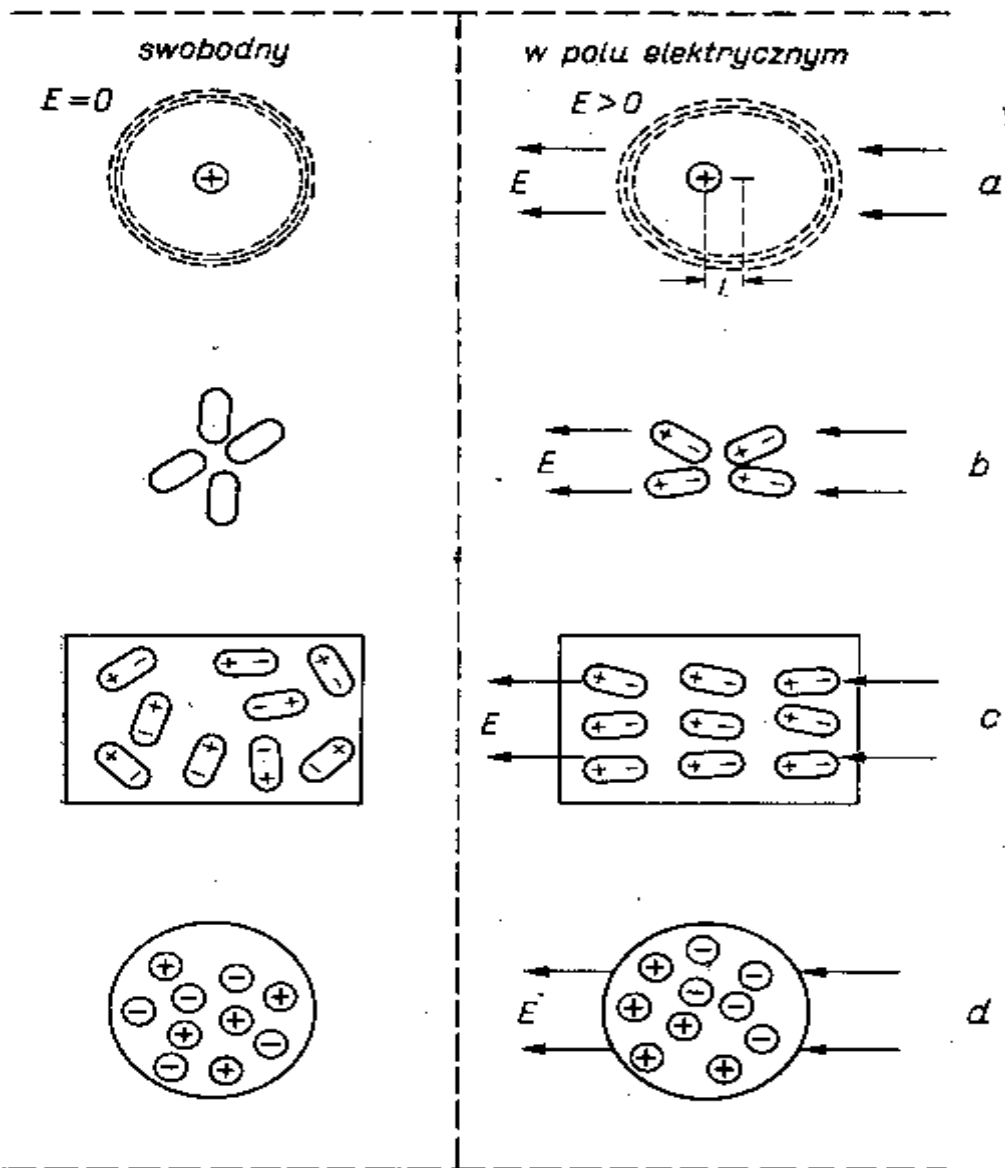
$E$  – natężenie pola elektrycznego



$I = 0$

$I > 0$

$I \gg 0$



atom

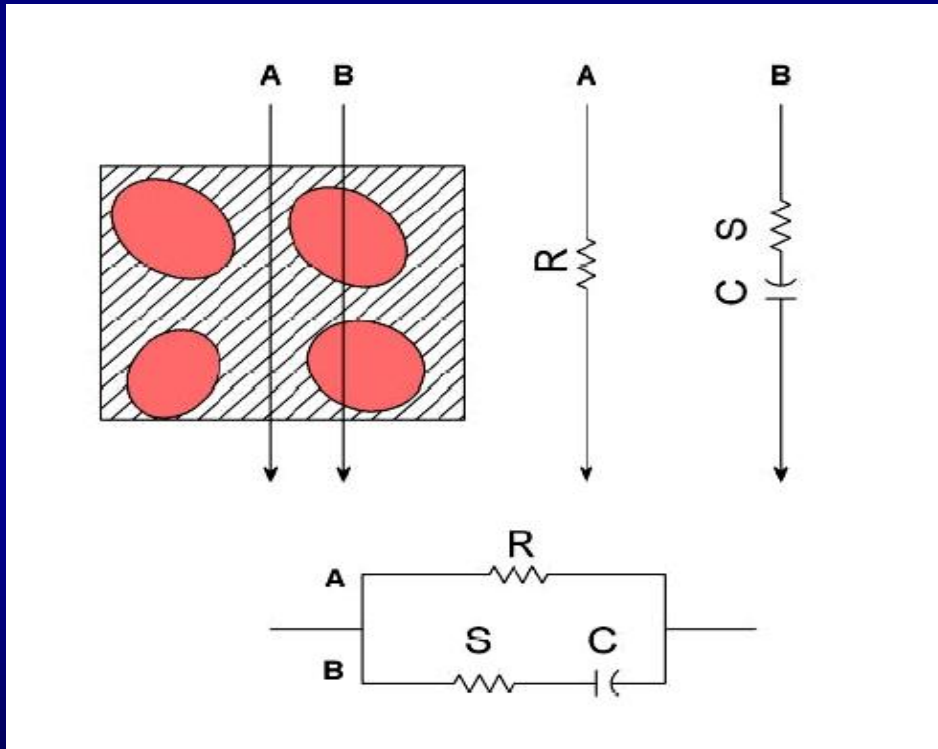
cząsteczka  
niepolarna

cząsteczka  
polarna

jony

# Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

## Model elektryczny tkanki



## Zawada gałęzi B

$$Z_B = \sqrt{S^2 + \frac{1}{(2\pi f \cdot C)^2}}$$

## Wyliczenie zawady całkowitej

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{Z_B}$$

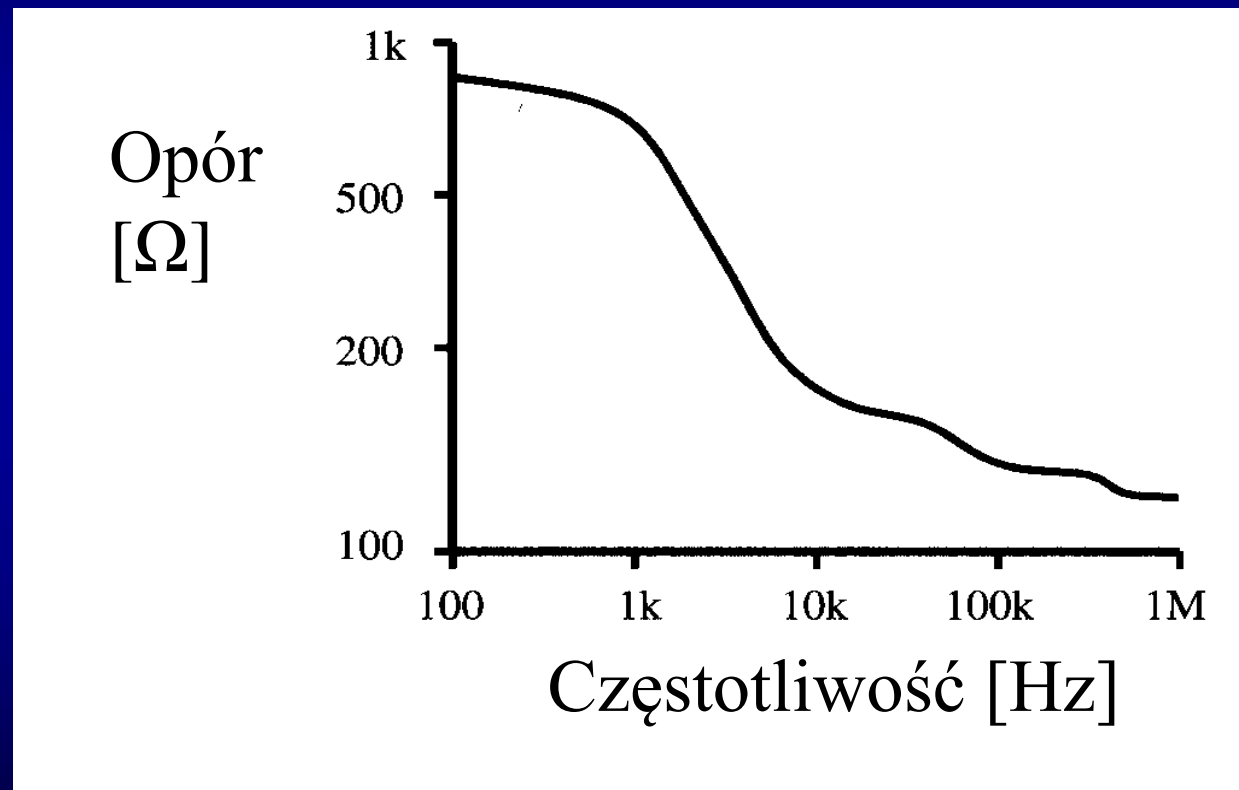
<b>Tkanka</b>	<b><math>\rho</math> [<math>\Omega \cdot m</math>]</b>	<b><math>\nu</math> [kHz]</b>
---------------	--	-------------------------------

<b>Krew</b>	<b>1.46÷1.76</b>	<b>1÷100</b>
<b>Mięsień podłużny</b>	<b>1.25÷3.45</b>	<b>0.1÷1</b>
<b>Mięsień poprzeczny</b>	<b>6.75÷18.0</b>	<b>0.1÷1</b>
<b>Płuca wdech</b>	<b>17.0</b>	<b>100</b>
<b>Płuca wydech</b>	<b>8.0</b>	<b>100</b>
<b>Substancja szara</b>	<b>2.8</b>	<b>100</b>
<b>Substancja biała</b>	<b>6.8</b>	<b>100</b>
<b>Tłuszcz</b>	<b>20.0</b>	<b>1÷100</b>
<b>Kość</b>	<b>&gt; 40</b>	<b>1÷100</b>



# Przepływ prądu zmiennego przez organizm

## Pomiar impedancji jamy brzusznej



Konkretne wartości zależą od kształtu elektrod, stanu skóry i miejsca przyłożenia.

# Porażenia prądem elektrycznym.





# Porażenia prądem elektrycznym

- **Mechanizm porażenia** polega na tym, że ciało zostaje włączone w dwóch punktach do obwodu elektrycznego (np. ręka człowieka stojącego na ziemi dotyka przewodu elektrycznego), co powoduje przepływ prądu elektrycznego lub przeskok iskry elektrycznej prądu wysokiego napięcia. W rezultacie dochodzi do uszkodzenia tkanek w dwóch mechanizmach: bezpośredniego wpływu elektryczności i przemianie energii elektrycznej w energię cieplną wskutek oporności elektrycznej tkanek.

## Następstwa porażenia prądem zależą od kilku czynników:

- drogi przepływu prądu – czy jest to na przykład mózg czy serce,
- czasu działania prądu,
- oporności - tzn. przez jaki materiał płynie prąd - czy jest to nieosłonięta skóra, śluzówki, czy miejsce porażenia jest okryte ubraniem, obuwem,
- czy jest to prąd stały czy zmienny,
- częstotliwości prądu,
- natężenia prądu,
- napięcia.



# Porażenia prądem elektrycznym

- **Napięcie dotykowe** – jest to napięcie między dwoma punktami mającymi różny potencjał elektryczny, będącymi często fragmentami różnych obwodów elektrycznych, z którymi mogą zetknąć się jednocześnie ręce lub ręka i stopy, albo inne części ciała człowieka.
- **Napięcie rażeniowe** – jest to spadek napięcia na drodze przepływu prądu przez ciało człowieka.



# Najbardziej niebezpieczny jest dla człowieka prąd przemienny o częstotliwości 50 – 60 Hz.

- Stwierdzono, że ludzie są mniej wrażliwi na działanie **prądu stałego** niż **przemiennego**. Dotyczy to natężeń do 20 mA.
- Przy prądzie przemiennym 50 – 60 Hz wyprostowanie palców i **samodzielne oderwanie** ich od przewodu jest jeszcze możliwe przy natężeniu prądu: **dla kobiet  $\leq 10,5$  mA**, dla mężczyzn  $\leq 16$  mA.



# Porażenia prądem elektrycznym

- **Zatrzymanie krążenia krwi na czas dłuższy niż 3 - 5 minut prowadzi nieodwołalnie do śmierci.** Spowodowane jest ono zawsze wstrzymaniem lub niedostateczną pracą serca, albo też migotaniem (fibrylacją) komór sercowych.
- Czynnikiem decydującym o wystąpieniu migotania jest, obok wartości natężenia prądu, czas przepływu. **Przy czasach krótszych od 0,2 s możliwość wystąpienia migotania jest niewielka.**



# Objawy działania prądu przemiennego 50 – 60 Hz na człowieka przy przepływie na drodze ręka – ręka lub noga – ręka (wartość skuteczna prądu [mA])

- **0 – 0,5** Prąd niewyczuwalny.
- **0,6 – 1,6** Prąd wyraźnie wyczuwalny (swędzenie łąskotanie).
- **1,6 – 3,5** Cierpięcie dłoni i przegubów, lekkie sztywnienie rąk.
- **3,5 – 15** Silne sztywnienie rąk, ból przedramion, skurcze dłoni i drżenie rąk; przy wzroście wartości prądu coraz silniejsze skurcze mięśni palców i ramion, zaciskanie się rąk obejmujących przedmiot i niemożność samodzielnego oderwania się.
- **15 – 25** Niekontrolowane skurcze, utrudniony oddech, wzrost ciśnienia krwi; prąd nie powoduje groźnych następstw przy czasie przepływu nie dłuższym niż kilkanaście sekund.
- **25 – 50** Bardzo silne skurcze mięśni rąk i klatki piersiowej; nieregularność pracy serca, przy dłuższym działaniu prądu w górnym zakresie – migotanie komór sercowych.
- **50 – 70** Migotanie komór sercowych, porażenie mięśni oddechowych, przy dłuższym działaniu śmierć przez uduszenie.
- **> 70** Przy dłuższym działaniu zwykle kończy się śmiercią.



# Czynność bioelektryczna serca.

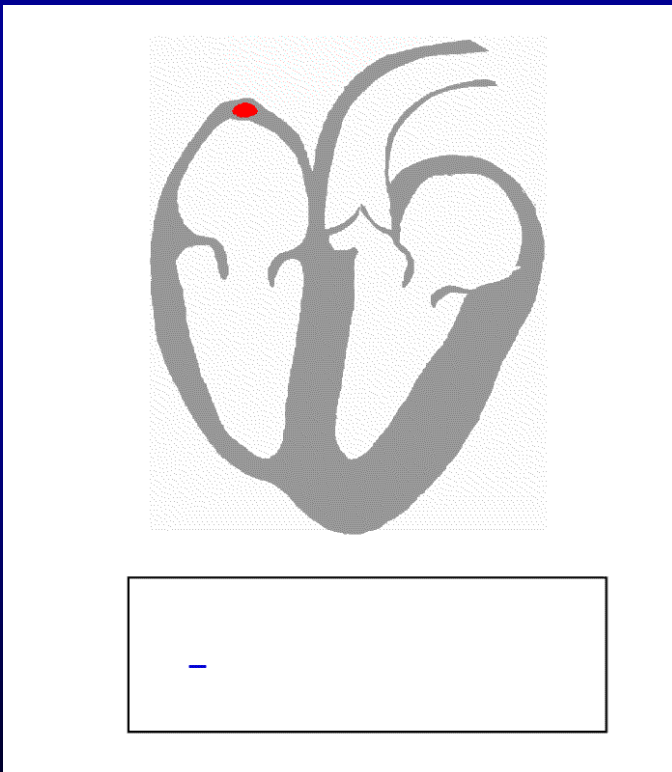
## Rozrusznik serca.

## Defibrylator



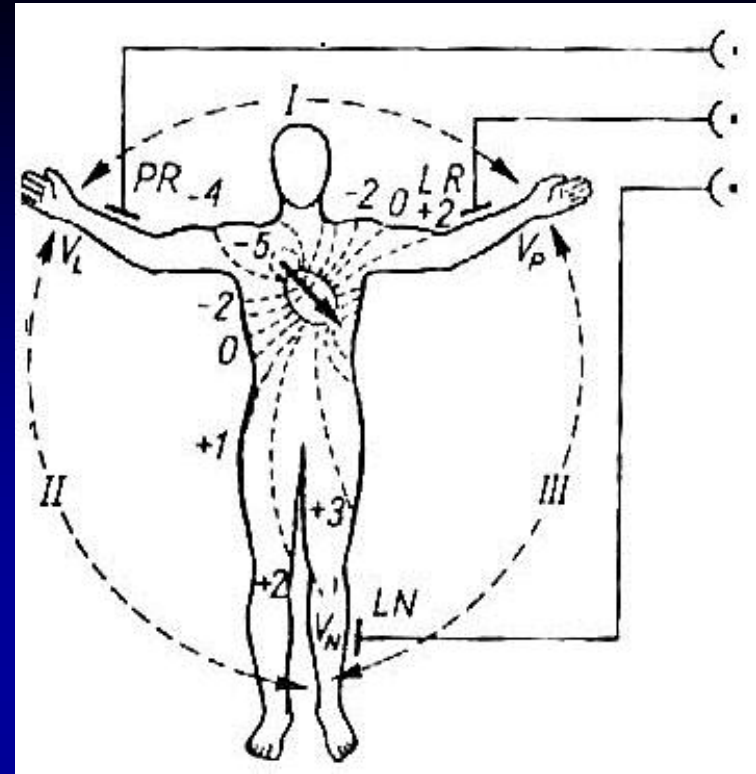
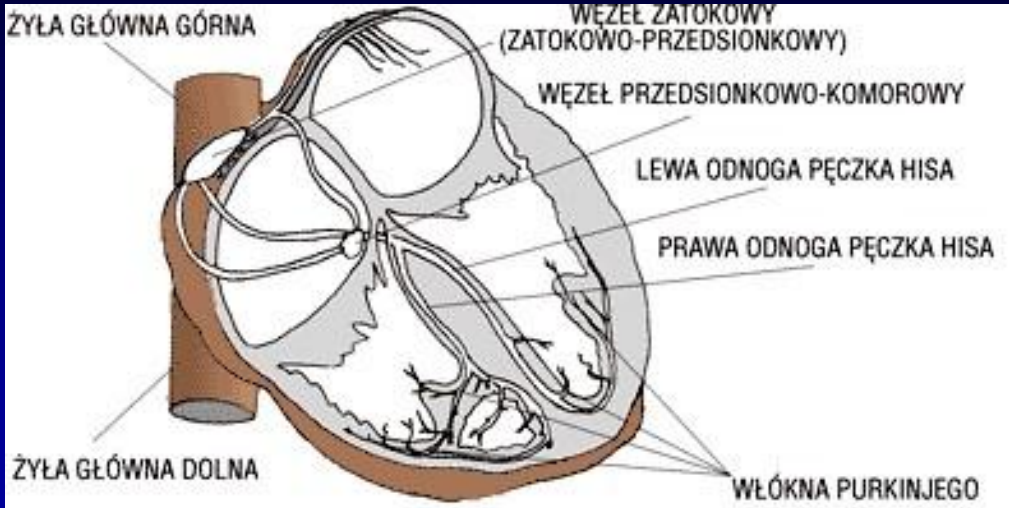
# Czynność bioelektryczna serca

Elektrokardiografia - podczas wzbudzenia i repolaryzacji serca powstaje pole elektryczne, które można rejestrować na powierzchni ciała - tak zwane potencjały wywołane. Także praca innych organów organizmu człowieka wywołuje specyficzne potencjały na powierzchni ciała. Między różnymi punktami ciała można rejestrować zmieniającą się w czasie, w rytmie zmian wielkości i kierunku natężenia pola elektrycznego związanego z pracą serca, różnicę potencjałów - elektrokardiogram (EKG).



EKG obrazuje bioelektryczną,  
a nie mechaniczną pracę serca!

# EKG

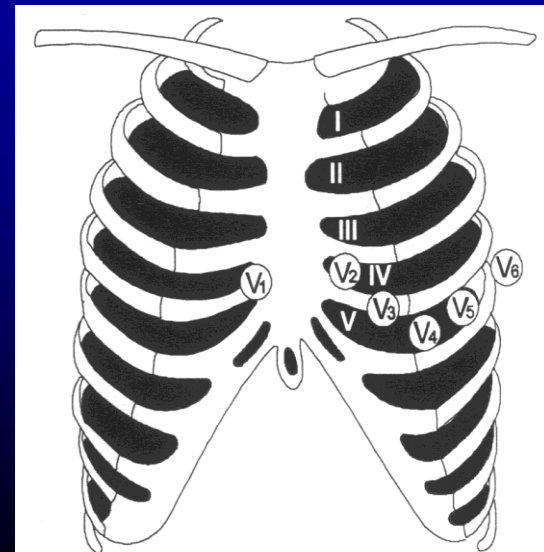


W połączeniu elektrod według schematu Einthovena (standardowe **odprowadzenia dwubiegunowe**) wprowadzono następujące oznaczenia elektrod:

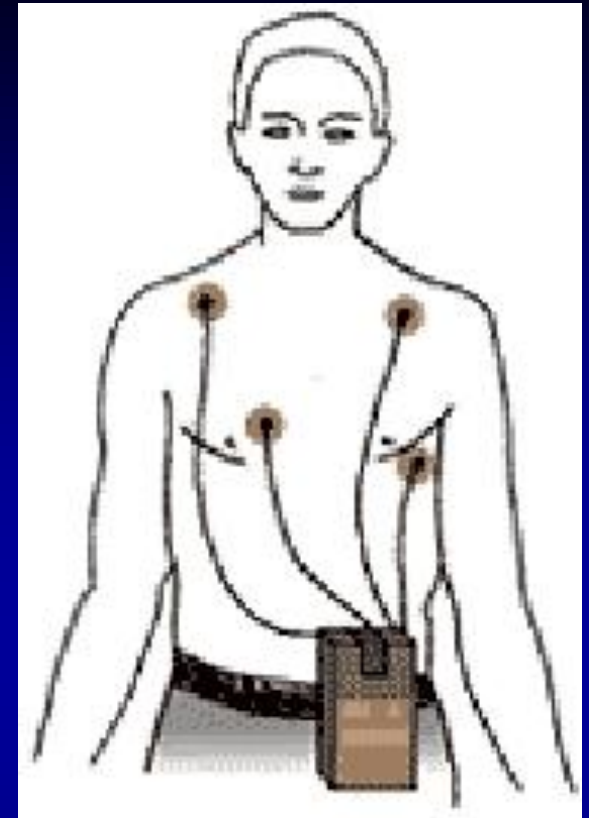
- R** – czerwona      prawa ręka
- L** – żółta          lewa ręka
- F** – zielona        lewa noga
- N** – czarna        prawa noga      ←

/elektroda dodatkowa eliminująca różnicę potencjałów pomiędzy ciałem pacjenta a aparatem EKG/

**Elektrody jednobiegunowe na poziomie 4-ego i V-ego międzyżebra**

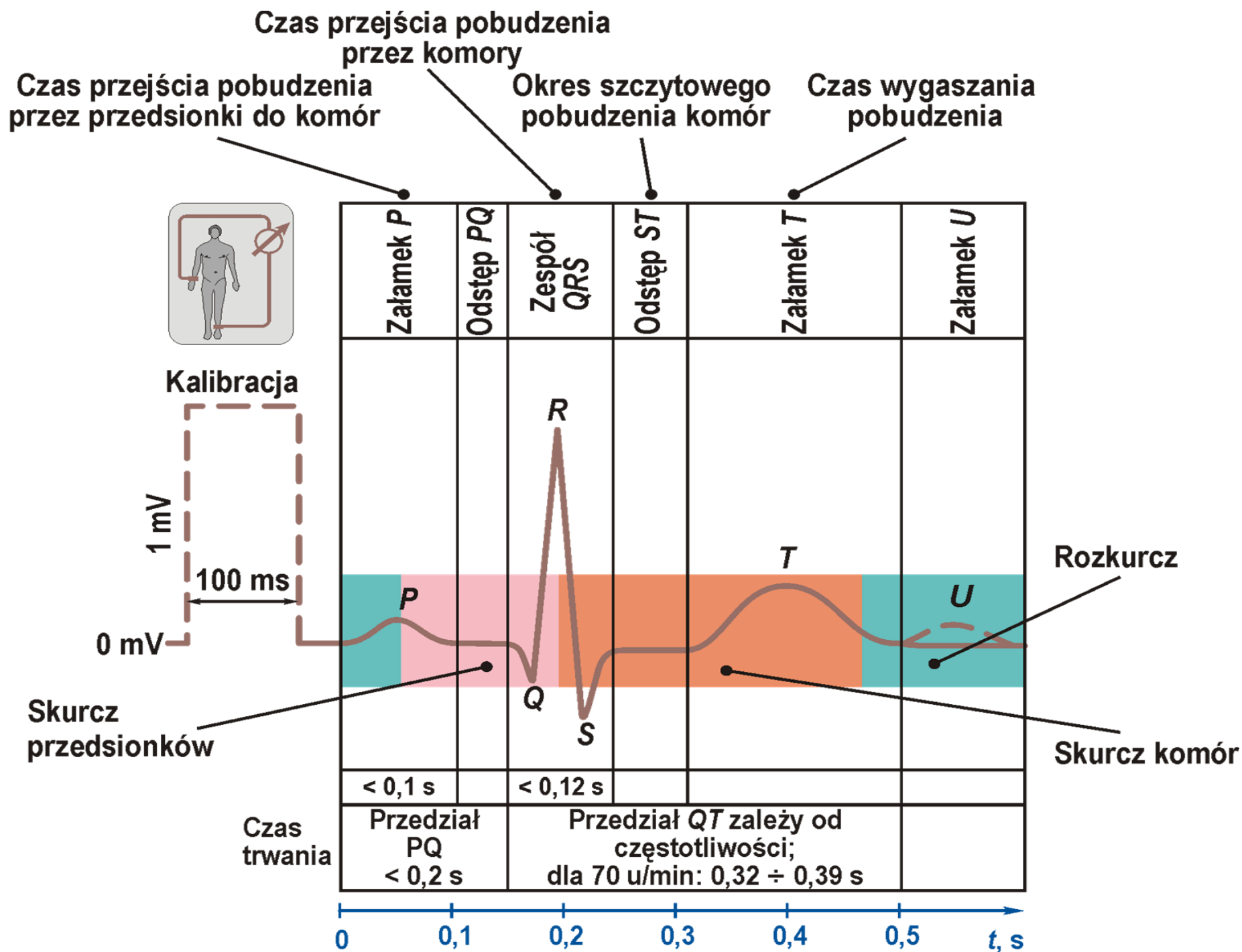






Kolejny rysunek przedstawia typowe EKG zarejestrowane przy pomocy elektrod mierzących różnicę potencjałów pomiędzy prawą ręką i lewą nogą, której przyporządkowano postępujący proces pobudzenia związany z tzw. „automatyzmem” serca.





- Zespół PQ związany jest z powstawaniem pobudzenia w węźle zatokowo-przedsionkowym i rozprzestrzenianiem się pobudzenia w przedsionkach (najpierw w prawym, potem w lewym).
- Proces repolaryzacji przedsionków pokrywa się z początkiem przejścia pobudzenia przez komory. Przejście to ilustruje tzw. zespół QRS. Zespół QRS wyraża rozprzestrzenianie się pobudzenia w komorach.
- Załamek T oznacza repolaryzację pobudzenia komór.
- W każdym elektrokardiogramie ważne znaczenie posiada odcinek S-T. Odpowiada on za aktywność wszystkich komórek kurczliwych obydwu komór.
- Wydłużenie odcinka PQ oznacza opóźnienie pobudzenia w węźle przedsionkowo-komorowym lub pęczku Hissa.
- Zwiększenie czasu trwania zespołu QRS dotyczy zakłóceń przewodzenia pobudzenia w komorach serca.
- Niekiedy w elektrokardiogramach pojawia się załamek U, który jest odpowiedzialny za repolaryzację końcowych włókien komórek przewodzenia.



# Stała elektrostymulacja serca

- **Fizjologiczny rozrusznik serca** - węzeł zatokowy oraz drogi szerzenia się prawidłowego pobudzenia roboczego mięśnia serca.
- **Sztuczny rozrusznik serca (stymulator serca, kardiostymulator)**- urządzenie elektryczne (obecnie wszczepiane w ciało chorego) służące do elektrycznego pobudzania rytmu serca gdy naturalny rozrusznik nie spełnia swojej roli.



Rozrusznik serca

Urządzenie stymulujące serce składa się ze stymulatora wszczepianego pod skórę (aktualnie wielkości mniejszej od pudełka zapalek), zawierającego hermetycznie zamknięte w obudowie z materiałów biologicznie obojętnych baterie. Jest on jednocześnie detektorem jak i generatorem impulsów elektrycznych. Impulsy mają woltaż rzędu 0,5 - 5 V i czas trwania 0,2 - 1 ms. W roboczym mięśniu komór serca umieszczenie są metalowe elektrody (2 - 4) pokryte tworzywem sztucznym. Na ich zakończeniach znajdują się zwykle różnego rodzaju wypustki, ułatwiające zamocowanie elektrody w pożądanym miejscu.



Elektroda zostaje wprowadzona przez żyłę do przedsionka lub komory serca, natomiast drugi jej koniec zostaje doprowadzony do **łoży stymulatora** (zwanej także łożem lub kieszenią), czyli miejsca umieszczenia układu bateryjnego. U większości osób łożę wytwarza się na mięśniu piersiowym większym.

W obecnie stosowanych kardiostymulatorach, ich tytanowa obudowa w pewnym stopniu chroni układ elektroniczny przed wpływem promieniowania elektromagnetycznego.

W życiu codziennym oraz w przypadku kontaktu z urządzeniami medycznymi, chorzy z wszczepionym rozrusznikiem muszą zachować ostrożność.



# Defibrylator.

Defibrylator oddziałuje na mięsień sercowy prądem stałym o odpowiednio dużej mocy [J], "resetując" nieregularnie pracujący mięsień serca (lub wogóle nie pracujący) i umożliwiając powrót do normalnej, regularnej pracy serca.

Defibrylacja jest zabiegiem medycznym, który znajduje zastosowanie w niektórych przypadkach arytmii!

Wbrew powszechnej opinii, rytm zwany **asystolią** (wyglądem przypominający na wykresie EKG płaską linię) oraz **PEA** (ang. pulseless electrical activity) aktywność elektryczną bez tętna (prawidłowa czynność elektryczna, ale bez przepływu krwi) **nie poddają** się defibrylacji. Jedynymi rytмами poddającymi się defibrylacji są:

- Migotanie komór
- Trzepotanie komór
- Tachykardia komorowa bez tętna.





## Budowa defibrylatora:

Przebieżny defibrylator składa się z dwóch elektrod oraz jednostki centralnej. Jednostka centralna zależnie od producenta oraz klasy urządzenia może znacznie różnić się wyglądem oraz funkcjami.

### Spotykamy:

- wielofunkcyjne defibrylatory z dużymi wyświetlaczami umożliwiającymi odczytywanie kolejnych parametrów mierzonych przez urządzenie (EKG, temperatura ciała, ciśnienie tętnicze, saturacja, itp.) przez zespół ratunkowy.
- defibrylatory posiadające wyświetlacz jedynie w celu wyświetlenia zapisu EKG.
- defibrylatory typu AED samodzielnie analizujące rytm - przeznaczone do użytku przez zwykłego człowieka, w żadnym stopniu nie przeszkolonego w tego typu działaniach.

### Urządzenia tego typu posiadają dwa główne typy elektrod:

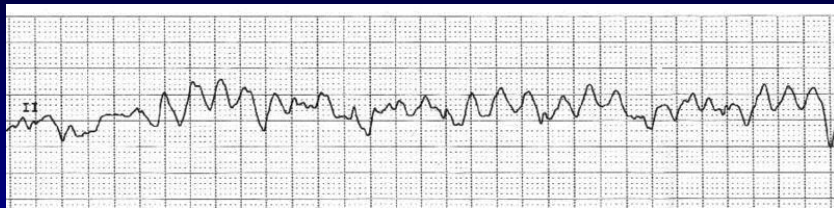
- elektrody typu "łyżki", wymagające przyłożenia ich przez ratownika.
- elektrody przyklejane, po przyklejeniu nie wymagające innych działań.



Przykład nowoczesnego defibrylatora/monitora realizującego równocześnie wiele funkcji używanych w medycynie ratunkowej.

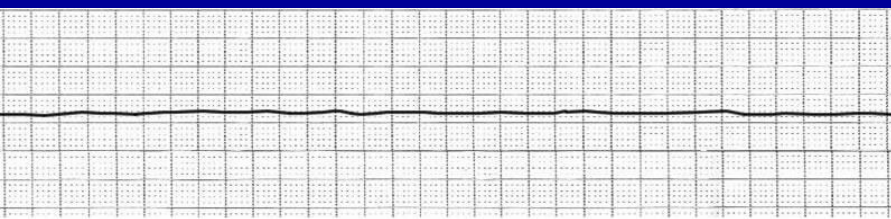
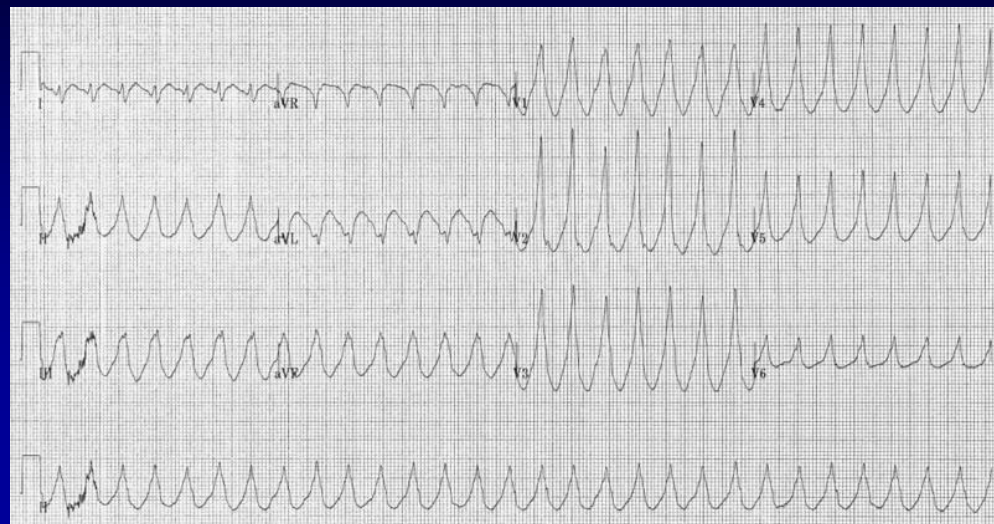


# Defibrylacja



Migotanie komór jako rytm, przy którym jak najszybsze wykonanie defibrylacji zwiększa szanse przeżycia pacjenta.

Tachykardia komorowa. >>



<< Asystolia - przykład rytmu nie poddającego się defibrylacji.

Po jednej defibrylacji (minimalnie 150 J, jeżeli impuls jest dwufazowy lub 360 J dla jednofazowego), należy przeprowadzić natychmiastową resuscytację krążeniowo– oddechową (RKO).

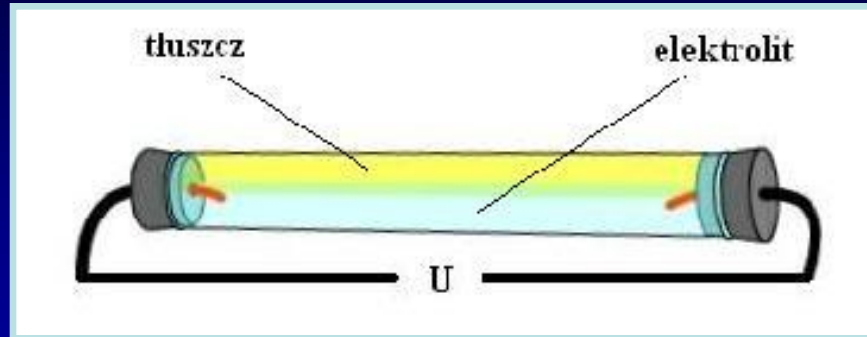




# Bioimpedancja. Pomiar zawartości tkanki tłuszczowej.



# Zasada pomiarów bioimpedancyjnych (BIA)



Naczynie o kształcie walca o długości  $L$  wypełnione w części objętości tłuszczem (nieprzewodzącym prądu o częstotliwości 50 kHz) i w pozostałej części przewodzącym elektrolitem. Impedancja substancji przewodzącej  $Z$  może zostać wyliczona z wzoru:

$$Z = \rho \cdot \frac{L^2}{V}$$

(gdzie:  $\rho$  - opór właściwy części przewodzącej,  
 $L$  – długość obiektu,  $V$  – objętość przewodzącego elektrolitu).

# Oznaczenia w pomiarach BIA

- **MB (Mass of the Body)**– całkowita masa ciała.
- **FFM (Fat-Free Mass)**– masa części nie zawierającej tłuszczu.
- **FM (Fat Mass)**– masa tłuszczu.
- **TBW (Total Body Water)**– całkowita masa wody (ten parametr jest związany z objętością modelowego walca, którego impedancja jest mierzona).
- **ICW (Intra-Cellular Water)**– masa wody wewnątrzkomórkowej.
- **ECW (Extra-Cellular Water)**– masa wody zewnątrzkomórkowej.

$$\text{TBW} = \text{ICW} + \text{ECW}$$



# Oznaczenia w pomiarach BIA

- VP (Visceral Protein)– masa białek.
- BM (Bone Mineral)– masa minerału kostnego.

$$MB = FFM + FM = TBW + VP + BM + FM$$

Empiryczna formuła stosowana do wyliczenia całkowitej masy wody (TBW):

$$TBW = 0.372*(S^2/R) + 3.05*(płeć) + 0.142*(MB) - 0.069*(A)$$

gdzie: S– wysokość ciała w centymetrach

R– oporność (Z dla 50 kHz)

MB– masa ciała w kg

płeć– 1 dla mężczyzn, 0 dla kobiet

A– wiek (w latach).



# Oznaczenia w pomiarach BIA

Tzw. współczynnik (stała) hydratacji dla masy ciała nie zawierającej tłuszczu wynosi 0.73, co pozwala łatwo wyliczyć masę części nie zawierającej tłuszczu (FFM) :

$$\text{FFM} = \text{TBW}/0.73$$

$$\text{FM} = \text{MB} - \text{FFM}$$

procentowa zawartość tłuszczu w organizmie :

$$\% \text{FM} (\% \text{ Body Fat}) = (\text{FM}/\text{MB}) * 100$$

Przykładowe badanie:

- mężczyzna, 25 lat
- S = 170 cm
- MB = 65 kg
- R = 382  $\Omega$

Wyniki analizy:

TBW = 38.7 kg

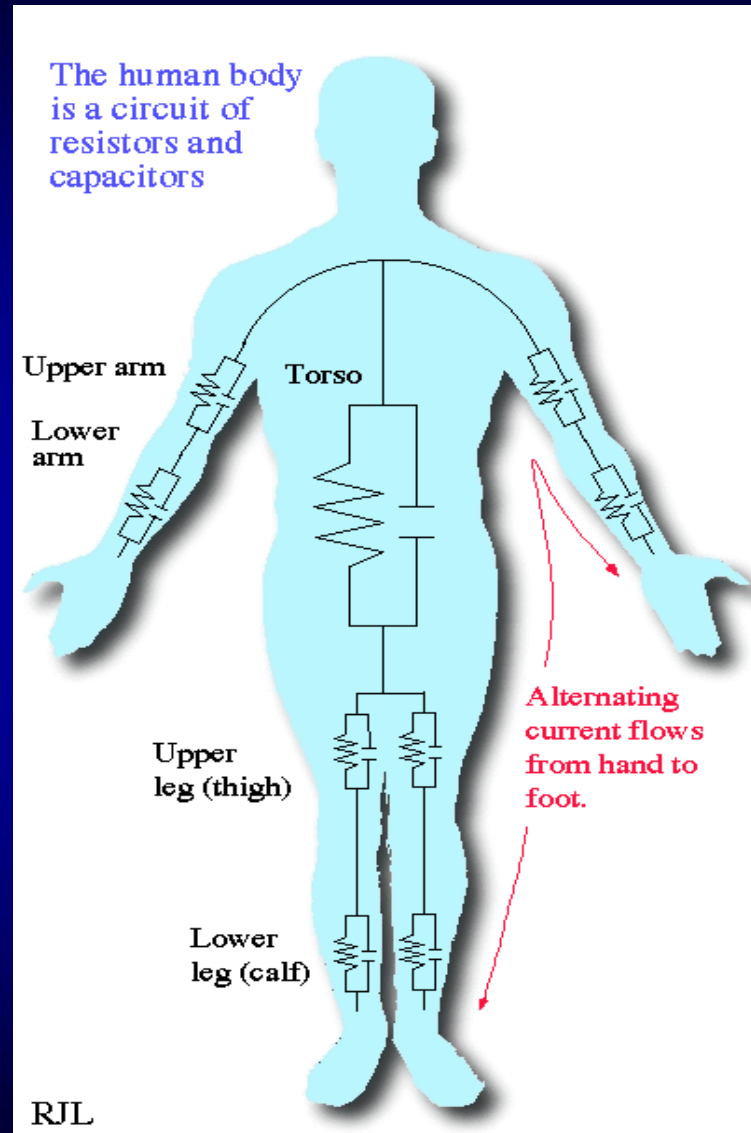
FFM = 53.01 kg

FM = 11.99 kg

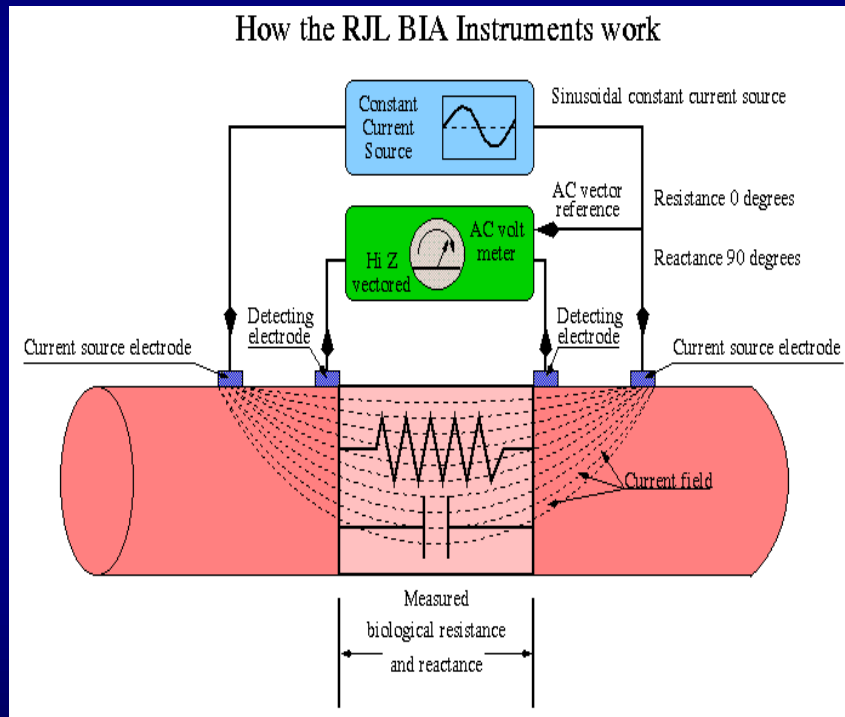
**%Body Fat = 18.5 %**



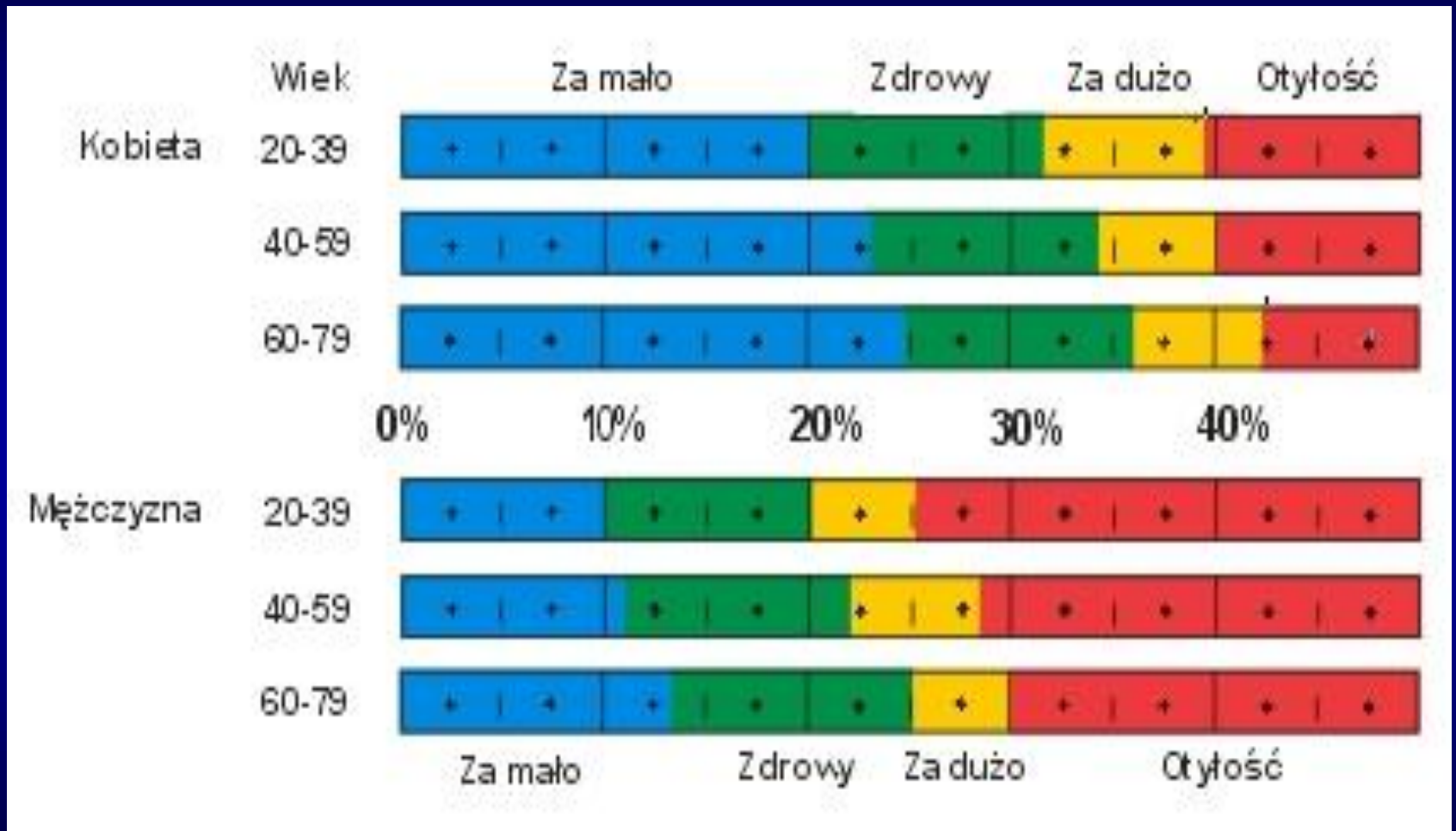
# Pomiar impedancji tkanki



# Czteroelektrodowy pomiar impedancji



# Normy WHO zawartość tkanki tłuszczowej:





# Body Mass Index

$$\text{BMI} = \text{masa ciała [kg]} / \{\text{wzrost [m]}\}^2$$

## Kalkulator BMI (Body Mass Index)

Twoje BMI	Opis
do 18.5	niedowaga
18.5 - 25	prawidłowa waga
25 - 30	nadwaga
od 30	otyłość



# Metody pomiarów bioimpedancyjnych można wykorzystać w diagnostyce serca i płuc:

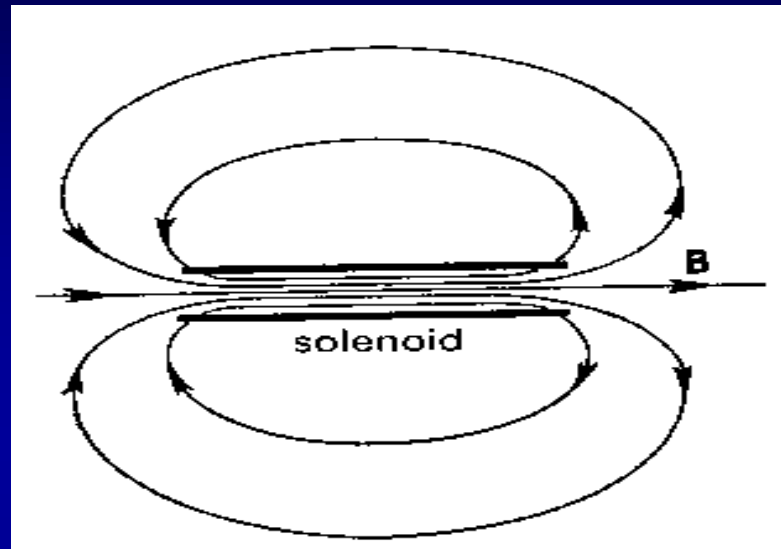
- a) **Kardiografia impedancyjna (z ang. *impedance cardiography*; ICG)-** diagnozowanie takich parametrów: jak pojemność wyrzutowa, pojemność minutowa serca, opór naczyniowy na podstawie detekcji zmian sygnałów elektrycznych.
  
- b) **Pletyzmografia impedancyjna (z ang. *electrical impedance plethysmography*; EIP);** obserwacja zmian pulsacji przepływu krwi w aorcie i przewodnictwa elektrycznego w trakcie oddychania.



# Właściwości magnetyczne substancji. Względna przenikalność magnetyczna.



# Własności magnetyczne ciał



**Doświadczenie:** wsuwamy do wnętrza solenoidu walce wykonane z różnych materiałów:

- ciała wypychane z pola ► **diamagnetyki**
- ciała wciągane do pola ► **paramagnetyki**

$\chi \rightarrow$  podatność magnetyczna

$\mu \rightarrow$  przenikalność magnetyczna

**Diamagnetyki:**  $\chi < 0 \rightarrow \mu < 1$

**Paramagnetyki:**  $\chi > 0 \rightarrow \mu > 1$

**Ferromagnetyki:**  $\chi \gg 0 \rightarrow \mu \gg 1$

**H<sub>2</sub>O**  $\rightarrow \mu = 0.99999912$

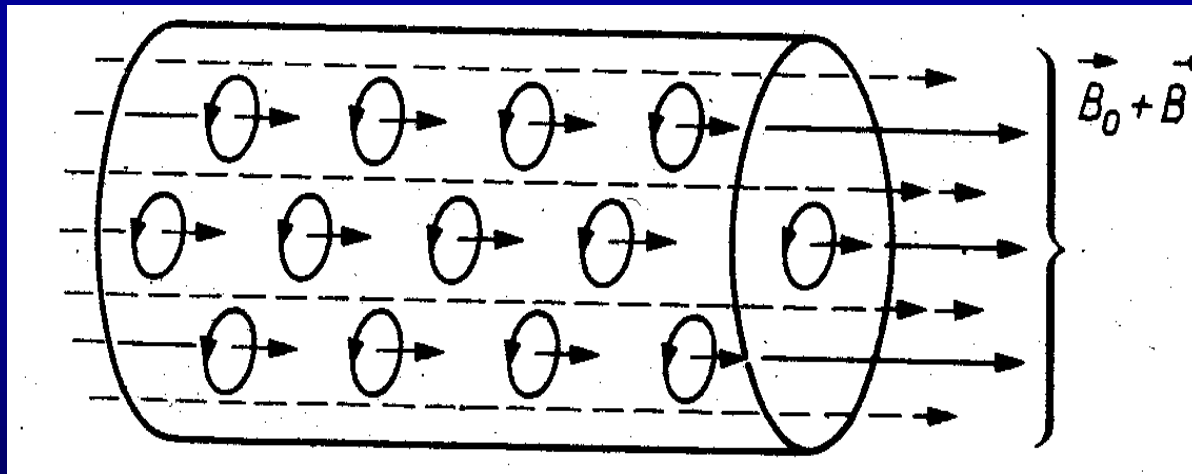
**Powietrze**  $\rightarrow \mu = 1.0000004$

**Fe**  $\rightarrow \mu = \sim 10^4$



# Paramagnetyk

Zewnętrzne pole magnetyczne działa na atomowe dipole magnetyczne ustawiając je równoległe do pola.



# Diamagnetyk

- **bez pola: zerowe momenty magnetyczne atomów i cząsteczek; kompensacja spinowych i orbitalnych momentów magnetycznych elektronów.**
- **pole zewnętrzne likwiduje kompensacje: powstają momenty przeciwdziałające polu (woda, związki ustrojowe).**



**Biologiczne działanie pól  
elektromagnetycznych niskich  
częstotliwości (ELF).  
Magnetoterapia.**





# Smog elektromagnetyczny

- Każdy przewód z prądem wytwarza pole elektryczne (stałe lub zmienne).
- Każda pętla z prądem wytwarza pole magnetyczne (stałe lub zmienne).
- + pole magnetyczne Słońca.
- + ziemskie pole magnetyczne.

$$E = (100 \div 130) \text{ V/m}$$

$$B = (0.3 \div 0.7) \text{ Gs} = (30 \div 70) \mu\text{T}$$



# Przykładowe wartości

Źródło	Częstotliwość	Intensywność	Indukcja magn.B
Lampka (100 W, 30 cm)	50 Hz	~ 150 V/m	
Linia wysokiego napięcia 110 kV	50 Hz	~ (1÷2) kV/m	
Telewizor (100 cm)	50 Hz	~ 200 V/m	~ 0.1 $\mu$ T
Maszynka do golenia (5 cm)	50 Hz	700 V/m	
Sprzęt gospodarstwa domowego	50 Hz	~ 250 V/m (max)	~ 10 $\mu$ T (max)
Kuchenka mikrofalowa (30 cm)	~ 2.45 GHz oraz 50 Hz	~ 10 W/m <sup>2</sup>	~ 5 $\mu$ T
Nadajniki radiowe	~(0.2 ÷ 100) MHz	~ 1 W/m <sup>2</sup>	
Telefon komórkowy	900 MHz	~ 1 W/m <sup>2</sup>	
Radar	~(0.3 ÷ 100) GHz	~ 100 W/m <sup>2</sup>	
<b>Diatermia objętościowa</b>	<b>27 MHz</b>	<b>2 kV/m</b>	
<b>Diatermia powierzchniowa</b>	<b>2.42 GHz</b>	<b>2 kV/m</b>	
<b>Magnetoterapia</b>	<b>max ~ 100 Hz</b>		<b>max 10 mT</b>



# Pola magnetyczne zmienne



**Dwukanałowy generator zmiennego napięcia elektrycznego o regulowanych parametrach, z układem cewek do wytwarzania pól magnetycznych stosowanych w magnetoterapii różnych narządów.**



**Stacjonarne urządzenie do magnetoterapii. Pacjent poddany jest działaniu pól magnetycznych o odmiennych parametrach (sterowanych niezależnie) w obrębie stawów biodrowych i skokowych.**

Zakład Biofizyki CM UJ



# Magnetostymulacja i magnetoterapia

Pola **ELF** stosowane w medycynie mają niskie częstotliwości (do 100 Hz). Są to pola zmienne lub przemienne, o różnym kształcie (sinusoidalne, prostokątne, trójkątne), nie wywierające działania termicznego. Główne działanie wywiera składowa magnetyczna.

W zależności od zakresu indukcji pola magnetycznego rozróżniamy:

- magnetoterapię (0,1 do 10 mT)
- magnetostymulację (poniżej 0,1 mT).



# Magnetoterapia

- Na poziomie narządowym wywiera działanie przeciwbólowe, przeciwobrzękowe, przeciwzapalne, oraz wywołuje przekrwienie.
- Prawdopodobnie przyczyną jest zwiększona bioaktywność wzbudzanych cząsteczek i przyspieszenie metabolizmu komórkowego.
- Poza tym rozszerza naczynia krwionośne, zmniejsza krzepliwość krwi oraz zdolność płytek krwi do zlepiania się i zwiększa wychwytywanie tlenu. Poprawione poprzez działanie pola magnetycznego ukrwienie w komórce wywołuje podniesienie ciśnienia parcjalnego tlenu, co powoduje lepsze wykorzystanie przez nią tlenu.



# Magnetostymulacja

**Magnetostymulacja**- polega na oddziaływaniu na organizm zmiennym polem magnetycznym o indukcji mieszczącej się w granicach pola ziemskiego (poniżej 0,1 mT).

- Wykazuje działanie wspomagające naturalną zdolność organizmu do regeneracji, zmniejsza skutki zaburzeń związanych ze złym wpływem stresu, stylu życia i skażonego środowiska.
- Pole elektromagnetyczne odpowiednio dozowane zmienia przepuszczalność błony komórkowej i różnicę potencjałów elektrycznych, a tym samym wymianę jonów. Magnetostymulacja powoduje przywrócenie normalnych parametrów biochemicznych komórki poprzez wpływ ELF na jej własne pole magnetyczne.

Mechanizmy molekularne odpowiedzialne za lecznicze działanie biostymulacji nie są jednak do końca poznane.



# Elektrodiagnostyka i elektroterapia. Krzywa pobudliwości włókien nerwowych.

**Elektroterapia-** pobudzanie organizmu prądami elektrycznymi przykładanymi bezpośrednio do skóry.

## Klasyfikacja elektroterapii

### Prąd stały

- Galwanoterapia
- Jontoforeza (Jonoforeza)
- Kąpiele elektryczno - wodne.

### Prąd małej częstotliwości

- Elektrostymulacja
- Impulsy trójkątne
- Impulsy prostokątne.

### Prąd średniej częstotliwości

- Prądy interferencyjne Nemeca
- Prądy stereointerferencyjne
- Modulowane prądy średniej częstotliwości.

### Prąd faradyczny

- Przeskórna stymulacja elektryczna - TENS (TES)
- Prądy diadynamiczne - Prądy DD (prądy Bernarda).

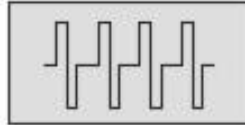




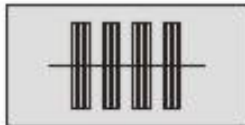
# Dwuobwodowy aparat do elektroterapii SYS STIM 226



## Parametry generowanych prądów:



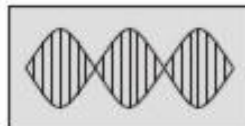
Prąd niskiej częstotliwości o kształcie prostokątnym (TENS) o zakresie częstotliwości 1-120 Hz



Prąd Kotz'a - (prąd średniej częstotliwości 1000-2500 Hz modulowany do częstotliwości od 50 do 80 Hz)



Prąd średniej częstotliwości interferencyjny o kształcie sinusoidalnym o częstotliwościach 4000 Hz oraz 4250 Hz z możliwością modulacji częstotliwości fali nośnej w zakresie 1-250 Hz;



Prąd średniej częstotliwości premodulowany o częstotliwości 4000 Hz o modulacji fali nośnej w zakresie 1-250 Hz;

## Dostępne opcje modulacji amplitudy:

- Tryb ciągły
- Tryb przerywany wykorzystywany w stymulacji mięśni z możliwością ustawienia czasu stymulacji.
- Tryb naprzemienny wykorzystywany w stymulacji dwuobwodowej antagonistycznych grup mięśniowych z możliwością ustawienia czasu stymulacji.



# Zasada pomiaru

Pomiary wykonuje się z pomocą standardowej aparatury. Oceny pobudliwości obwodowych nerwów ruchowych dokonuje się z pomiarów wyznaczonej krzywej Hoorwega- Weissa tj. reobazy, chronaksji, wartości progowej akomodacji oraz współczynnika akomodacji.

Krzywą należy wyznaczyć z pomiarów minimalnych natężeń prądów wywołujących przy określonym czasie trwania impulsu, widoczny skurcz mięśnia.

