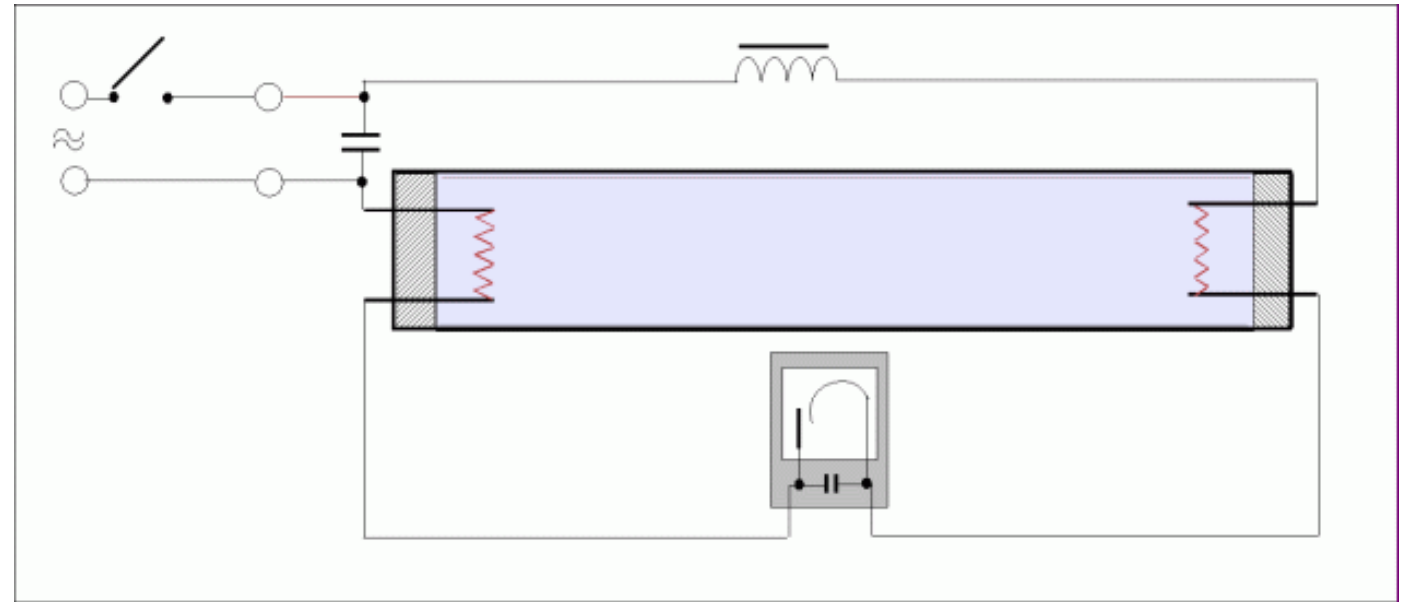


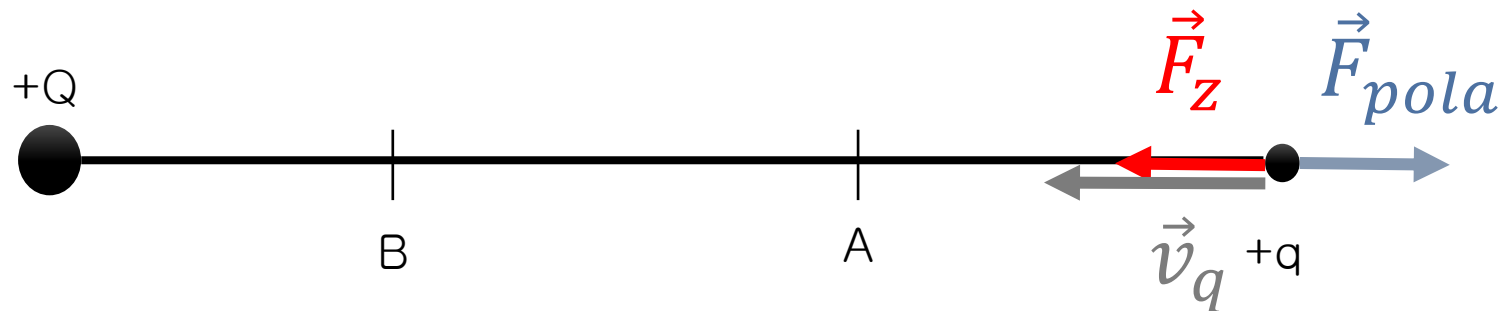
DEMONSTRACJA – TRANSFORMATOR TESLI I ŚWIETŁÓWKA



1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

Potencjał danego punktu A pola elektrostatycznego to iloraz pracy, którą siła zewnętrzna musi wykonać, żeby przesunąć próbny ładunek dodatni z nieskończoności do punktu A **ruchem jednostajnym**, i tego ładunku:

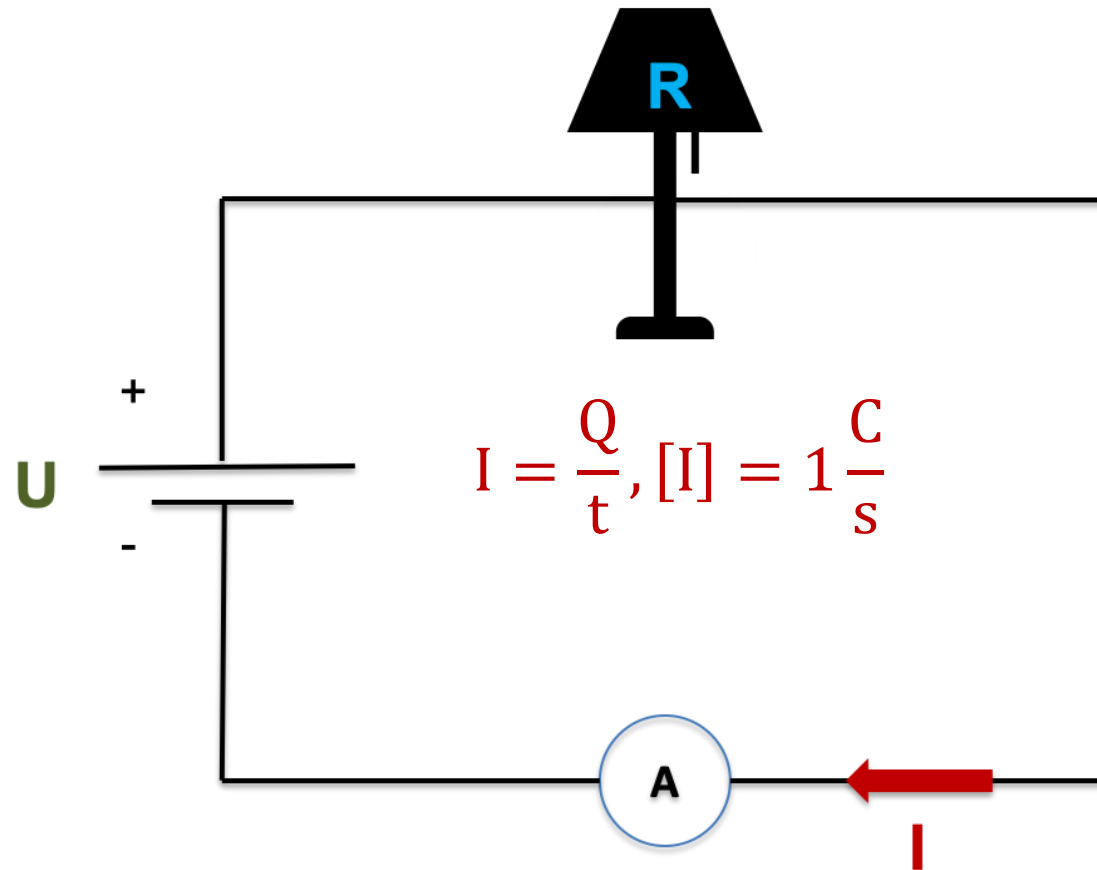
$$V_A = \frac{W_{z(\infty \rightarrow A)}}{q}, \quad [V_A] = 1V = \frac{1J}{1C}$$



Siła zewnętrzna i **prędkość** mają zgodne zwroty, więc wykonana praca jest dodatnia. Ponadto przeniesienie ładunku z nieskończoności do punktu B wymaga więcej pracy, niż do punktu A, zatem $V_B > V_A$

1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

Natężenie prądu elektrycznego (I), czyli jaki ładunek(Q) przepływa przez poprzeczny przekrój przewodnika w danym czasie (t)



$$P = IU = I^2R$$

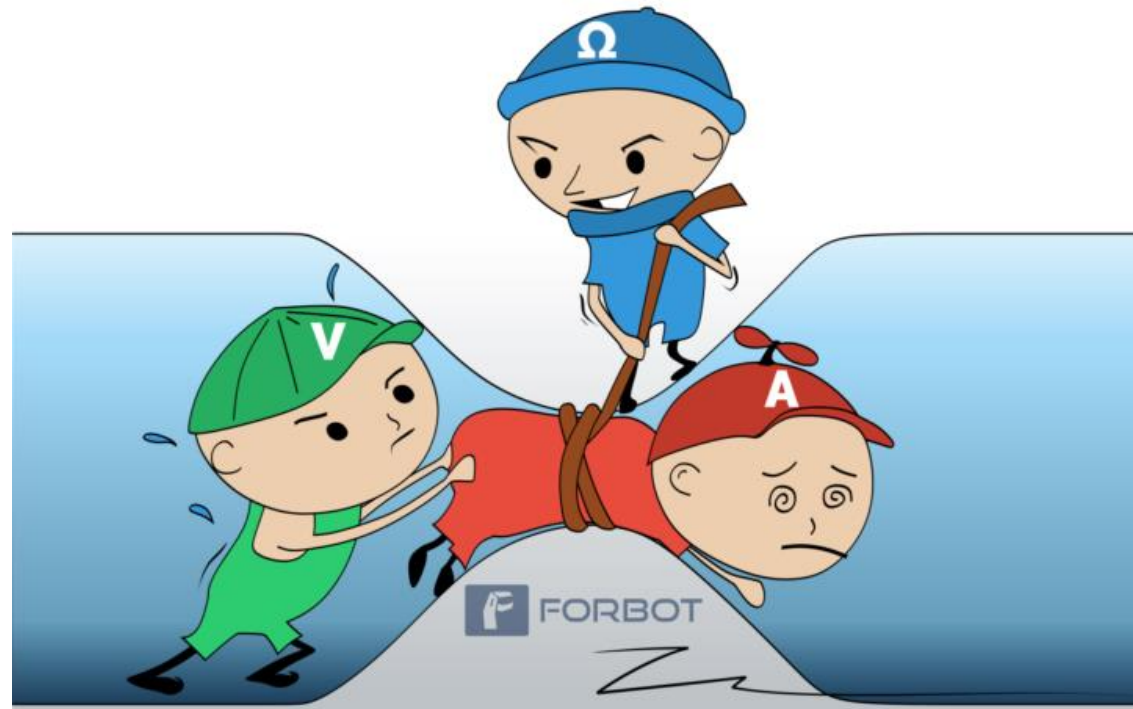
$$W = Pt = UIt$$

Umowny kierunek przepływu prądu jest *przeciwny* do rzeczywistego ruchu elektronów.

1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

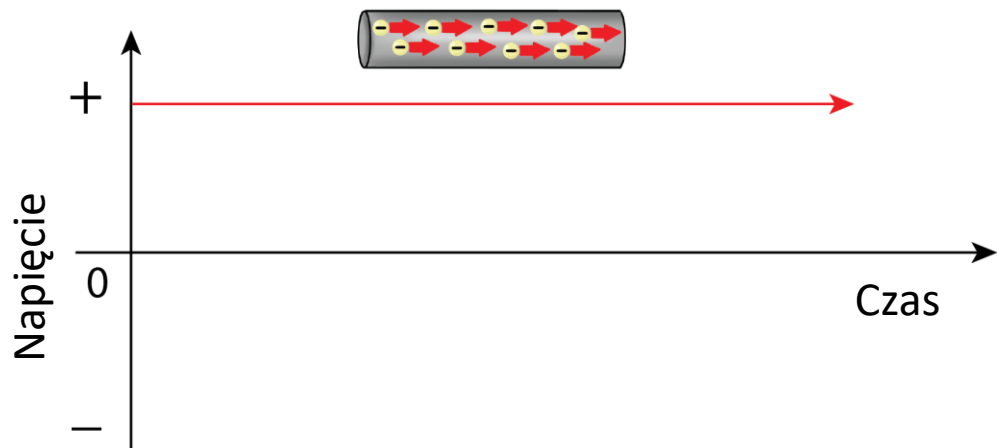
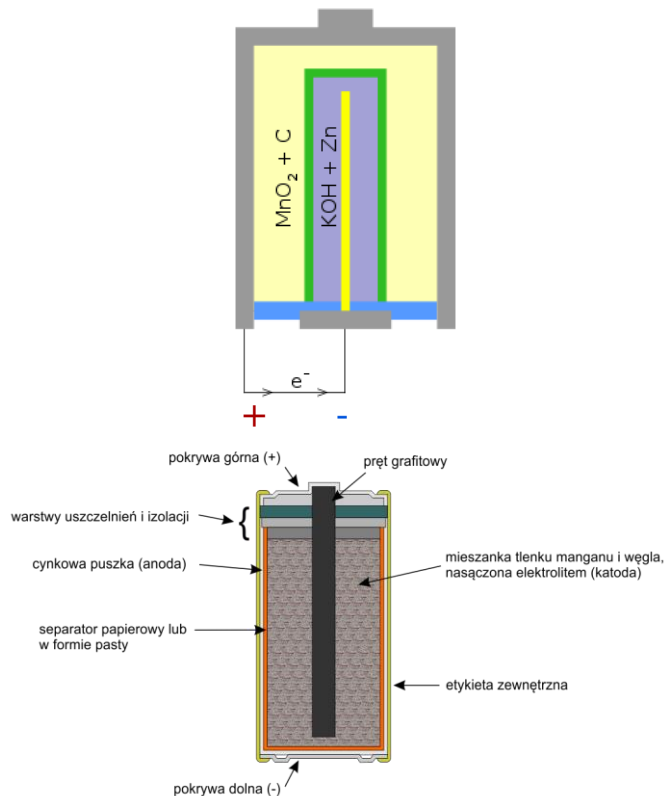
Warunkiem koniecznym przepływu prądu przez przewodnik jest różnica potencjałów (czyli **napięcie**) elektrycznych między jego końcami

W chwili wytworzenia różnicy potencjałów między końcami przewodnika, w każdym jego punkcie natychmiast powstaje pole elektryczne, będące źródłem sił. Dlatego prąd zaczyna płynąć w całym przewodniku w tym samym czasie – pomimo niskiej szybkości elektronów (**0.375 mm/s**)



1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

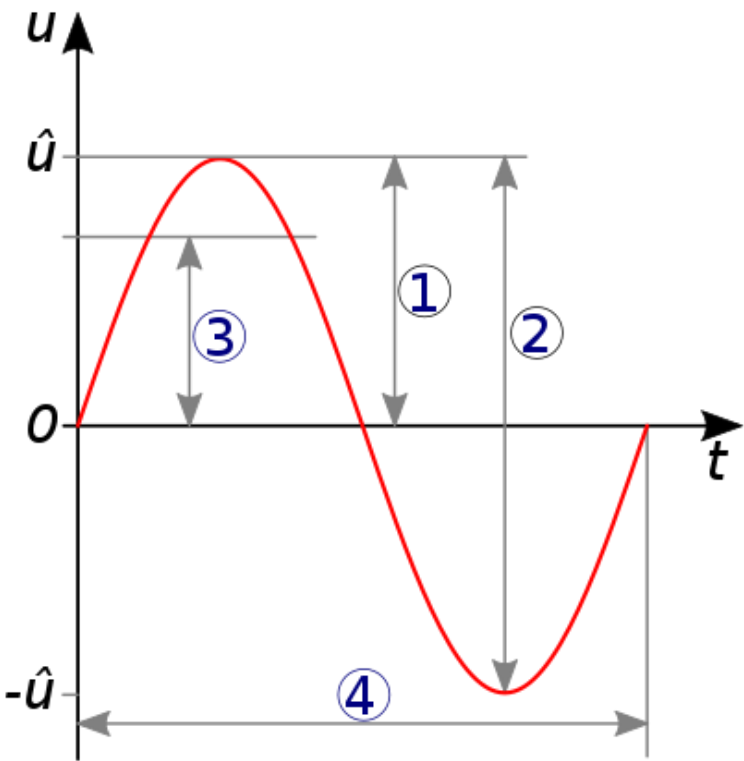
Źródła prądu stałego (DC)



Dla naładowanej baterii AA (paluszek – naczynie cynkowe, wypełnione roztworem chlorku amonu z zanurzonym wewnątrz prętem węglowym) różnica potencjałów między „+” a „-” wynosi 1.5 V. Oznacza to, że przesunięcie ładunku 1 C między prętem węglowym a naczyniem cynkowym wymagało wykonania pracy 1.5 J (kosztem energii chemicznej), co zwiększyło elektryczną energię potencjalną ładunków.

1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

Źródła prądu przemiennego (AC)



1. Amplituda, 2. Peak-to-peak, 3. Wartość skuteczna napięcia, 4. Okres

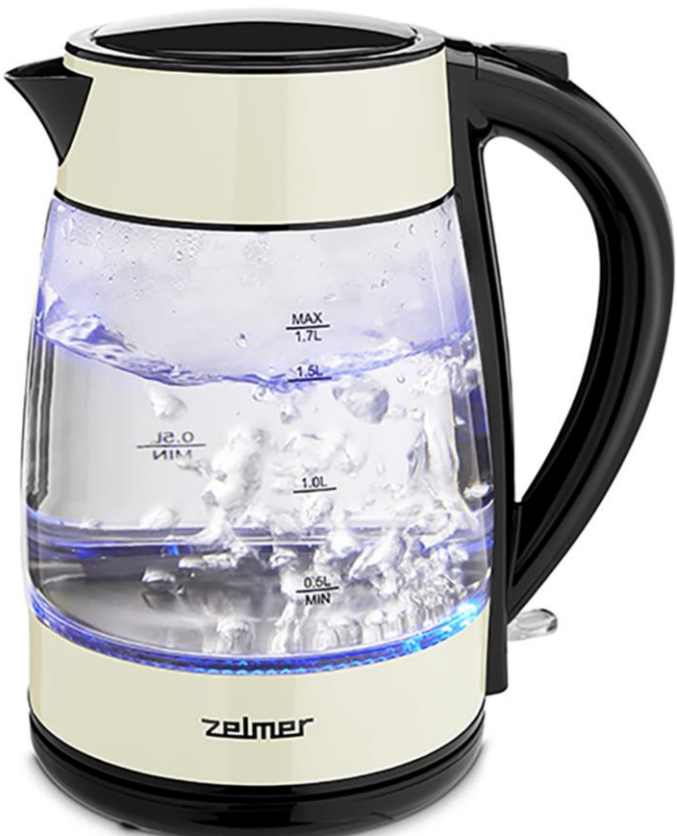
Napięcie zmienia się (co do kierunku i wartości) 50 razy w ciągu sekundy ($T = 1/50\text{ s}$), zatem częstotliwość równa jest $f = 50\text{ Hz}$.

Wartości skuteczne natężenia i napięcia wprowadza się, żeby móc stosować wzory na natężenie i napięcie identyczne z tymi dla prądu stałego. Dla prądów sinoidalnie zmiennych: $I_{sk} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, $U_{sk} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$, gdzie I_0, U_0 to amplitudy, odpowiednio, napięcia i natężenia prądu przemiennego.

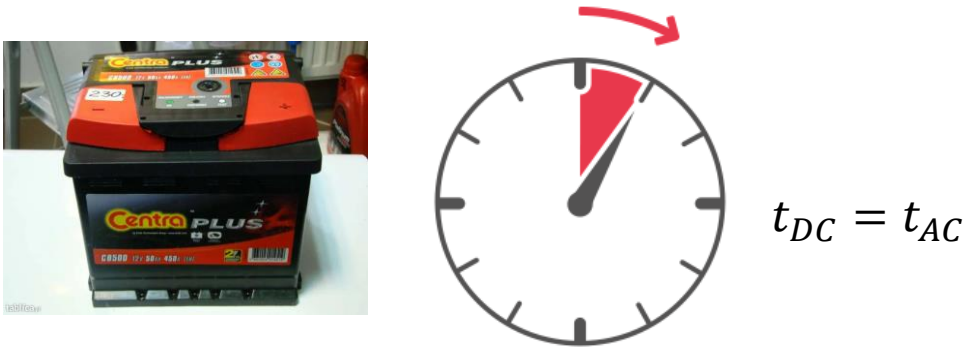
1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

Napięcie skuteczne prądy przemiennego, $I_{sk} = \frac{U_{sk}}{R}$

$T_0 = 20^{\circ}C, V = 1L, T_K = 100^{\circ}C, U_{AC}$



$T_0 = 20^{\circ}C, V = 1L, T_K = 100^{\circ}C, U_{DC}$

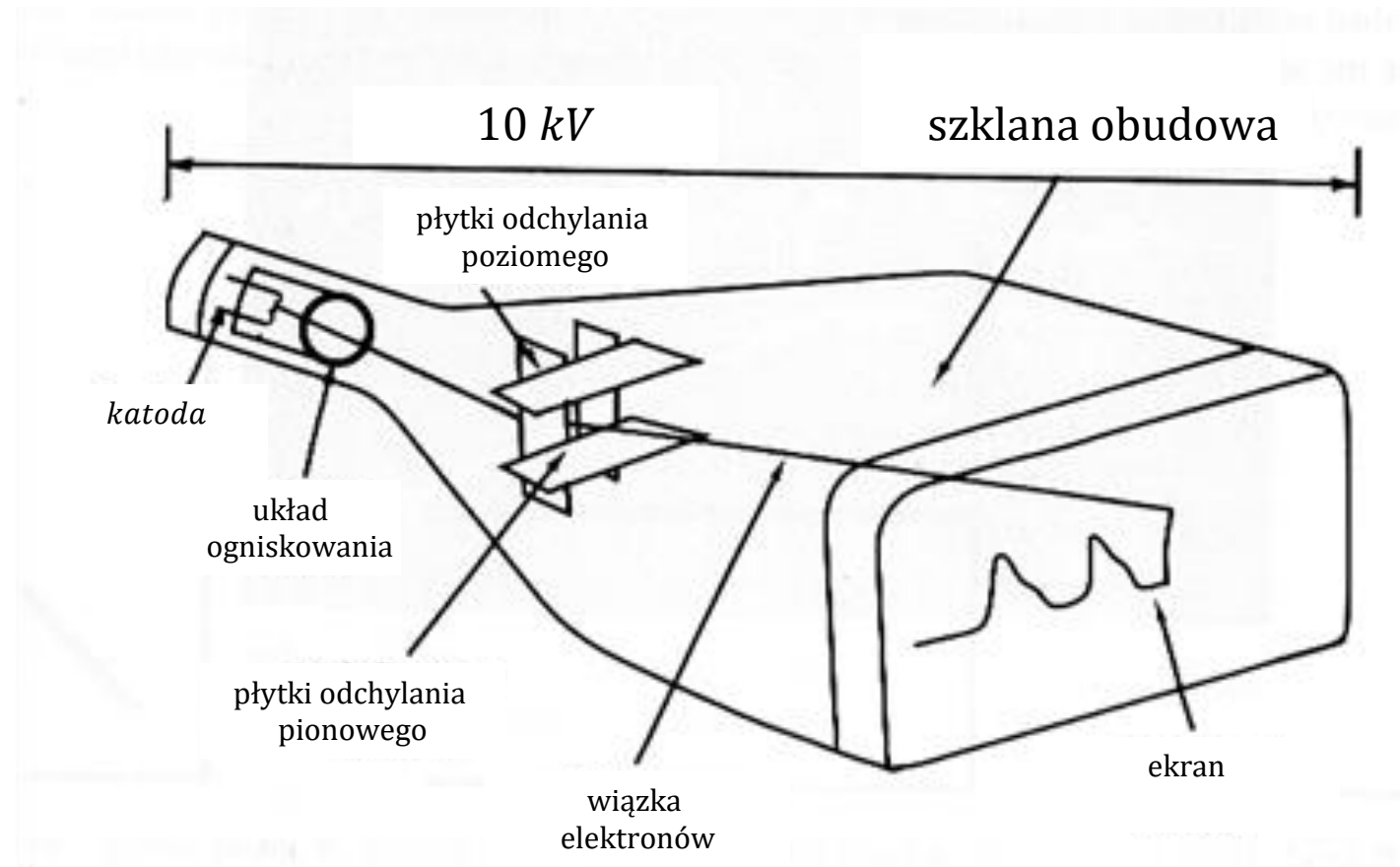


Skutek przepływu prądu stałego przez grzałkę (wykonana praca) jest taki sam, jak skutek przepływu prądu przemiennego (*domowe instalacje elektryczne: $V_{sk} = 230V$*).

DEMONSTRACJA – OSCYLOSKOP



DEMONSTRACJA – OSCYLOSKOP



1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

Pacjent znajduje się w pobliżu kabla zasilającego. Pojemność elektryczna C w miejscu, w którym stoi pacjent wynosi 3 pF a sam pacjent jest uziemiony poprzez podeszwę butów (opór elektryczny $10 \text{ k}\Omega$). Oszacuj wartość potencjału elektrycznego na powierzchni ciała pacjenta.

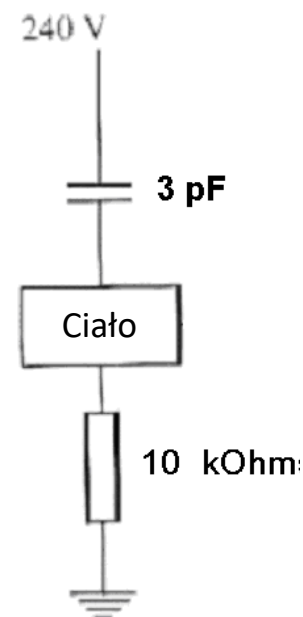
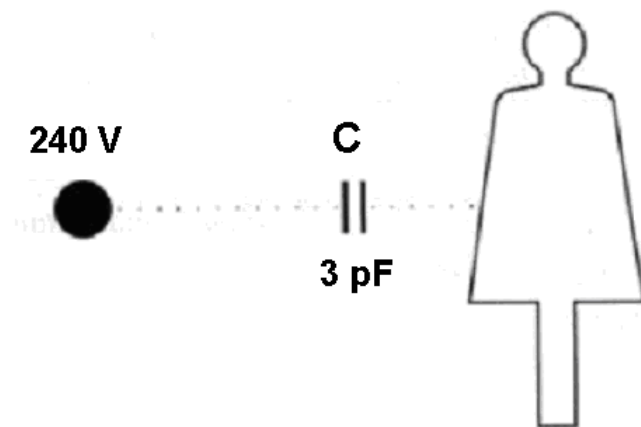
Dane: $C = 3 \text{ pF} = 3 \cdot 10^{-12} \text{ F}$

$R = 10 \text{ k}\Omega$

$U = 240 \text{ V}$

$f = 50 \text{ Hz}$

Szukane: $U_B = ?$



1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

Pacjent znajduje się w pobliżu kabla zasilającego. Pojemność elektryczna C w miejscu, w którym stoi pacjent wynosi około 3 pF a sam pacjent jest uziemiony poprzez podeszwę butów, wykonaną z odpowiedniego materiału (opór elektryczny 10 kΩ). Oszacuj wartość potencjału elektrycznego na powierzchni ciała pacjenta.

$$Z = \frac{1}{\omega * C} = \frac{1}{2\pi * f * C}$$

$$Z = \sim 1 * 10^9 \Omega$$

$$\text{Opór całkowity} = Z + R = (10^9 + 10^4) \Omega \approx 10^9 \Omega = Z$$

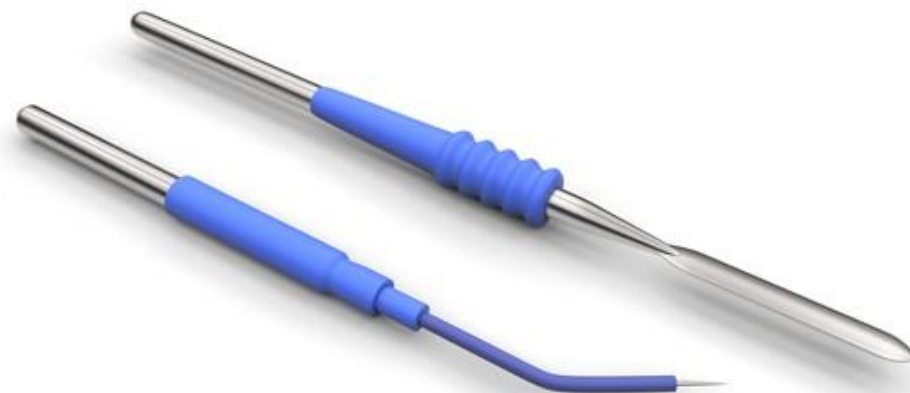
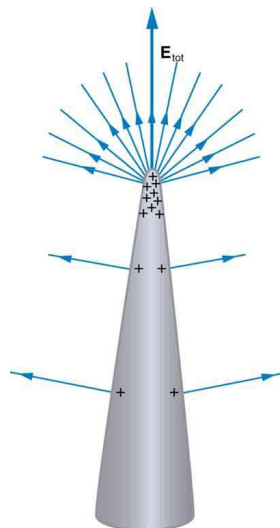
Prawo Ohma:

$$U = I * Z \rightarrow I = U / Z = 2.4 * 10^2 / 10^9 \text{ A} \approx 0.24 \mu\text{A}$$

Uziemienie (opór elektryczny 10 kΩ):

$$U_B = (\sim 0.24 \mu\text{A}) * (10 \text{ k}\Omega) = \sim 2.4 \text{ mV}$$

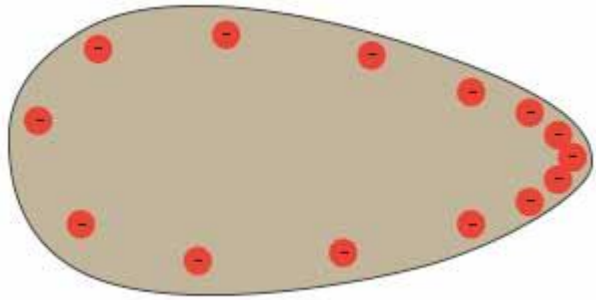
DEMONSTRACJA – TRANSFORMATOR TESLI I EFEKT OSTRZA



shutterstock.com · 249329488

1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

Proszę wyjaśnić działanie skalpela elektrycznego.

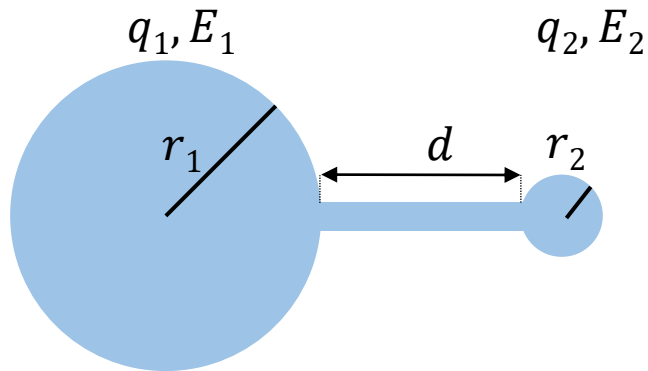


q_i – ładunek elektryczny i -tej kuli

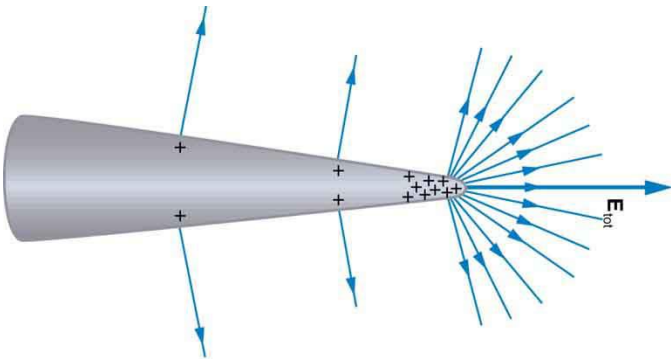
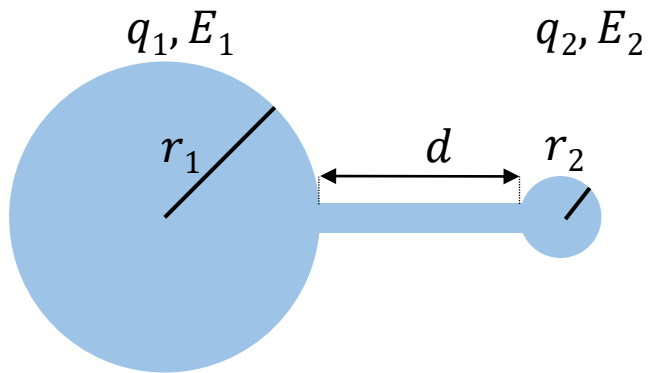
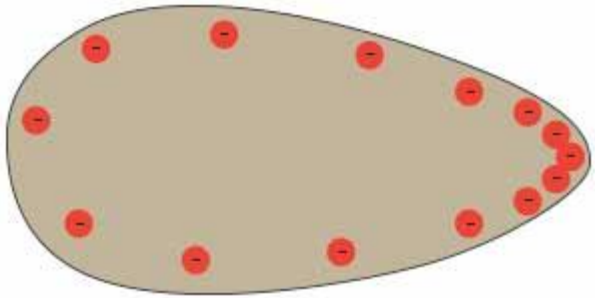
E_i – natężenie pola elektrycznego tuż nad powierzchnią i -tej kuli

r_i – promień i -tej kuli

d – odległość między kulami, $d \gg r_i$



1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza



q_i – ładunek elektryczny i -tej kuli

E_i – natężenie pola elektrycznego tuż nad powierzchnią i -tej kuli

r_i – promień i -tej kuli

d – odległość między kulami, $d \gg r_i$

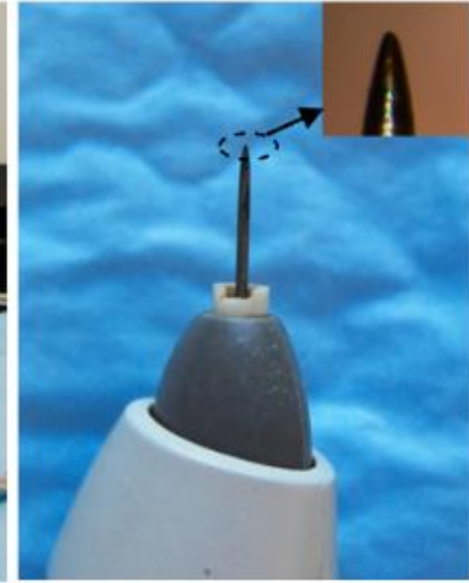
$$\frac{E_2}{E_1} = ?$$

Ponieważ kule są połączone przewodnikiem:

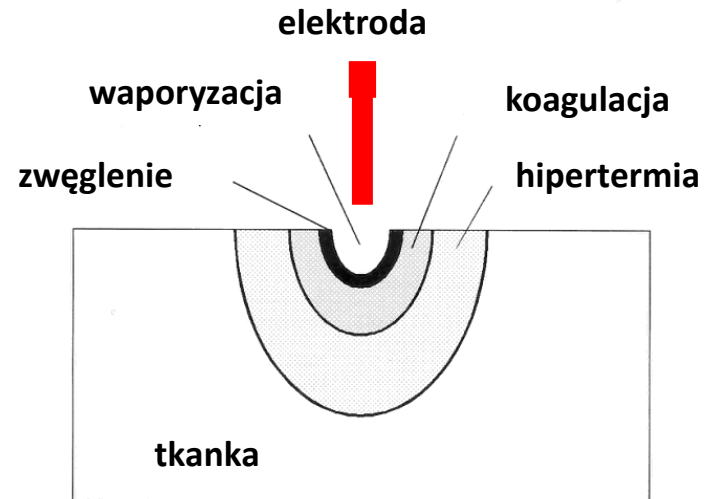
$$V = k_e \frac{q_1}{r_1} = k_e \frac{q_2}{r_2} \rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

$$E_1 = k_e \frac{q_1}{r_1^2}, E_2 = k_e \frac{q_2}{r_2^2} \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{q_2}{q_1} \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{r_1}{r_2} \Rightarrow E_2 > E_1$$

1. Prąd elektryczny – pole i potencjał elektryczny, napięcie, natężenie i moc prądu, prąd stały i zmienny, pole elektryczne naładowanego przewodnika, efekt ostrza

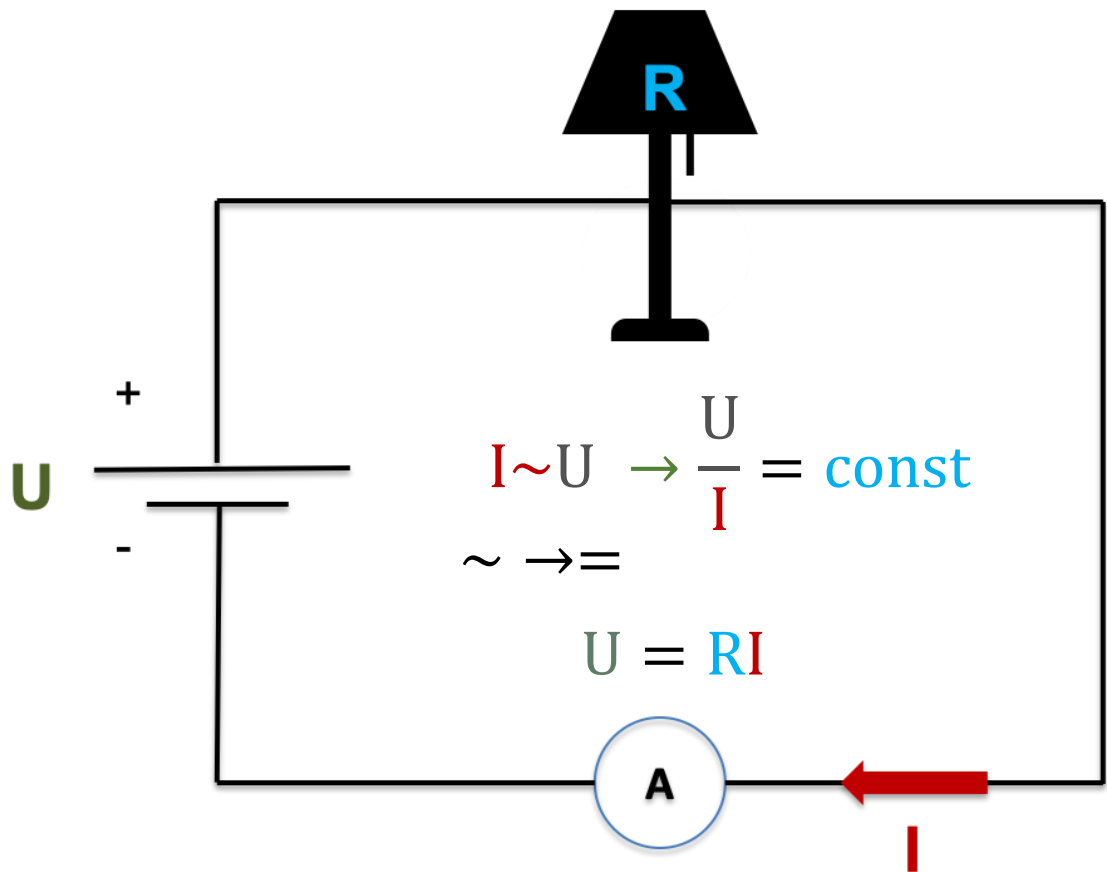


[doi:10.1088/1361-6463/50/2/025401](https://doi.org/10.1088/1361-6463/50/2/025401)



2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowe i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody

Opór elektryczny



2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowe i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody

Przepływ prądu elektrycznego zależy od rodzaju materiału, przez który płynie i od jego geometrycznych właściwości (L – długość, S – pole przekroju poprzecznego).

Miarą podatności *materiału* na przepływ prądu elektrycznego jest przewodność właściwa – σ , albo jej odwrotność: opór właściwy – ρ [$\Omega \cdot m$].

Miarą podatności *konkretnego przewodnika* na przepływ prądu jest opór omowy – R [Ω].

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

2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowo i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody

Opór właściwy [20°C]

Przewodniki [$\Omega \cdot m$]

Miedź	$1.7 \cdot 10^{-8}$
Aluminium	$2.9 \cdot 10^{-8}$
Żelazo	$10.0 \cdot 10^{-8}$
Grafit	$8-20 \cdot 10^{-6}$

Dielektryki [$\Omega \cdot m$]

Szkło	$10^{10} - 10^{14}$
Guma	10^{13}
Ebonit	10^{15}
Porcelana	$3 \cdot 10^{12}$

Półprzewodniki [$\Omega \cdot m$]

Krzem	$6.4 \cdot 10^2$
German	$4.6 \cdot 10^{-1}$

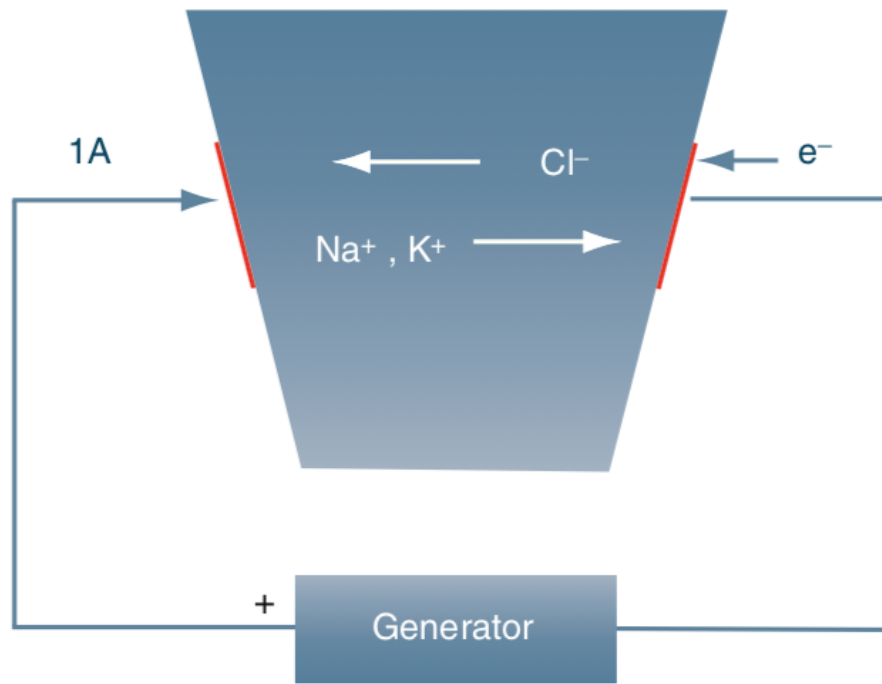
„Organizm” [$\Omega \cdot m$]

Woda destylowana	$1.4 \cdot 10^4$
Woda pitna	20 - 100
Błona komórkowa	10^4
Mięsień	1.5
Tkanka tłuszczowa	50
Skóra	1.6 - 4.8
Kości	200

Opór właściwy zależy od **hematokrytu**, który jest niższy u kobiet (~43%) niż u mężczyzn (~48%) – w związku z tym opór właściwy krwi kobiet jest niższy niż u mężczyzn (krew kobiet jest lepszym przewodnikiem)

2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowe i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody

Przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju i rola elektrod medycznych



Żel z metalem i solą tego metalu
(zmniejszenie oporu, łatwiejsza wymiana
elektronu na Cl^-)

2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowo i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody

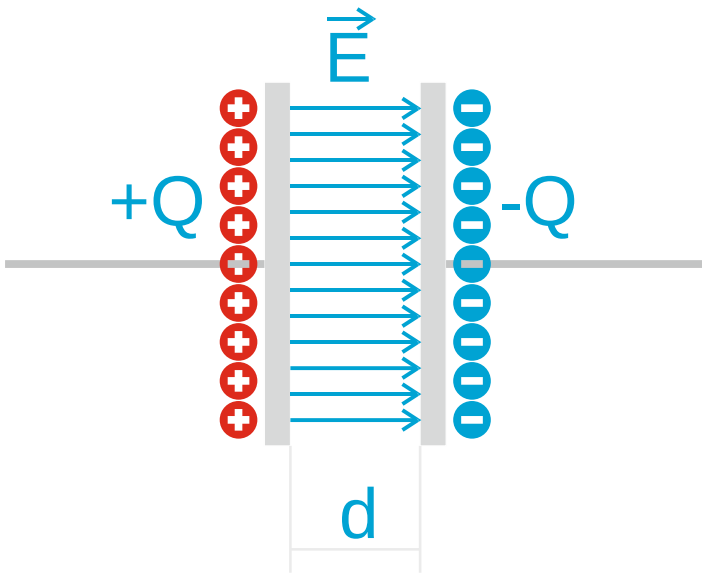
Pojemność elektryczna

Potencjał V przewodnika wzrasta proporcjonalnie do ilości dostarczonego ładunku Q . Zatem stosunek Q/V danego przewodnika (odizolowanego od wpływu innych przewodników) jest stały i zależy od kształtów i rozmiarów tego przewodnika. Stosunek ten nazywamy **pojemnością elektryczną przewodnika**:

$$C = \frac{Q}{V}, \quad [C] = \frac{C}{V} = 1F \text{ (farad)}$$

Zbliżając drugi (uziemiający) naładowany przewodnik do pierwszego, możemy zwiększyć jego pojemność elektryczną. Układ przewodników, w którym obecność drugiego przewodnika wpływa na pojemność pierwszego nazywamy **kondensatorem**. Oba przewodniki nazywamy okładkami kondensatora.

2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowe i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody



Kondensator – element elektryczny zbudowany z dwóch przewodników rozdzielonych dielektrykiem. Doprowadzenie napięcia do okładek kondensatora powoduje zgromadzenie na nich ładunku, który się utrzymuje po odłączeniu napięcia dzięki przyciąganiu elektrostatycznemu.

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

Wielkość ładunku gromadzonego na okładkach kondensatora przy ustalonym napięciu zależy od jego pojemności (C). A ta zależy od pola powierzchni okładek, odległości pomiędzy nimi i od rodzaju zastosowanego dielektryka.

Prąd stały nie może przepływać przez kondensator.

2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowo i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody

Impedancja

Prąd zmienny płynie przez obwód, w którym znajduje się kondensator. Przepływ ten zależy od częstotliwości prądu (f), związanej z czasem operujemy częstością kołową, $\omega = 2\pi f$).

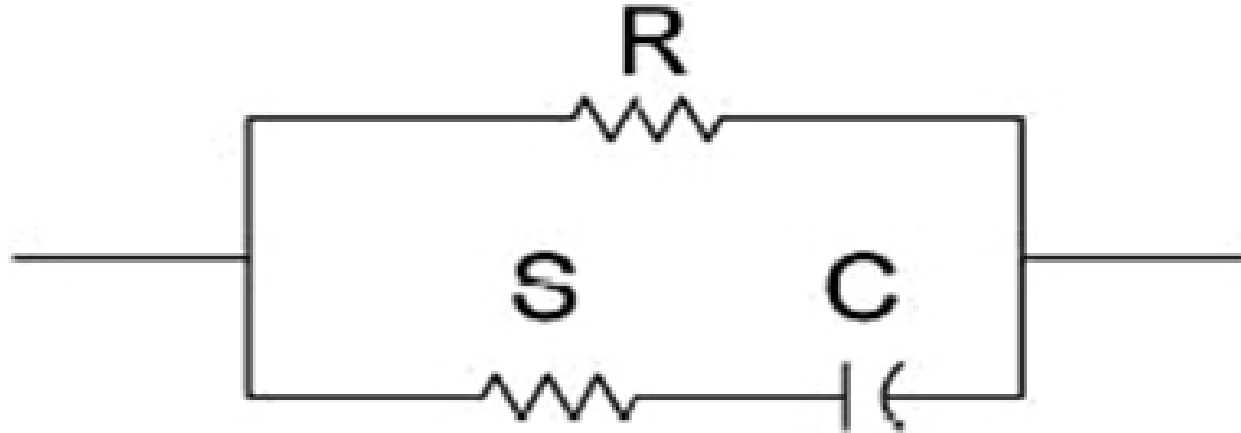
Im wyższa częstotliwość, tym mniejsza impedancja (uogólnienie oporu). Również przez żywy organizm łatwiej przepływa prąd zmienny, a efekty jego działania na organizm zależą od częstotliwości.

Impedancja jest liczbą zespoloną - moduł impedancji jest nazywany zawadą

$$Z = \frac{1}{(2\pi f \cdot C)}$$

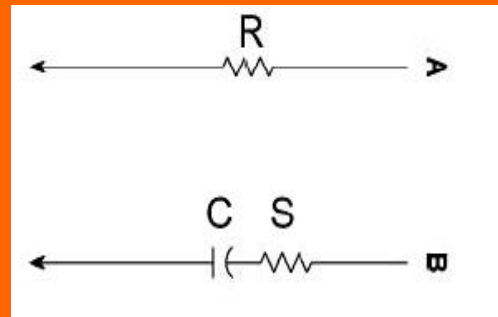
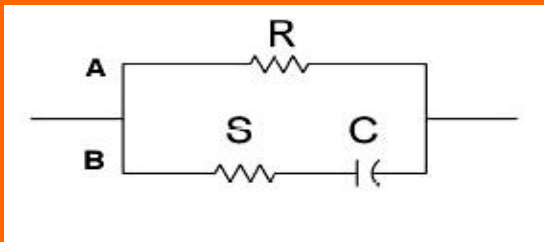
2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowe i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody

Proszę obliczyć opór elektryczny układu przedstawionego na rysunku.



2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowe i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody

Proszę obliczyć opór elektryczny układu przedstawionego na rysunku.



Impedancja gałęzi B

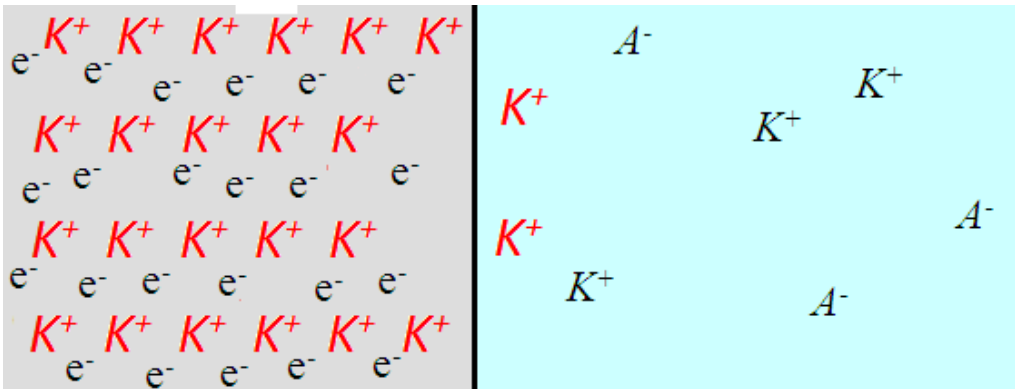
$$Z_B = \sqrt{S^2 + \frac{1}{(2\pi f \cdot C)^2}}$$

Wyliczenie impedancji całkowitej

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

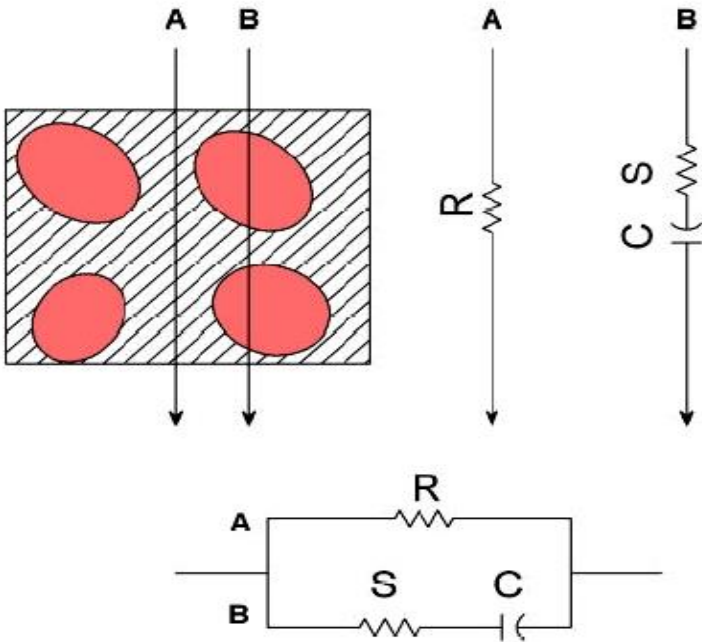
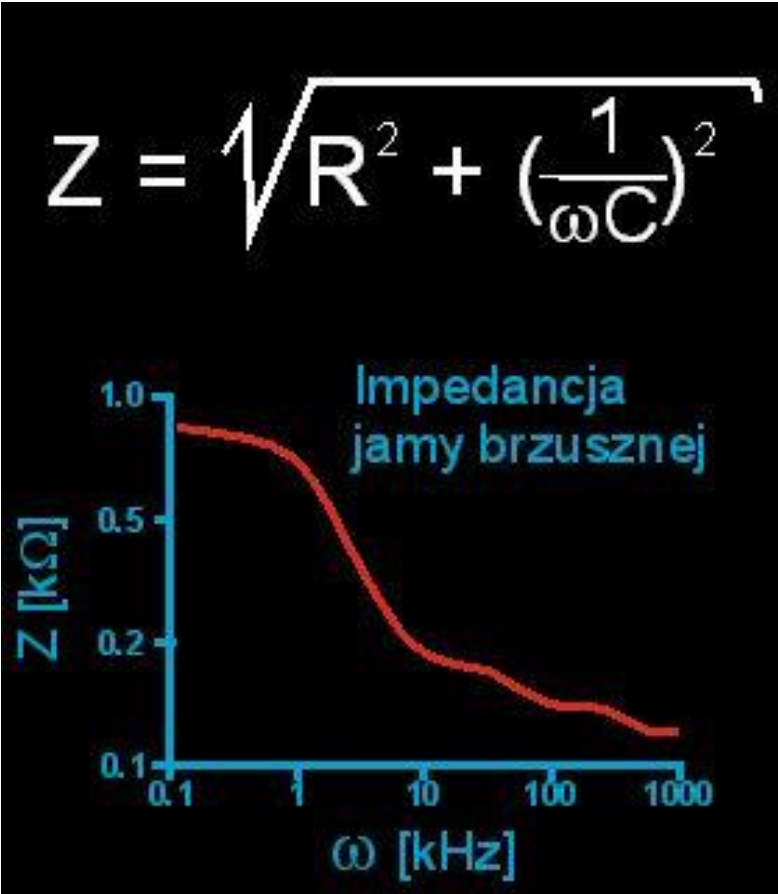
2. Opór elektryczny, prawo Ohma, opornik i kondensator, opór właściwy, impedancja, obwody szeregowe i równoległe, przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju, przepływ prądu przez obwody elektryczne, elektrody

Elektrody



Żel z metalem i solą tego metalu
(zmniejszenie oporu, łatwiejsza wymiana
elektronu na Cl^-)

3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm



Impedancja gałęzi B

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

Wyliczenie impedancji całkowitej

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

R - opory płynu pozakomórkowego
S - opory cytoplazmy
C - opór pojemnościowy błony komórkowej

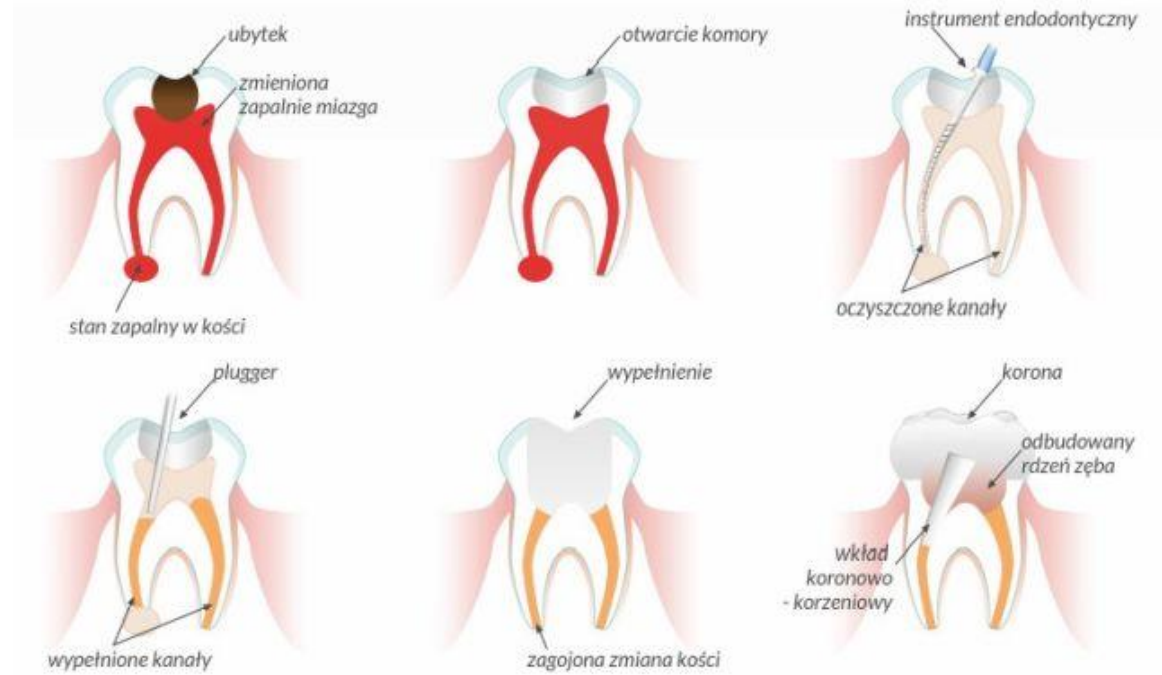
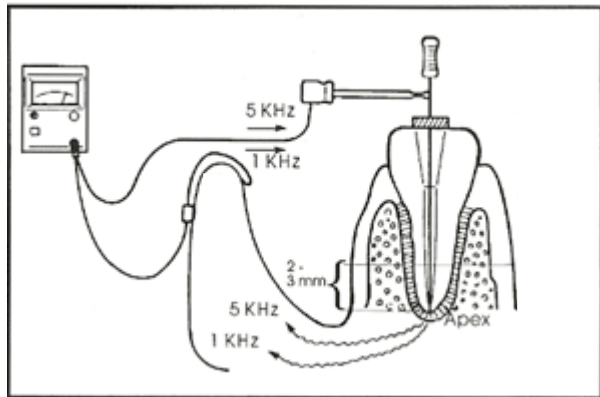
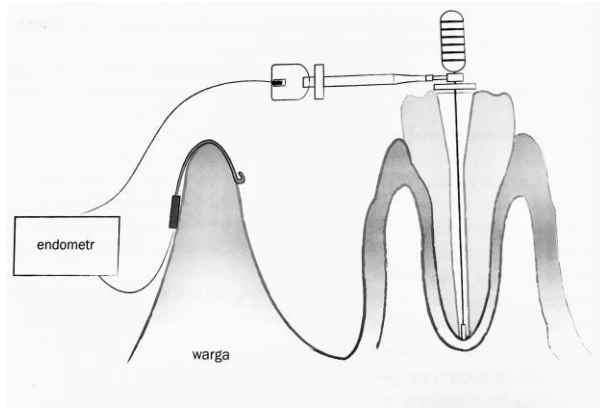
3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Tkanka	ρ [$\Omega \cdot m$]	f ($\omega/2\pi$) [kHz]
Krew	1.5 – 1.8	1 – 100
Mięsień wzdłuż włókien	1.2 – 3.4	0.1 – 1
Mięsień poprzecznie do włókien	6.8 – 18.0	0.1 – 1
Płuca wdech	17	100
Płuca wydech	8	100
Tłuszcz	20	1 – 100
Kość	40	1 – 100

Wysoki opór właściwy: skóra, kości, tłuszcz
Niski opór właściwy: krew, mięśnie, nerwy

3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Proszę wyjaśnić zasadę działania endometru stomatologicznego.



<http://www.stomatologia-skorzewo.pl/kanalowe.html>

3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Pomiędzy palce wskazujące dwóch rąk przyłożono napięcie stałe $U_1 = 50 \text{ V}$, wywołując przepływ prądu o natężeniu $I_1 = 1 \text{ mA}$. Oblicz opór całkowity tkanek na drodze przepływu prądu. Po zmniejszeniu napięcia do wartości $U_2 = 30 \text{ V}$ natężenie prądu zmalało 2-krotnie. Oblicz wartość oporu i wyjaśnij, czy mogą one wystąpić dla rzeczywistych.

3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Pomiędzy palce wskazujące dwóch rąk przyłożono napięcie stałe $U_1 = 50 \text{ V}$, wywołując przepływ prądu o natężeniu $I_1 = 1 \text{ mA}$. Oblicz opór całkowity tkanek na drodze przepływu prądu. Po zmniejszeniu napięcia do wartości $U_2 = 30 \text{ V}$ natężenie prądu zmalało 2-krotnie. Oblicz wartość oporu i wyjaśnij, czy mogą one wystąpić dla rzeczywistych.

Dane: $U_1 = 50 \text{ V}$
 $I_1 = 1 \text{ mA}$
 $U_2 = 30 \text{ V}$
 $I_2 = 0,5 \text{ mA}$

Szukane: $R_1 = ?$
 $R_2 = ?$

$$R_i = \frac{U_i}{I_i}$$

$$R_1 = \frac{50 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = \frac{50 \text{ V}}{1 * 10^{-3} \text{ A}} = 50 * 10^3 \Omega = 50 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{30 \text{ V}}{0,5 \text{ mA}} = \frac{30 \text{ V}}{5 * 10^{-4} \text{ A}} = 6 * 10^4 \Omega = 60 \text{ k}\Omega$$

Odp: Jedną z przyczyn wzrostu oporu skóry może być obniżenie jej wilgotności.

DEMONSTRACJA – POMIAR BIOIMPEDANCYJNY (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)



Badanie polega na zbadaniu impedancji tkanek.

Impedancja tkanek (zawada) jest funkcją TBW (Total Body Water).

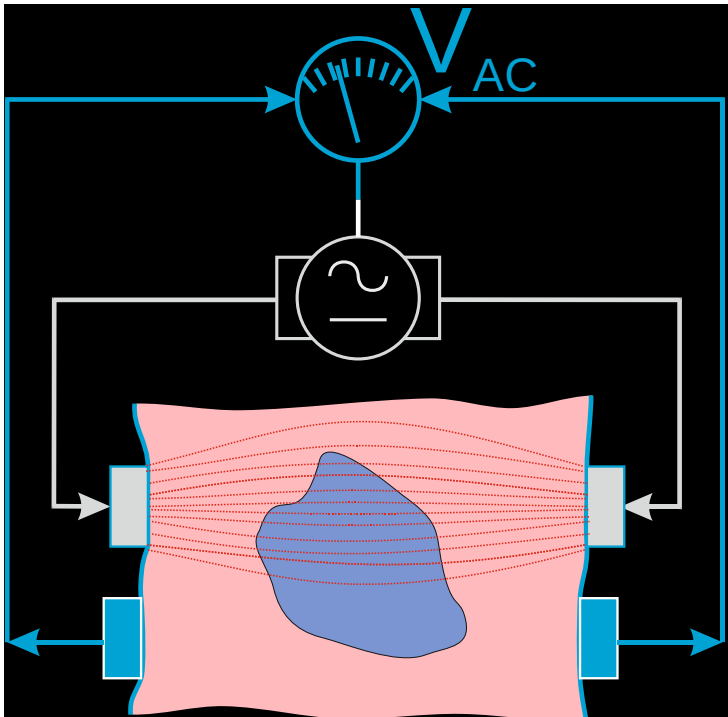
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Mierząc Z można wyznaczyć TBW.

Woda wewnątrz komórek: ICW

Woda w przestrzeni międzykomórkowej: ECW

$$TBW = ICW + ECW$$



3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm



Masa ciała: $M_B = FFM + FM$

Masa ciała bez tłuszczu: FFM – funkcja wieku, masy ciała, wzrostu i TBW

Masa tłuszczu: FM

Wyznaczenie FFM polega na zastosowaniu empirycznego wzoru, wynikającego z regresji nieliniowej wyników wielu serii pomiarowych ludzi w różnym wieku, różnych płci i o różnych wymiarach.

FFM = Funkcja(wiek, masa ciała, wzrost, TBW) =
= Funkcja(wiek, masa ciała, wzrost, Z)

$$FFM[\text{kobieta (50÷70) r.ż.}] = 6,34 + 0,474 \cdot \frac{\text{wzrost}^2}{R_{50}} + 0,180 \cdot \text{masa}$$

$$FFM[\text{mężczyzna (18÷29) r.ż.}] = 5,32 + 0,485 \cdot \frac{\text{wzrost}^2}{R_{50}} + 0,338 \cdot \text{masa}$$

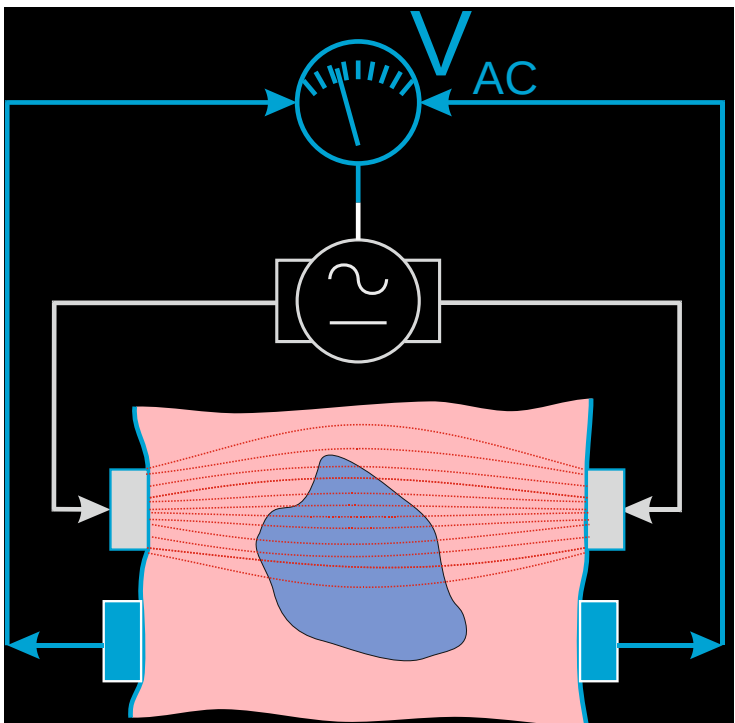
FFM → kg

wzrost → cm

R_{50} → zawada przy 50 kHz → Ω

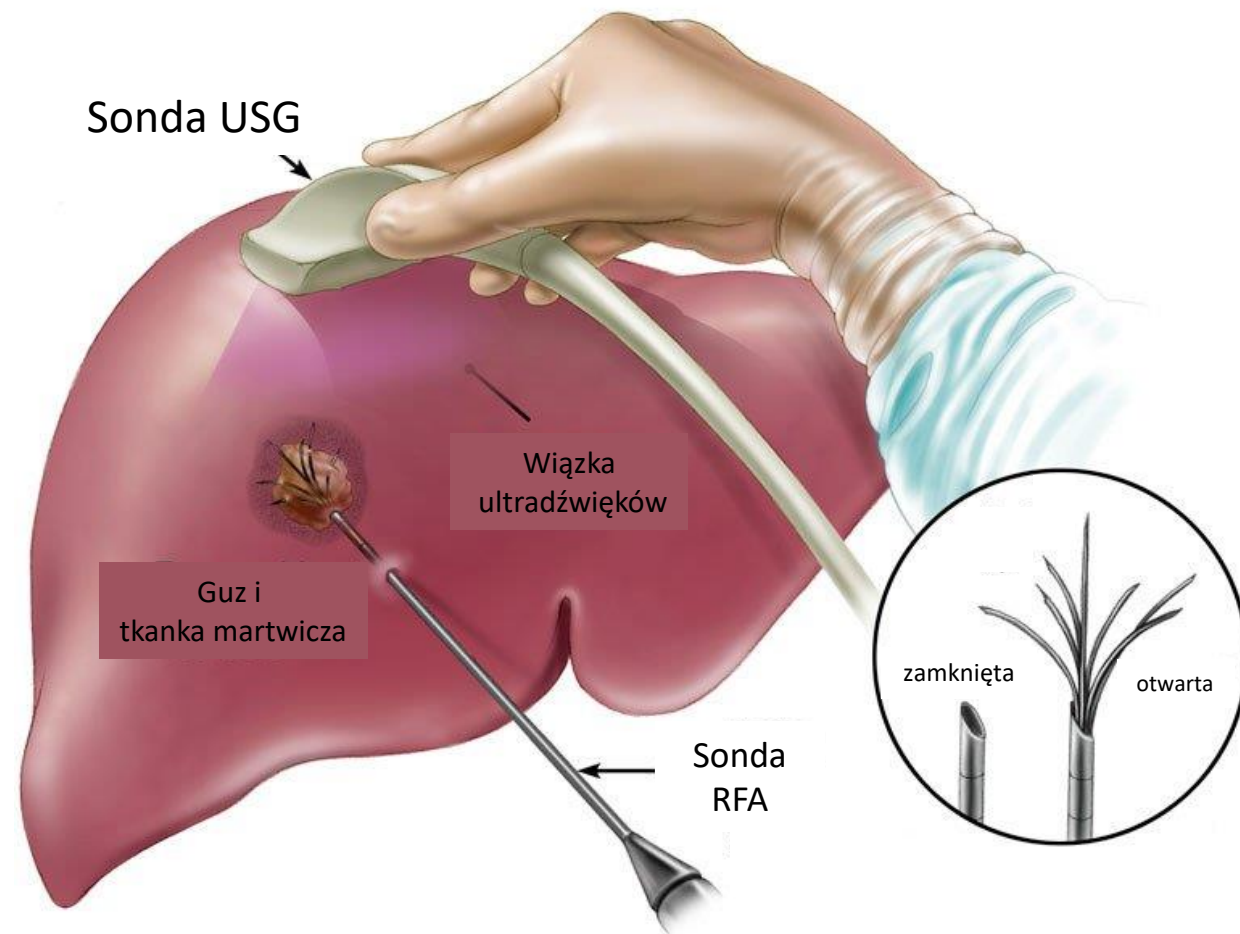
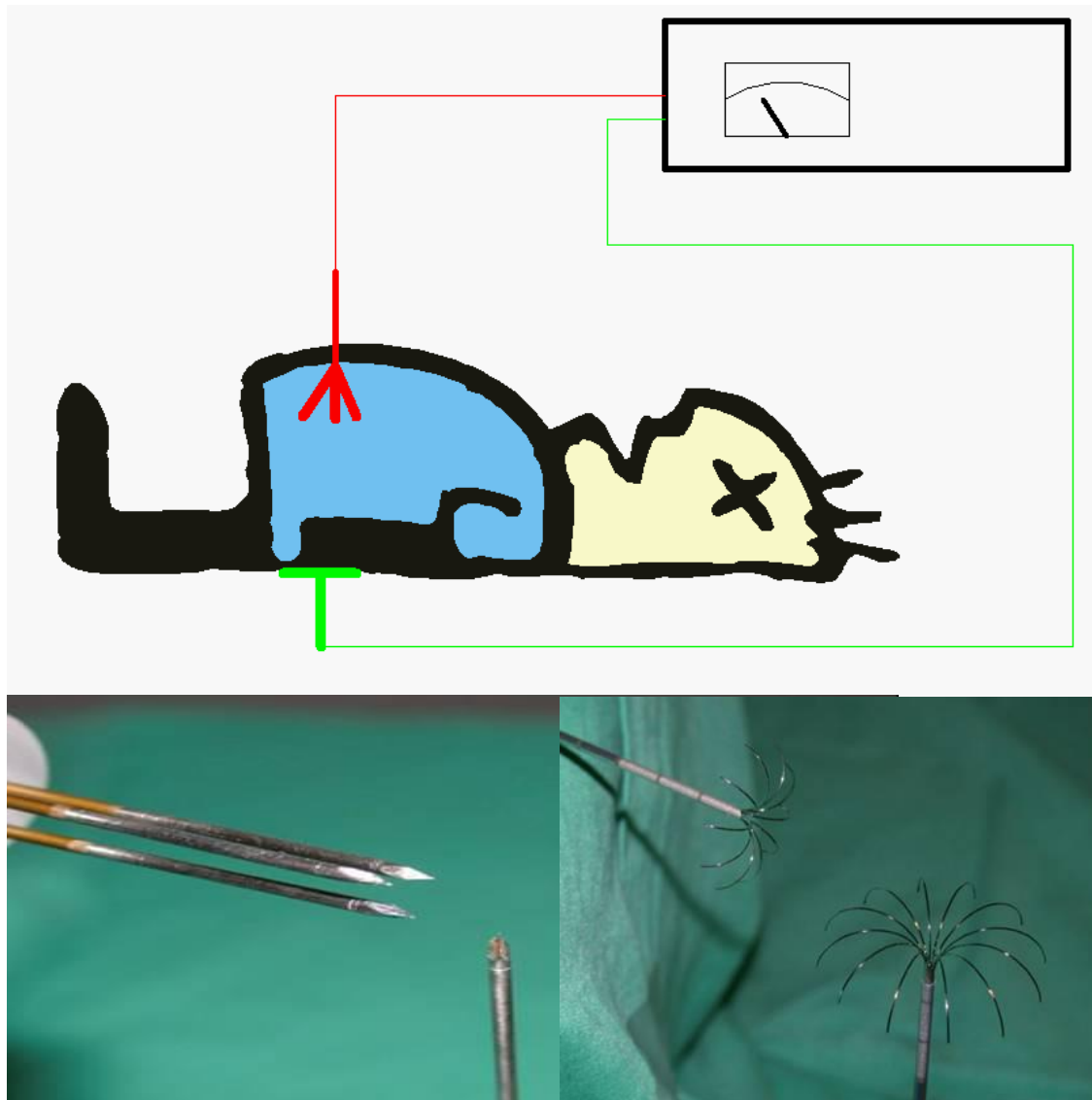
masa → kg

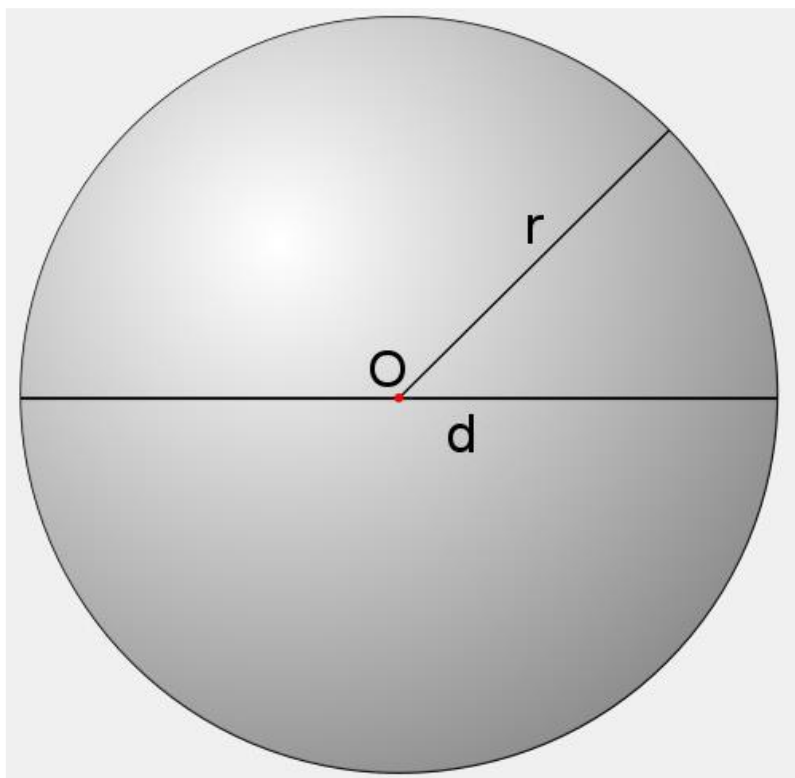
$$\%FM = 100 \cdot \frac{\text{masa} - FFM}{\text{masa}}$$



3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Proszę wyjaśnić zasadę ablacji prądami o częstotliwości radiowej (RFA)





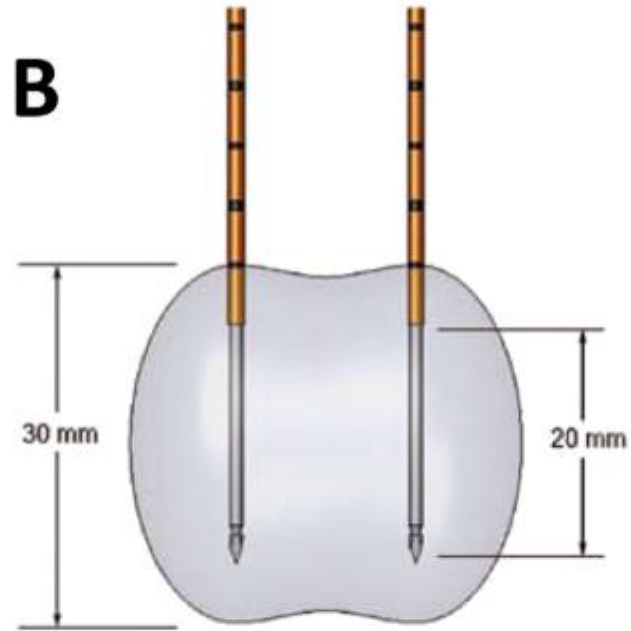
Powierzchnia = $4\pi r^2$

Prąd elektryczny $I \sim 1/r^2$

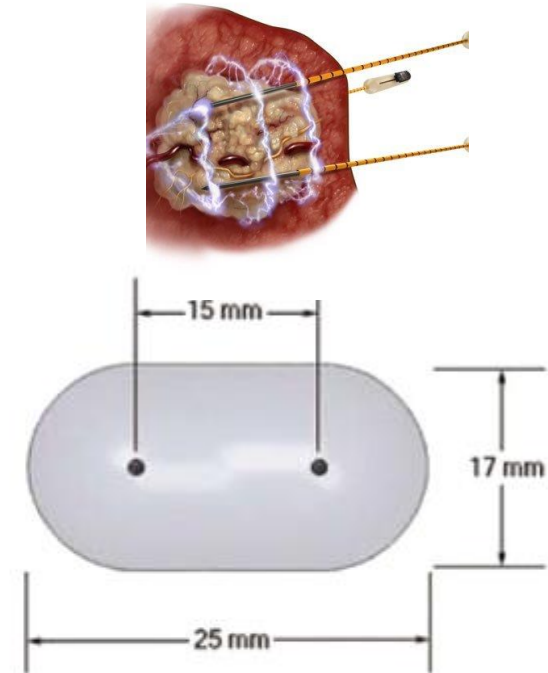
Tracona moc = $RI^2 \sim 1/r^4$

3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Proszę wyjaśnić zasadę metody nanoknife



Widok od przodu

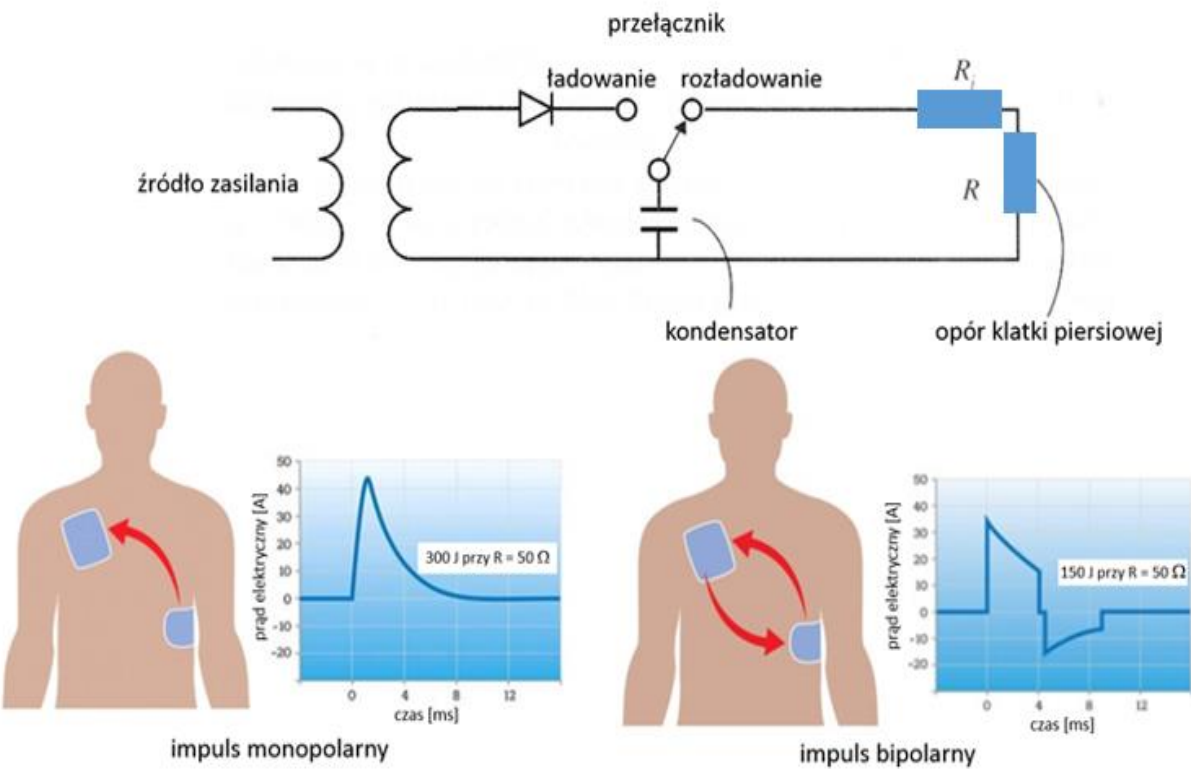


Widok od dołu

C Ustawienia generatora

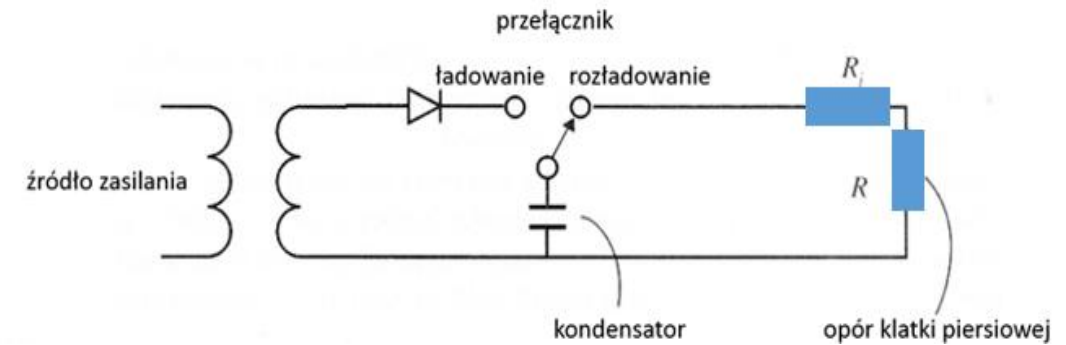
F	Elektroda +	Elektroda -	Napięcie	Długość pulsu	N	Liczba pulsów
	1	2	2500 V	100 μ Sec		90

3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm



3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Oszacuj wartość napięcia elektrycznego, do którego należy naładować defibrylator o pojemności elektrycznej $30\ \mu\text{F}$, przy założeniu że energia wyładowania defibrylatora wynosi $300\ \text{J}$.

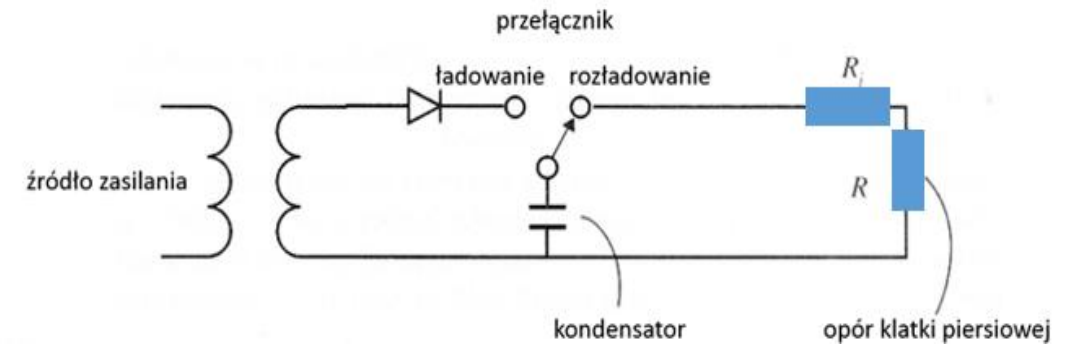


3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Oszacuj wartość napięcia elektrycznego, do którego należy naładować defibrylator o pojemności elektrycznej $30 \mu\text{F}$, przy założeniu że energia wyładowania defibrylatora wynosi 300 J .

Dane: $C = 30 \mu\text{F}$
 $E_p = 300 \text{ J}$

Szukane: $U = ?$



Energia potencjalna zmagazynowana w kondensatorze:

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U$$

$$C = Q/U \rightarrow [C] = F = \text{kulomb/wolt}$$

$$Q = C \cdot U$$

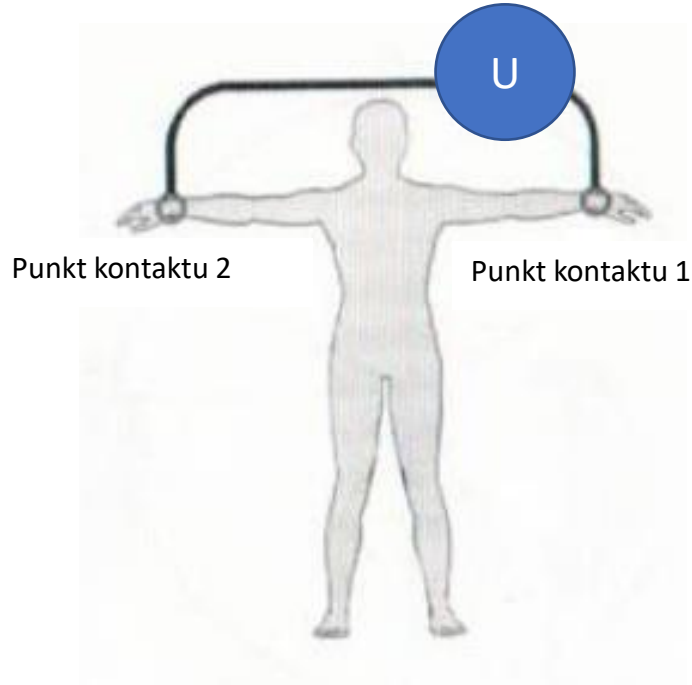
$$E_p = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \rightarrow J = \text{kulomb} \cdot \text{wolt}$$

$$U = (2 \cdot E_p / C)^{1/2} = (2 \cdot 300 / (30 \cdot 10^{-6}))^{1/2} \approx 4470 \text{ V}$$

$$[U] = (J/F)^{1/2} = (\text{kulomb} \cdot \text{wolt} / \text{kulomb/wolt})^{1/2} = (\text{wolt}^2)^{1/2} = \text{wolt}$$

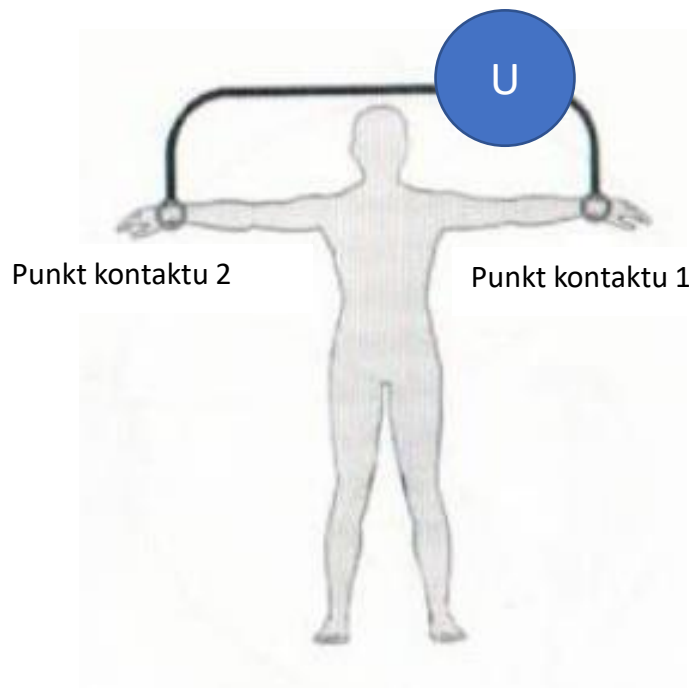
3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Schemat przedstawia człowieka podłączonego do źródła prądu stałego o napięciu $U = 240 \text{ V}$. Proszę policzyć tempo przekazywania energii elektrycznej skórze (czyli moc prądu) dla dwóch przypadków suchej skóry o oporze $R_s = 500 \text{ k}\Omega$ oraz mokrej skóry o oporze $R_m = 2 \text{ k}\Omega$. W obu przypadkach załóż, że opór wnętrza ciała wynosi $R_w = 50 \text{ }\Omega$.



3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Schemat przedstawia człowieka podłączonego do źródła prądu stałego o napięciu $U = 240 \text{ V}$. Proszę policzyć tempo przekazywania energii elektrycznej skórze (moc prądu) dla dwóch przypadków suchej skóry o oporze $R_s = 500 \text{ k}\Omega$ oraz mokrej skóry o oporze $R_m = 2 \text{ k}\Omega$. W obu przypadkach załóż, że opór wnętrza ciała wynosi $R_w = 50 \text{ }\Omega$.



Dane:

$$U = 240 \text{ V}$$

$$R_s = 500 \text{ k}\Omega$$

$$R_m = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_w = 50 \text{ }\Omega$$

Szukane:

$$P_m = ?$$

$$P_s = ?$$

$$P = IU, U = RI \rightarrow P = \frac{U^2}{R}$$

$$I_m = \frac{240}{2000 + 50 + 2000} \approx 0,06 \text{ [A]}$$

$$P_m = UI_m \approx 14 \text{ W}$$

$$I_s = \frac{240}{0,5 \cdot 10^6 + 50 + 0,5 \cdot 10^6} \approx 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ [A]}$$

$$P_s = UI_s \approx 0,06 \text{ W}$$

3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Proszę wyjaśnić różnicę między porażeniem prądem stałym i zmiennym.

3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Proszę wyjaśnić różnicę między porażeniem prądem stałym i zmiennym.

Migotanie powodują wyłącznie prądy o częstotliwości od 40 Hz do 60 Hz, a czas przepływu prądu, który nie powoduje migotania, zależy od natężenia:

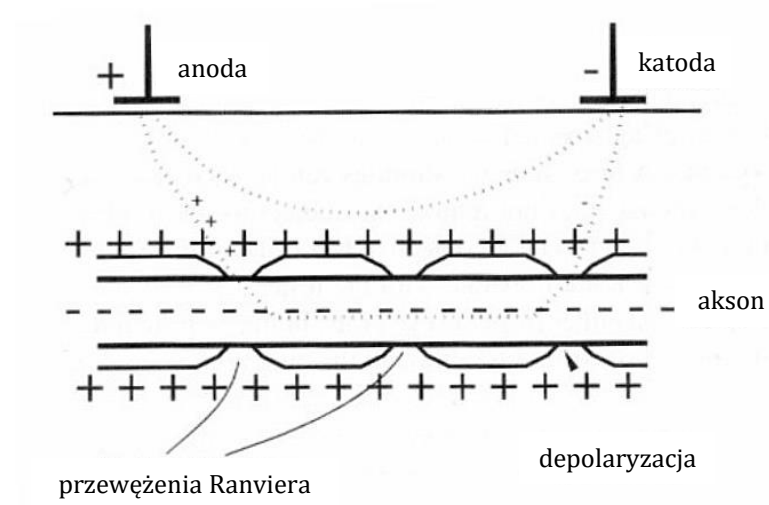
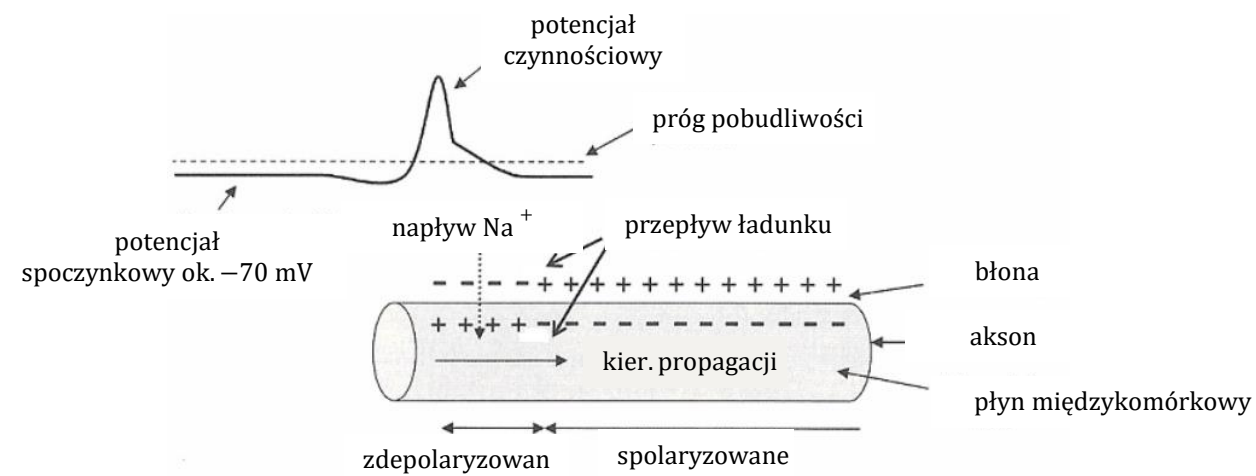
Natężenie w mA	50	80	150	220	280	400
Czas przepływu w s	5	2	1	0,8	0,4	0,2

Prawo Joule’a (ilość wydzielonego ciepła)

$$Q = RI^2t$$

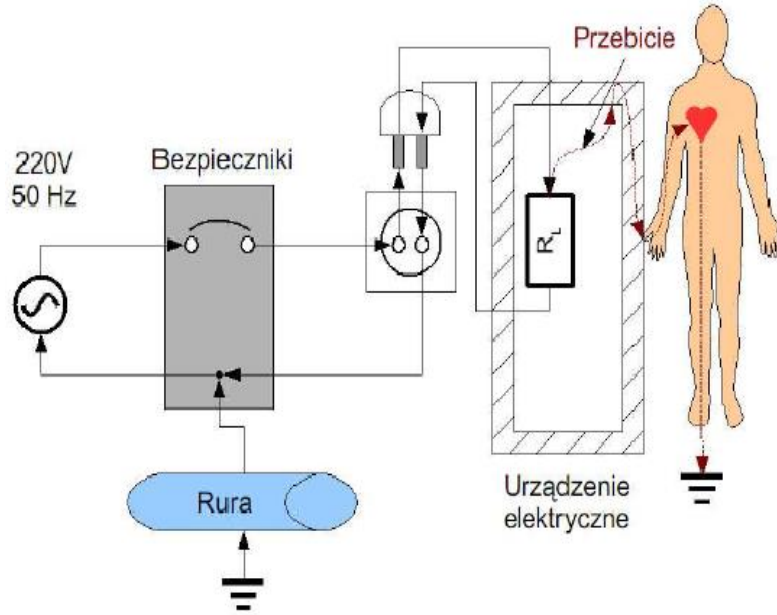
Prąd przemienny 50 Hz		Prąd stały	
1 – 1.5 mA	Odczuwanie przepływu prądu	5 – 8 mA	Odczuwanie przepływu prądu. Uczucie ciepła
3 – 6 mA	Skurcze mięśni, odczucie bólu		
10 – 15 mA	Silne skurcze mięśni, trudności w opanowaniu pracy mięśni. Silny ból.		
15 – 25 mA	Bardzo silny skurcz, któremu nie można przeciwdziałać. Bardzo silny ból.	20-25 mA	Skurcze mięśni. Bardzo silne odczucie ciepła.
> 25 mA	Utrata przytomności, zaburzenia rytmu serca.		

3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

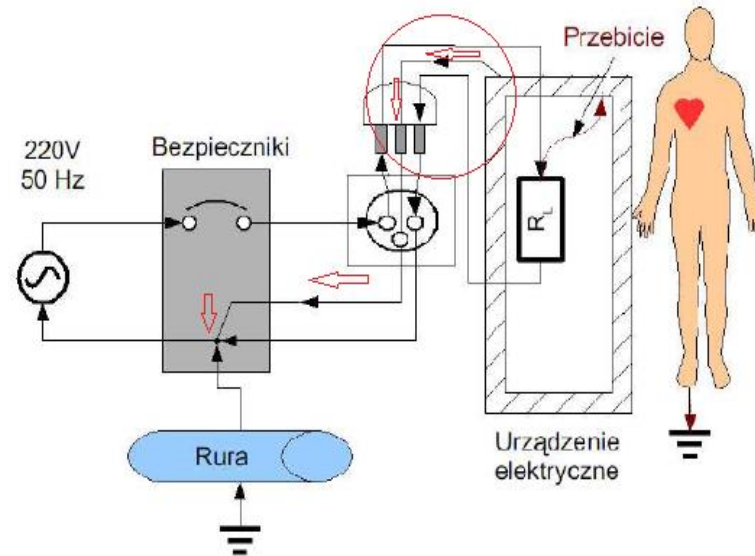


3. Przepływ prądu elektrycznego przez organizm

Proszę wyjaśnić rolę uziemienia urządzeń elektrycznych.



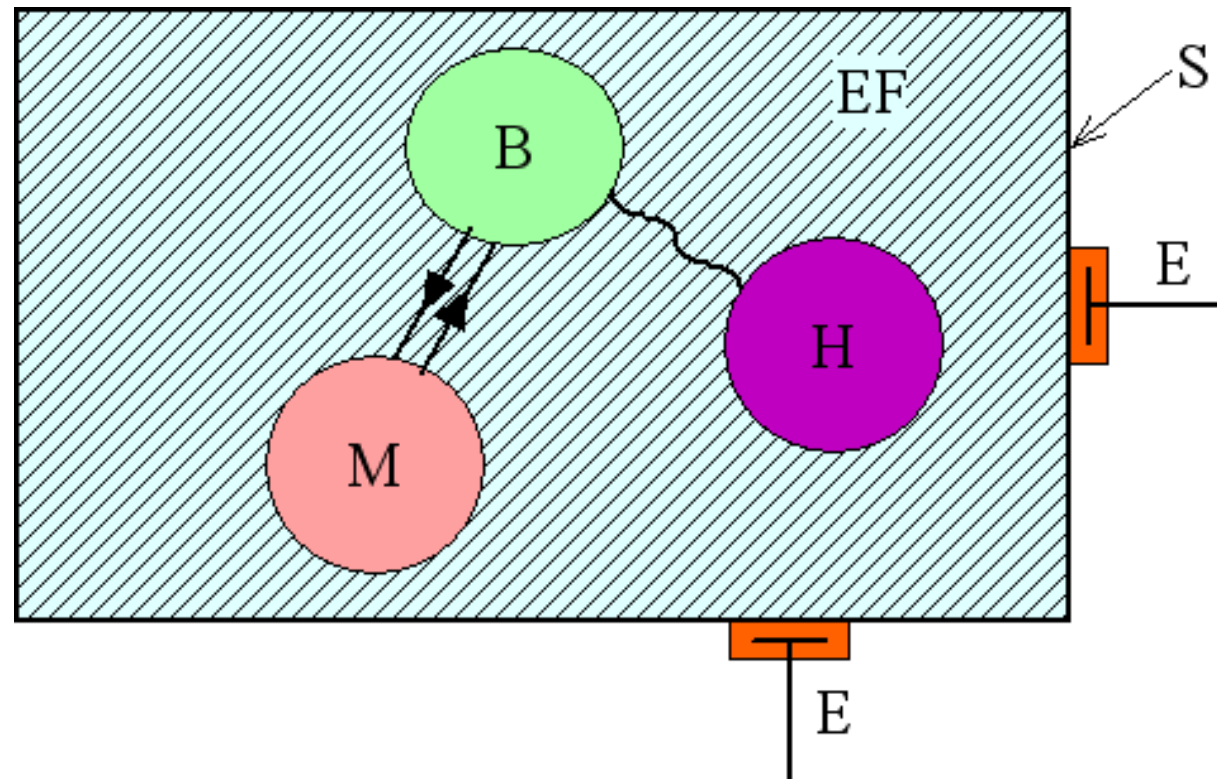
BRAK UZIEMIENIA



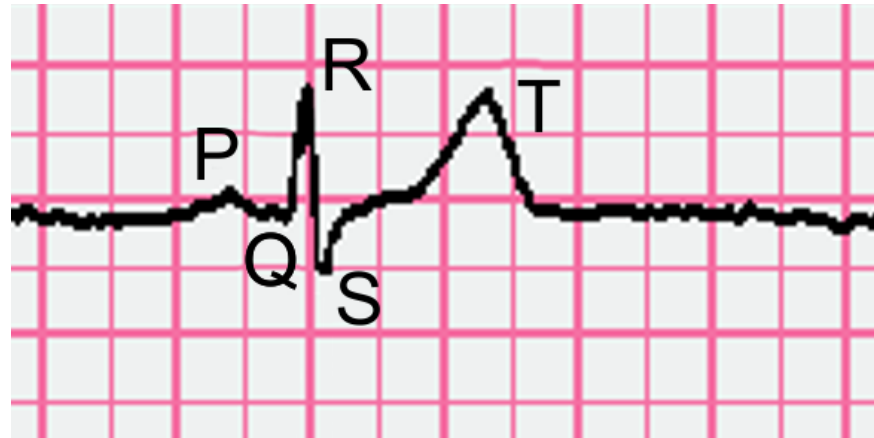
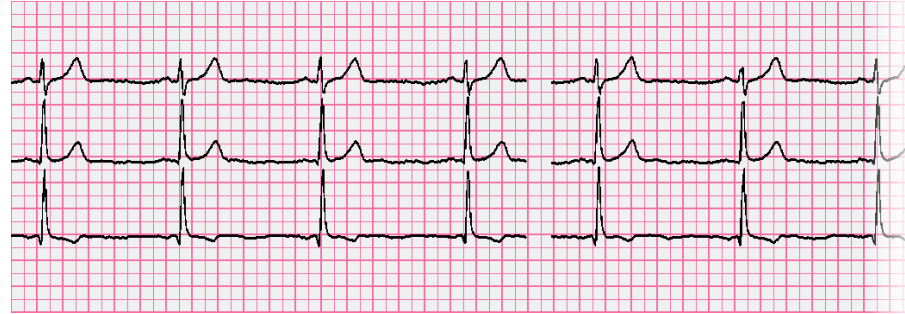
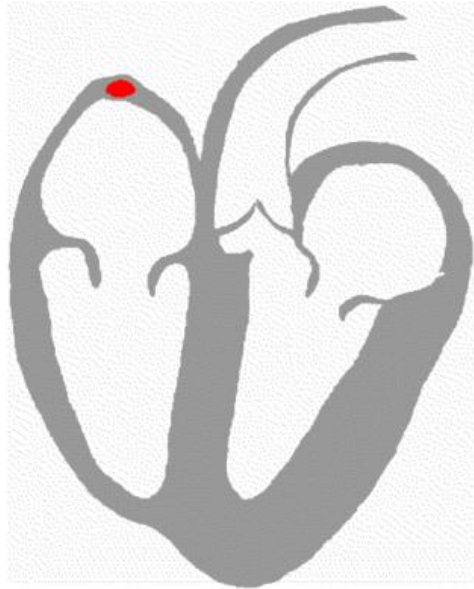
**UZIEMIONA OBUDOWA
URZĄDZENIA**



4. Źródła endogennych potencjałów elektrycznych w organizmie człowieka - elektrokardiografia



4. Źródła endogennych potencjałów elektrycznych w organizmie człowieka - elektrokardiografia



<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC-BY-SA-3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

4. Źródła endogennych potencjałów elektrycznych w organizmie człowieka - elektrokardiografia

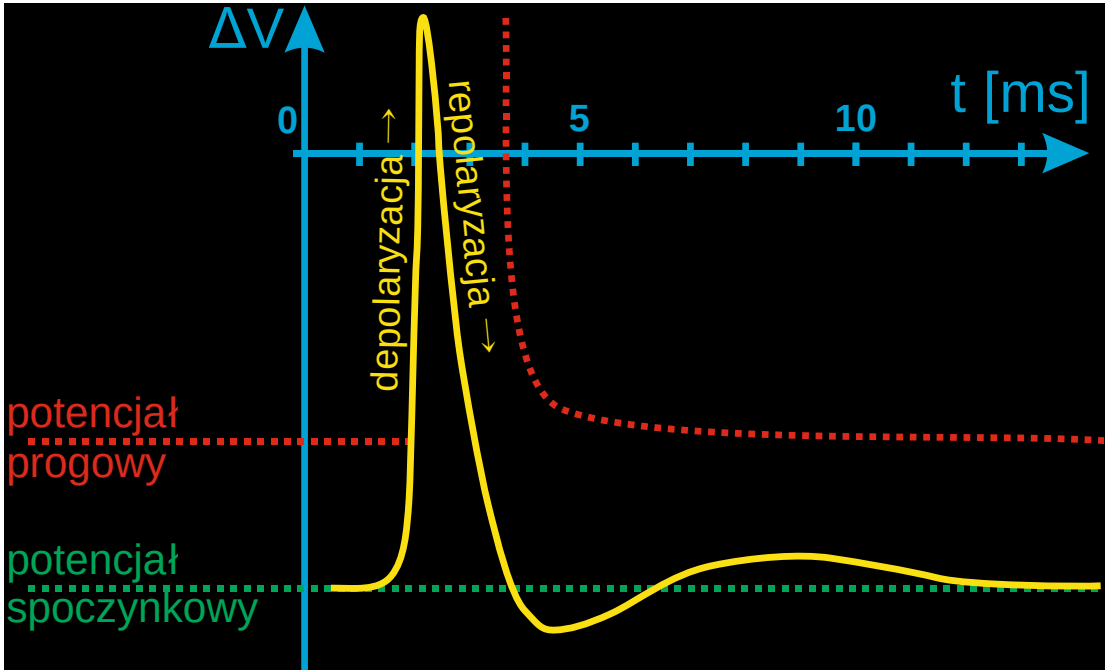
Pomiędzy wnętrzem komórek a płynem zewnątrzkomórkowym występuje ujemny potencjał elektryczny, tzw. **potencjał spoczynkowy**.

Neurony od -60 do -80 mV

Komórki mięśni od -80 do -90 mV

Potencjał błonowy wynika z nierównomiernego rozmieszczenia jonów Na^+ , K^+ , Cl^- i anionów organicznych po obu stronach błony. Błona komórkowa w sposób aktywny utrzymuje ten potencjał na stałym poziomie.

Wnętrze komórki jest elektrycznie obojętne. Tuż przy samej błonie gromadzą się ładunki, jak na okładkach kondensatora.



4. Źródła endogennych potencjałów elektrycznych w organizmie człowieka - elektrokardiografia

Skurcze przedsionków i komór są kontrolowane przez grupę wyspecjalizowanych komórek *mięśniowych* zlokalizowanych w prawym przedsionku w tzw. **węźle zatokowo-przedsionkowym** (*sinoatrial node, SA*).

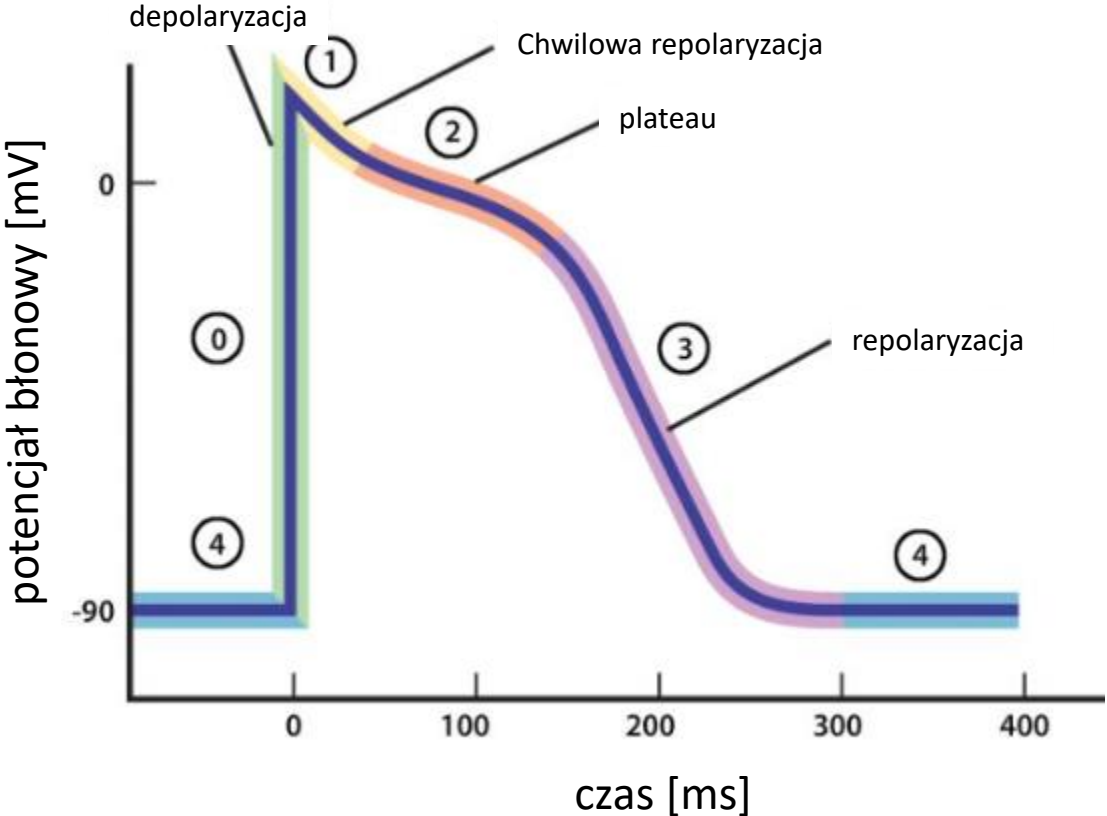
Komórki te generują sygnał elektryczny ok. 70 razy/minutę, ale częstotliwość podlega regulacji przez układ nerwowy i może być zwiększana lub zmniejszana.

Komórki węzła zatokowo-przedsionkowego inicjują depolaryzację komórek mięśniowych obu przedsionków, ich skurcz i przepompowanie krwi do komór, po czym następuje repolaryzacja.

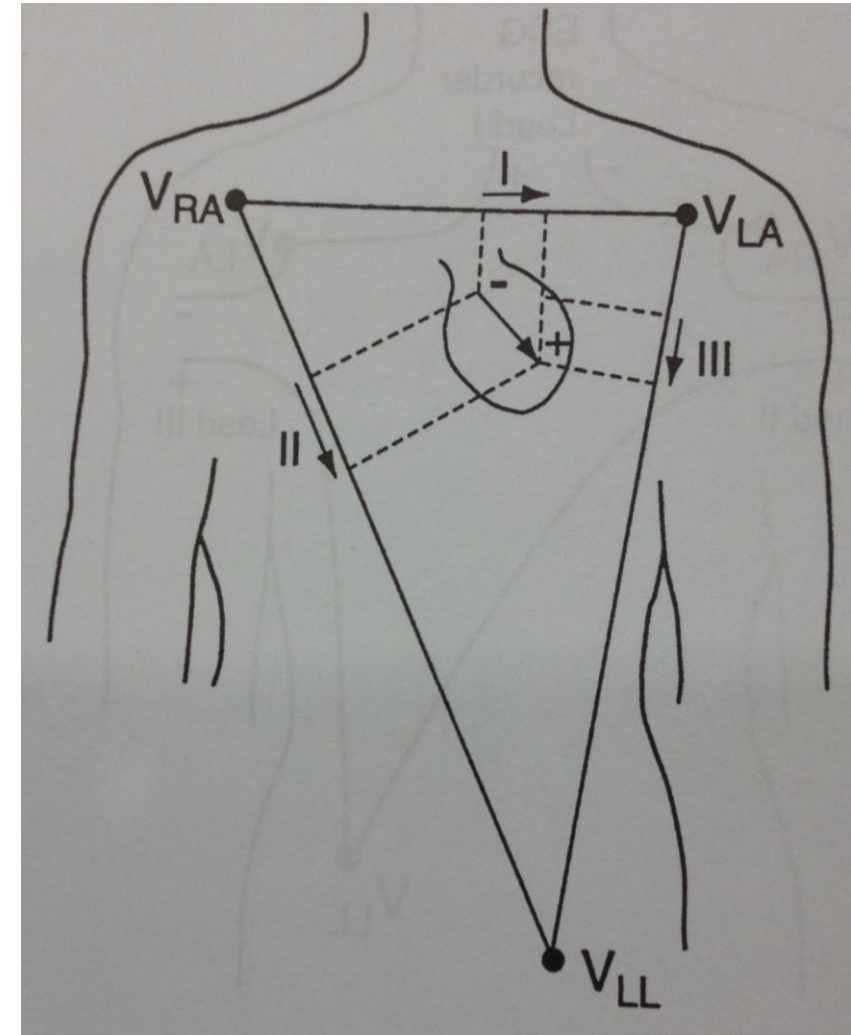
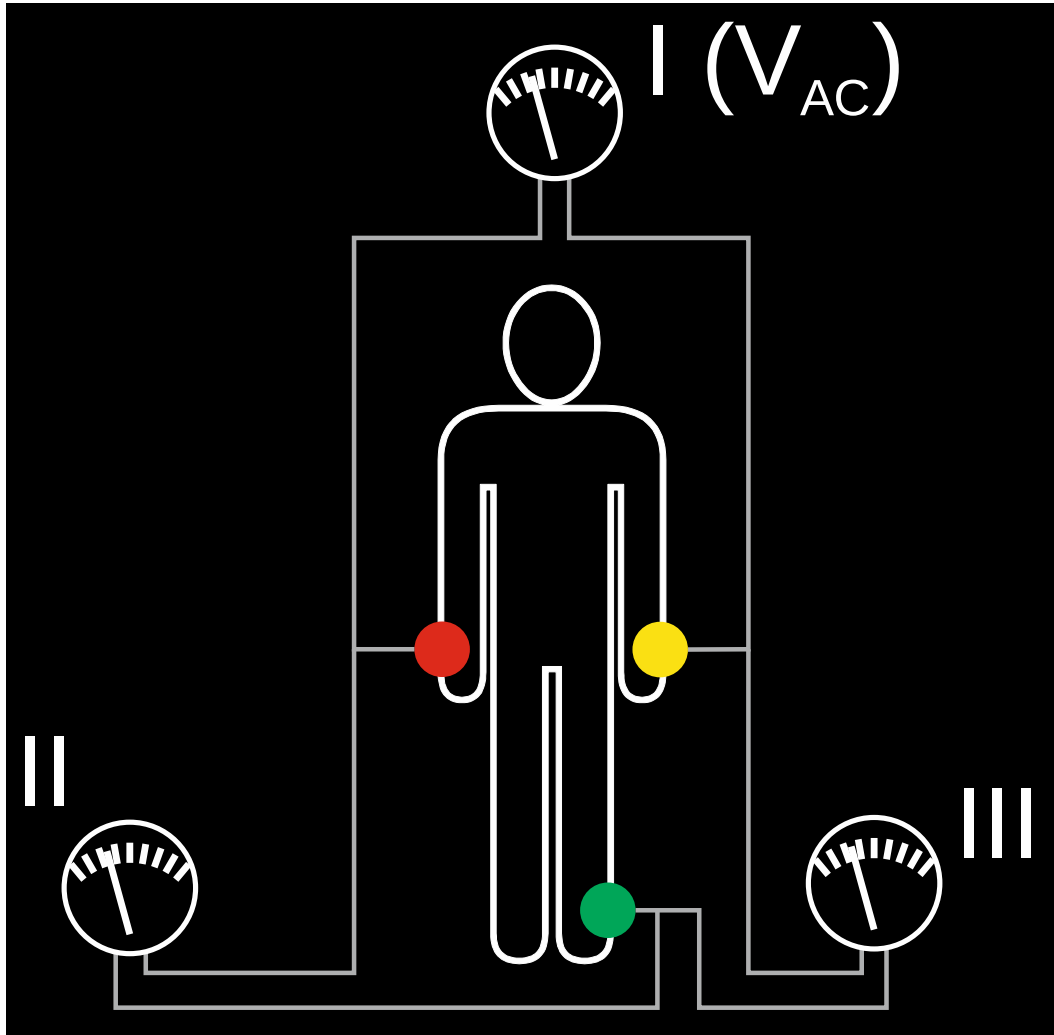
Sygnał elektryczny jest następnie przekazywany do komórek *mięśniowych* **węzła przedsionkowo-komorowego** (atrioventricular node, AV), które powodują depolaryzację komórek prawej i lewej komory i skurcz, po którym następuje repolaryzacja i cykl może się powtórzyć.

Depolaryzacja i repolaryzacja mięśnia sercowego powoduje przepływ prądu przez ciało i pojawienie się potencjału elektrycznego na skórze.

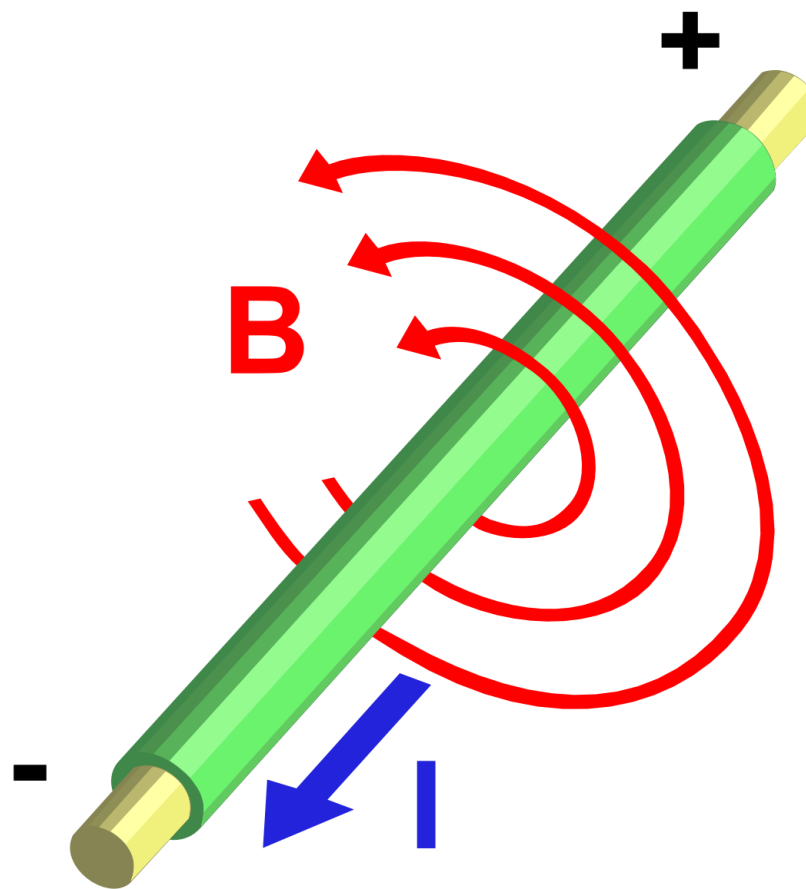
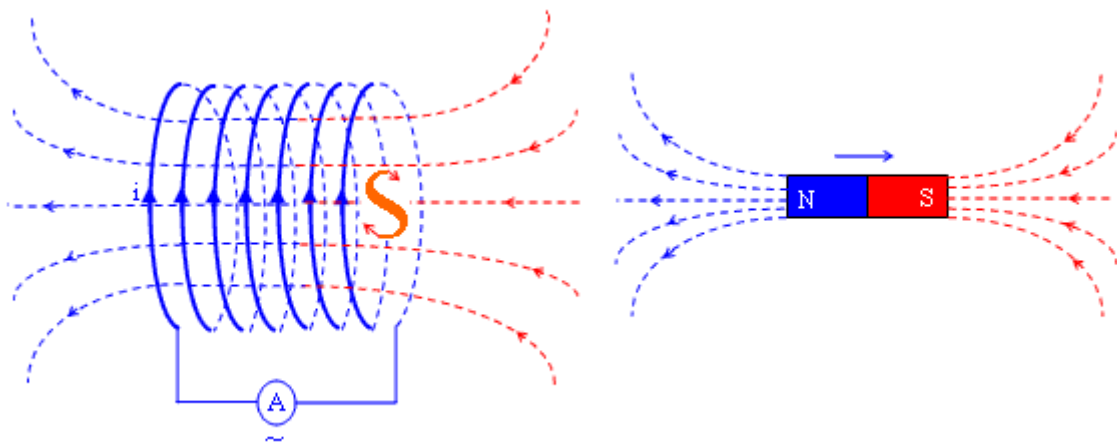
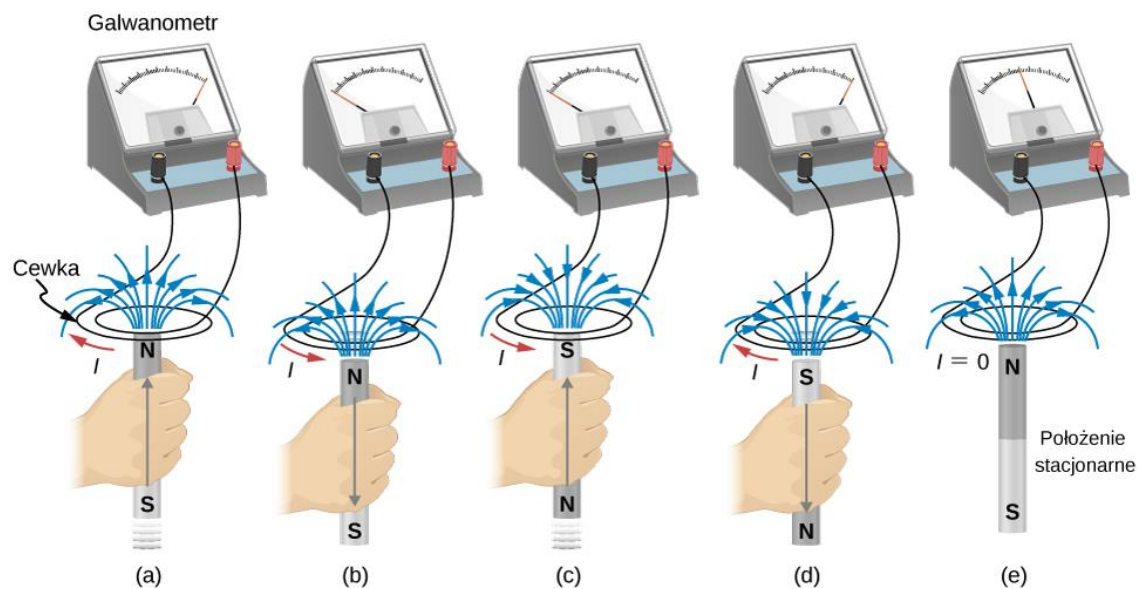
Elektrokardiogram jest zapisem tych potencjałów między dwoma punktami, zlokalizowanymi w różnych miejscach ciała.



4. Źródła endogennych potencjałów elektrycznych w organizmie człowieka - elektrokardiografia

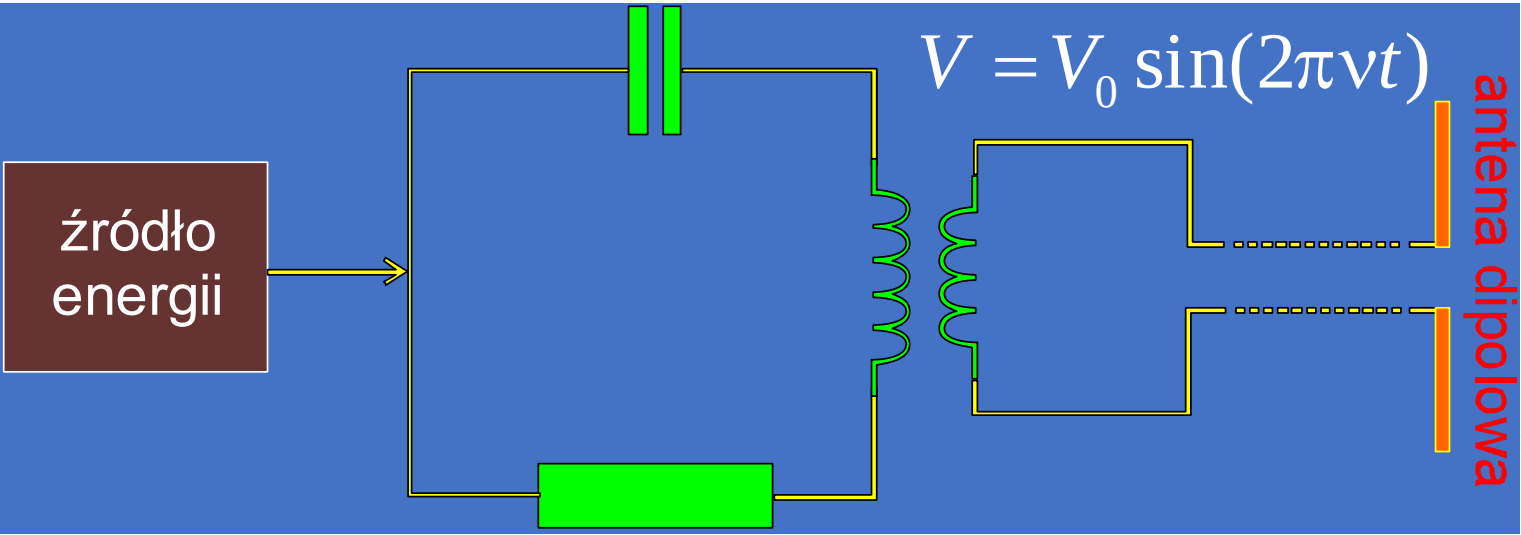


5. Indukcja magnetyczna, prawo indukcji elektromagnetycznej Faradaya, antena kołowa i dipolowa

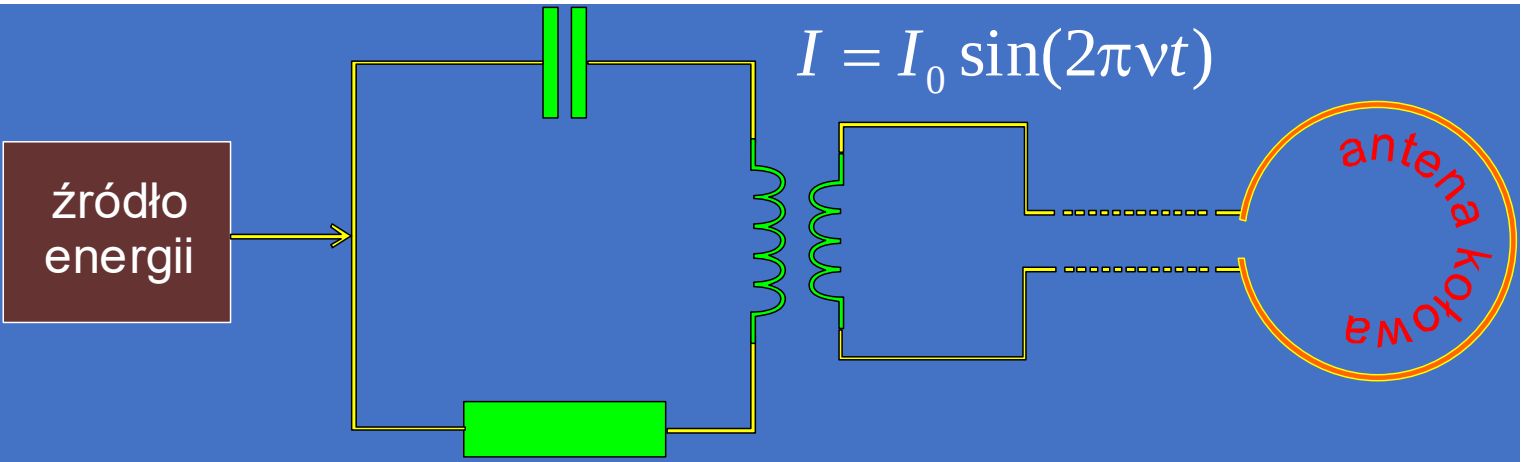


5. Indukcja magnetyczna, prawo indukcji elektromagnetycznej Faradaya, antena kołowa i dipolowa

Antena dipolowa – zmienny dipol elektryczny

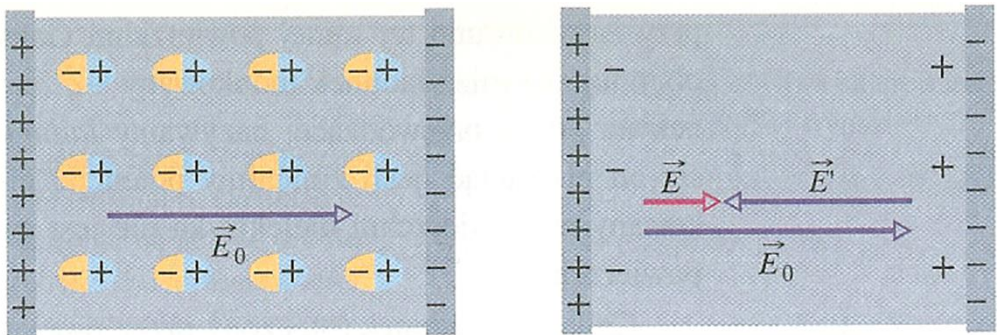


Antena kołowa – zmienny dipol magnetyczny



6. Magnetyczne własności tkanek – porównanie wpływu zewnętrznego pola magnetycznego i elektrycznego, przenikalność elektryczna i magnetyczna tkanek

Wolne ładunki – przepływ prądu
Związane ładunki – polaryzacja – stała dielektryczna



Stała dielektryczna wody jest rzędu 80

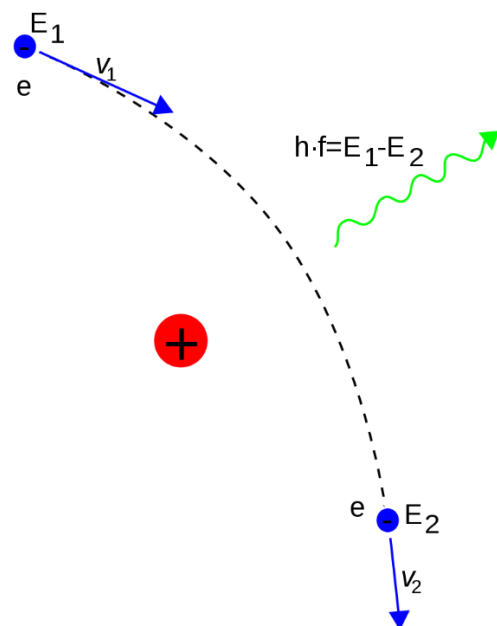
W roztworach wodnych siły elektryczne zmniejszają się o czynnik rzędu 80 - dysocjacja cząsteczek rozpuszczonych (np. $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$)

Pole magnetyczne (H) – Indukcja magnetyczna (B)
Związek B i H – przenikalność magnetyczna

- Przenikalność magnetyczna:
- a) < 1 – diamagnetyk
 - b) > 1 – paramagnetyk (ferromagnetyk)
 - c) $= 1$ – substancja niemagnetyczna

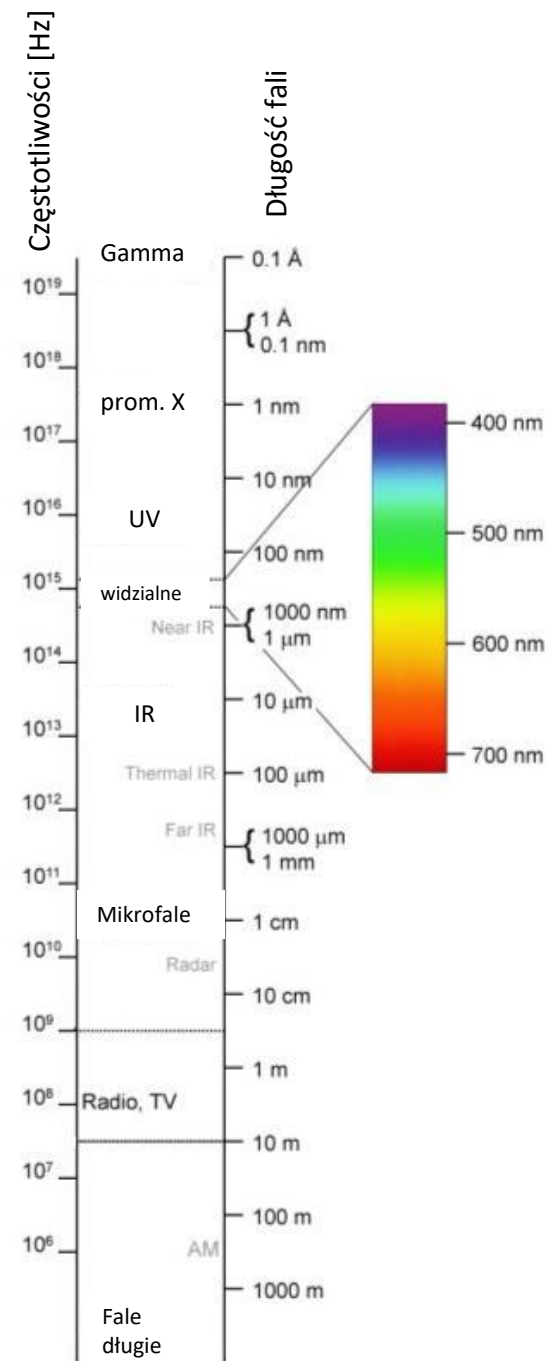
Material	μ
Cu	0.999994
H ₂ O	0.999992
Powietrze	1.00000037
Al	1.000022
Stal	4000
Tkanka miękka	0.999996

7. Promieniowanie elektromagnetyczne, współczynnik absorpcji swoistej (SAR)



Opis fizyczny

- a) Fala elektromagnetyczna
- b) Strumień fotonów



7. Promieniowanie elektromagnetyczne, współczynnik absorpcji swoistej (SAR)

System	Częstotliwość [MHz]
FM (Frequency Modulation)	88-108
GSM 900 (odbiór)	925-960
GSM 900 (nadawanie)	880-915
GSM 1800 (odbiór)	1805-1880
GSM 1800 (nadawanie)	1710-1785
Bluetooth	2400
WiFi 2G	2400-2500, 4915-5825
LTE (4G)	2620-2690
5G	~(3500-30000)
Mikrofalówka	2450



7. Promieniowanie elektromagnetyczne, współczynnik absorpcji swoistej (SAR)

W przypadku niejonizującego promieniowania EM określa się ilość energii pochłoniętej w jednostce masy tkanki.

Parametrem opisującym oddziaływanie na układy biologiczne jest współczynnik absorpcji właściwej **SAR (Specyfic Absorption Rate)**. Jednostką SAR jest W/kg.

$$SAR = \frac{c \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

c - ciepło właściwe [J/K/kg]
ΔT - wzrost temperatury [K]
Δt - czas obserwacji [s]

Urządzenie	SAR [W/kg]
Samsung Galaxy S5	0.56
Samsung Galaxy S7	1.59
iPhone 6S	1.58
iPhone 6S Plus	1.56
WiFi router D-Link WRS-116	0.71
WiFi router D-link DWR-710	1.47
Dopuszczalna norma Federal Communications Commission	1.60
Wartość szkodliwa dla człowieka	4.00

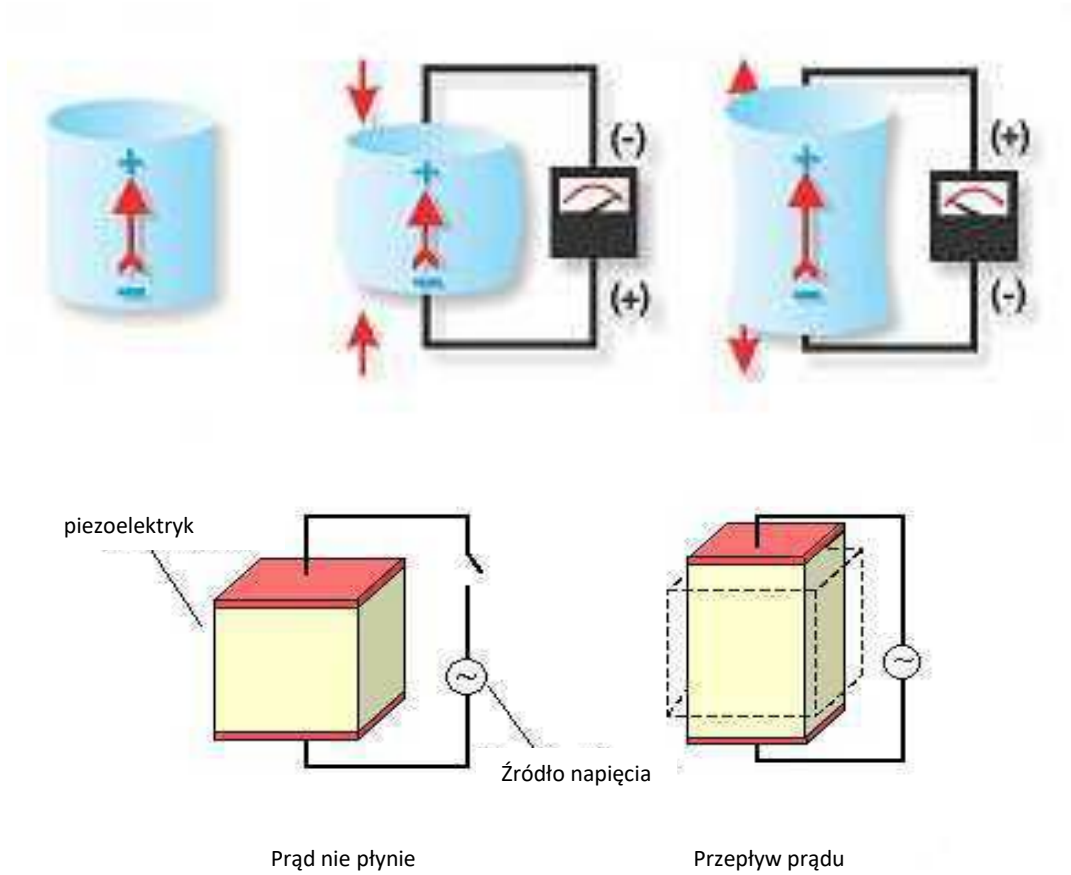
8. Magnetoterapia



W magnetoterapii wykorzystuje się wolnozmiennne ($f < 100$ Hz) pola magnetyczne o indukcji ($1 \div 100$) mT. Konkretnie parametry pola magnetycznego, kształt sygnału i czas zabiegu dobiera się do typu schorzenia. Przykładowo w przypadku zapalenia stawów biodrowych i skokowych parametry wynoszą: $B = 2.5$ mT, $f = 5$ Hz, $t = 10$ min.

9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami

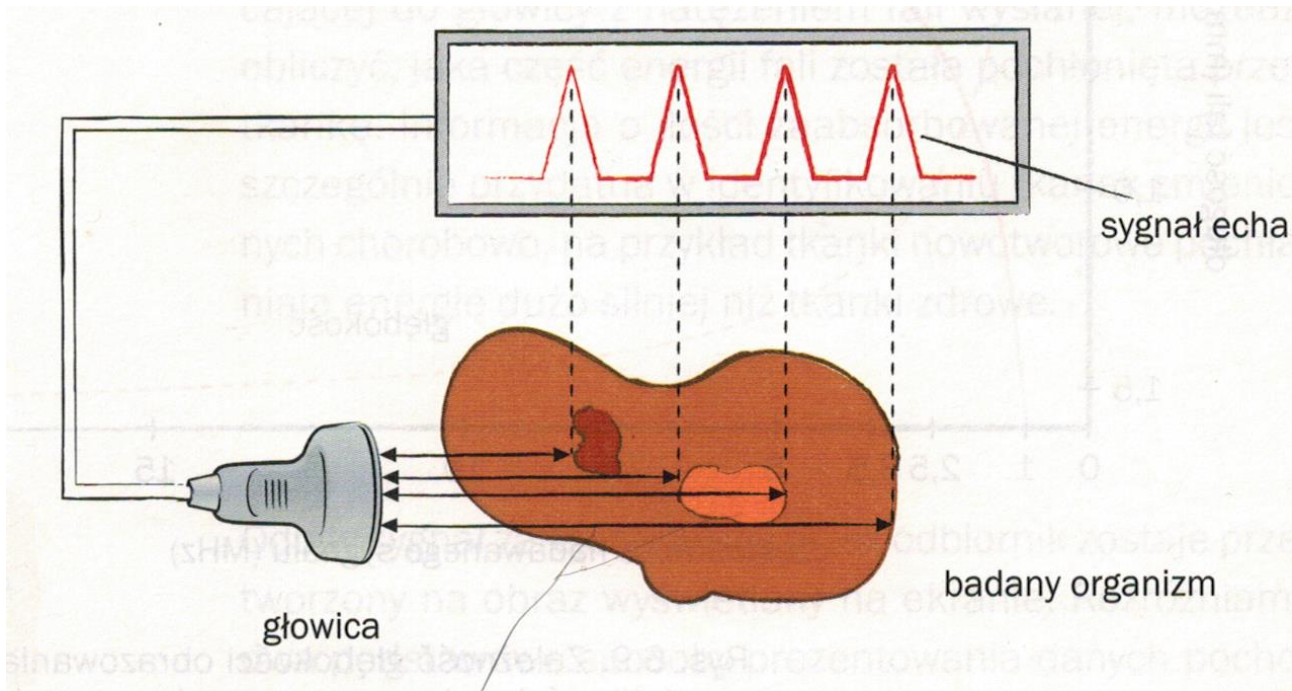
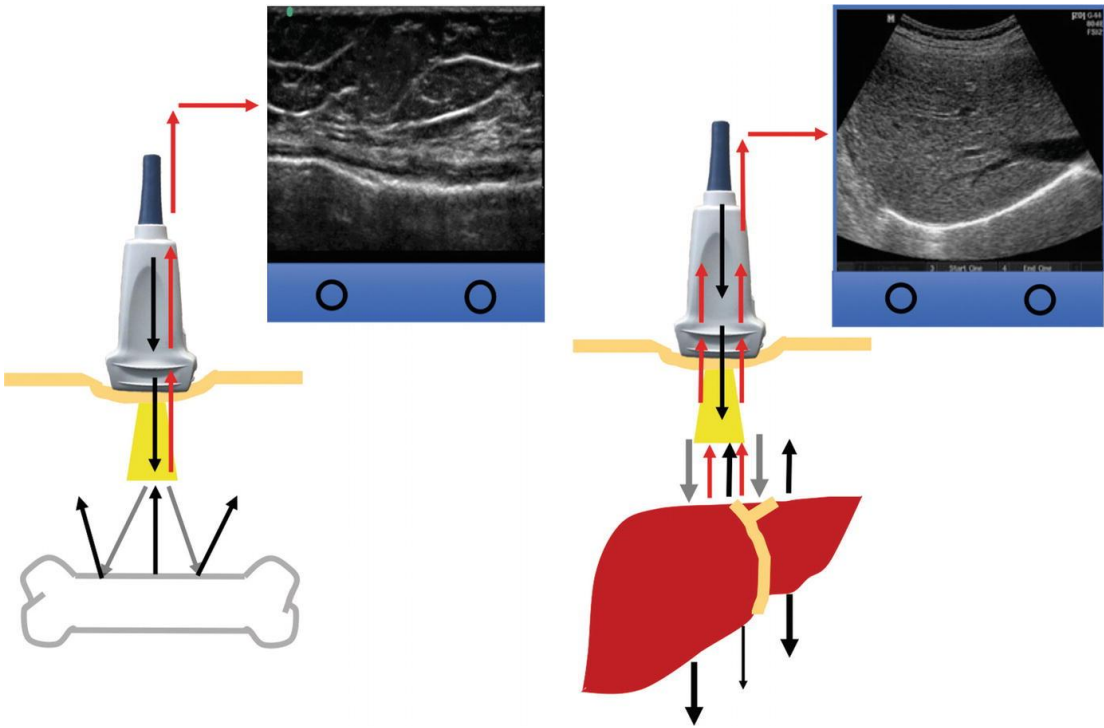
Efekt piezoelektryczny i odwrotny efekt piezoelektryczny



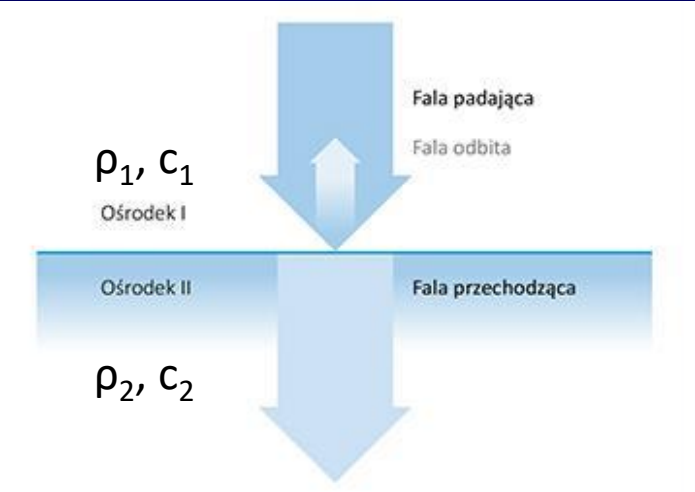
9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami



9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami



9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami



$$Z_i = \rho_i c_i$$
$$\frac{I_t}{I_0} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$
$$\frac{I_r}{I_0} = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

Z_i – impedancja akustyczna
 I_i – intensywność wiązki
 ρ_i – gęstość ośrodka
 C_i – prędkość wiązki w ośrodku

Materiał / tkanka	prędkość dźwięku [m/s]	Impedancja akustyczna (kg m ⁻² s ⁻¹)
Woda	1496	1,49× 10 ⁶
Tkanka tłuszczowa	1476	1,37× 10 ⁶
Tkanka mięśniowa	1568	1,66× 10 ⁶
Nerka	1560	1,62× 10 ⁶
Wątroba	1570	1,66× 10 ⁶
Tkanka kostna	ok. 3500	6,2× 10 ⁶
Powietrze	ok. 340	430

9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami

W tabeli poniżej podano wartości impedancji akustycznej dla powietrza i tkanki miękkiej.
Współczynnik odbicia fali ultradźwiękowej na granicy 2 ośrodków o impedancji akustycznej Z_1 i Z_2

	Impedancja akustyczna ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
powietrze	430
tkanka miękka	$1,63 \times 10^6$

- (i) Proszę oszacować współczynnik odbicia pomiędzy powietrzem a tkanka miękką.
- (ii) Proszę wyjaśnić, dlaczego warstwa powietrza pomiędzy sondą ultrasonograficzną a skórą pacjenta utrudnia (a właściwie uniemożliwia) badanie z wykorzystaniem ultradźwięków. Jak problem ten można rozwiązać.

9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami

W tabeli poniżej podano wartości impedancji akustycznej dla powietrza i tkanki miękkiej.
Współczynnik odbicia fali ultradźwiękowej na granicy 2 ośrodków o impedancji akustycznej Z_1 i Z_2

	Impedancja akustyczna ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
powietrze	430
tkanka miękka	$1,63 \times 10^6$

- (i) Proszę oszacować współczynnik odbicia pomiędzy powietrzem a tkanką miękką.
- (ii) Proszę wyjaśnić, dlaczego warstwa powietrza pomiędzy sondą ultrasonograficzną a skórą pacjenta utrudnia (a właściwie uniemożliwia) badanie z wykorzystaniem ultradźwięków. Jak problem ten można rozwiązać.

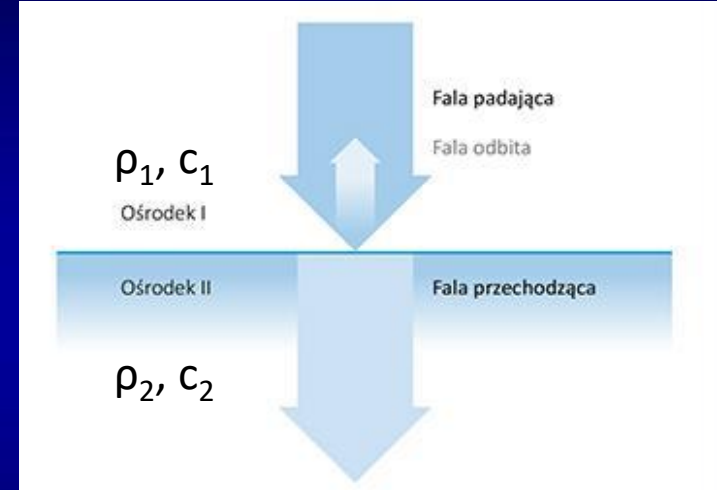
Impedancja akustyczna to iloczyn gęstości oraz prędkości fali w ośrodku

$$(b) \quad (i) \quad I_R = \left(\frac{1,63 \times 10^6 - 430}{1,63 \times 10^6 + 430} \right)^2;$$

$$I_R \approx 1;$$

- (ii) Różnica pomiędzy impedancją tkanki i powietrza jest bardzo duża $I_R \approx 1$; większość fal ultradźwiękowych nie jest transmitowana do tkanki, rozwiązaniem jest użycie żelu pomiędzy powierzchnią skóry a sondą.

9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami



ρ_1, c_1
Ośrodek I

ρ_2, c_2
Ośrodek II

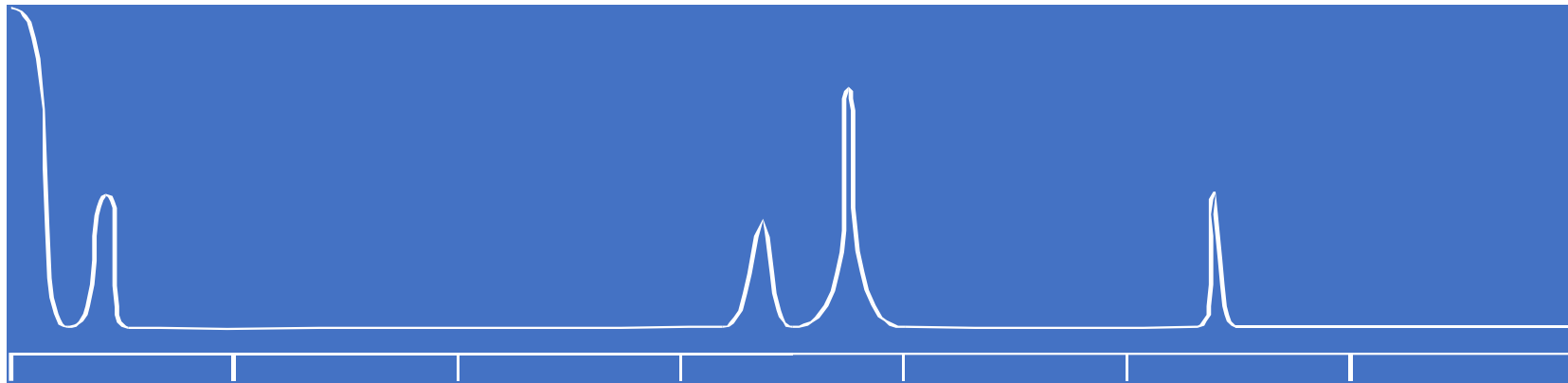
Fala padająca
Fala odbita
Fala przechodząca

$$Z_i = \rho_i c_i$$
$$\frac{I_t}{I_0} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$
$$\frac{I_r}{I_0} = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

Z_i – impedancja akustyczna
 I_i – intensywność wiązki
 ρ_i – gęstość ośrodka
 C_i – prędkość wiązki w ośrodku

Materiał 1	Materiał 2	$R = I_r / I_0$
Tkanka miękka	Powietrze	0.99
	Płuca	0.52
	Kość	0.43
	Wątroba ☺	0.0079
	Tkanka tłuszczowa ☺	0.0069
	Mięśnie ☺	0.0004

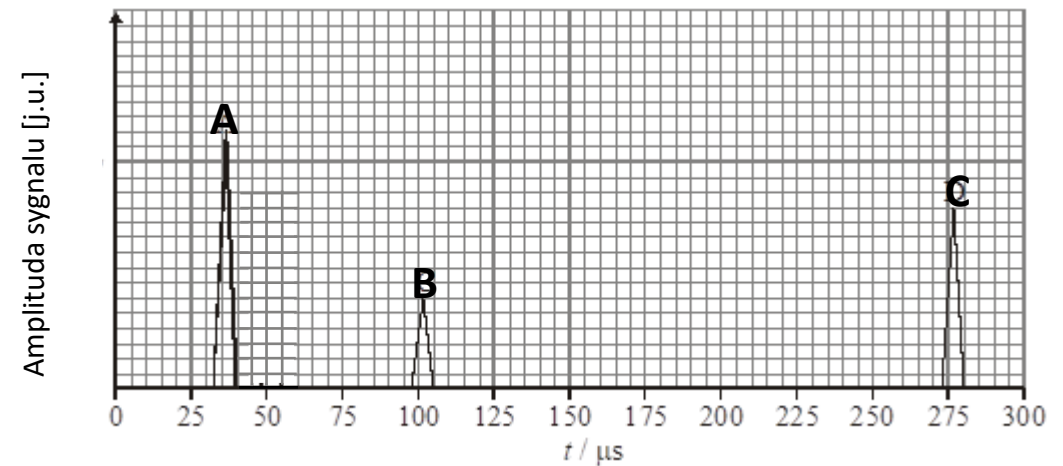
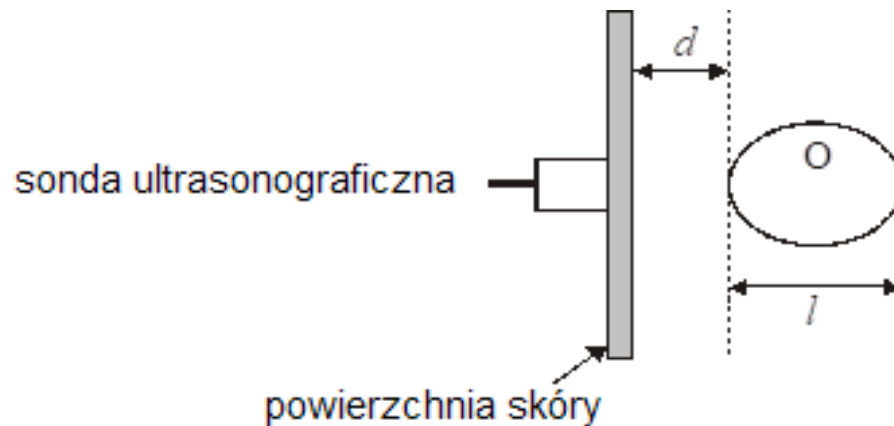
9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami



$$d = T \cdot c$$

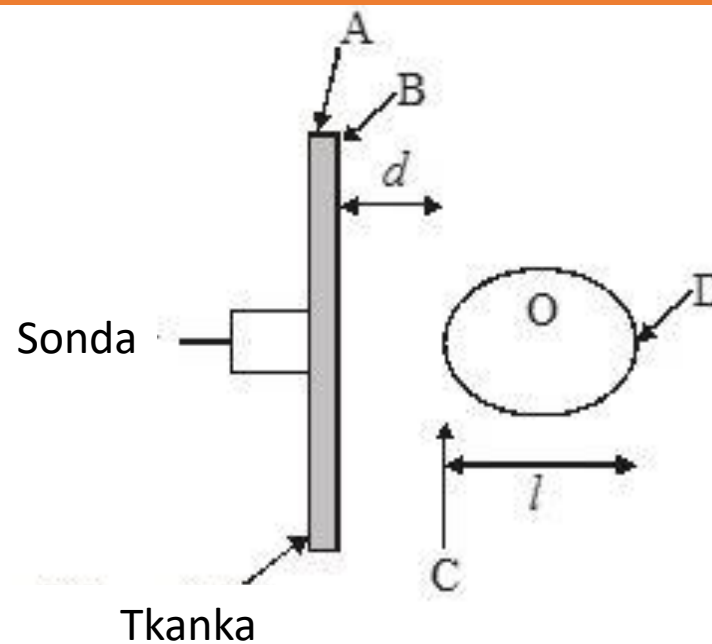
9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami

Na rysunku przedstawiono schemat badania ultrasonograficznego, a na wykresie - względne natężenie impulsu zarejestrowanego przez sondę w funkcji czasu t jaki upłynął pomiędzy wysłaniem a odebraniem przez sondę.



- Proszę wskazać na schemacie miejsca odbicia fali akustycznej oznaczone na wykresie A, B, C.
- Średnia szybkość fali akustycznej w tkance wynosi $1.5 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$. Korzystając z wykresu proszę oszacować głębokość d do narządu O oraz jego długość l .
- Proszę wyjaśnić w jaki sposób można uzyskać obraz w prezentacji B.

9. Ultradźwięki, generowanie, detekcja i oddziaływanie z tkankami



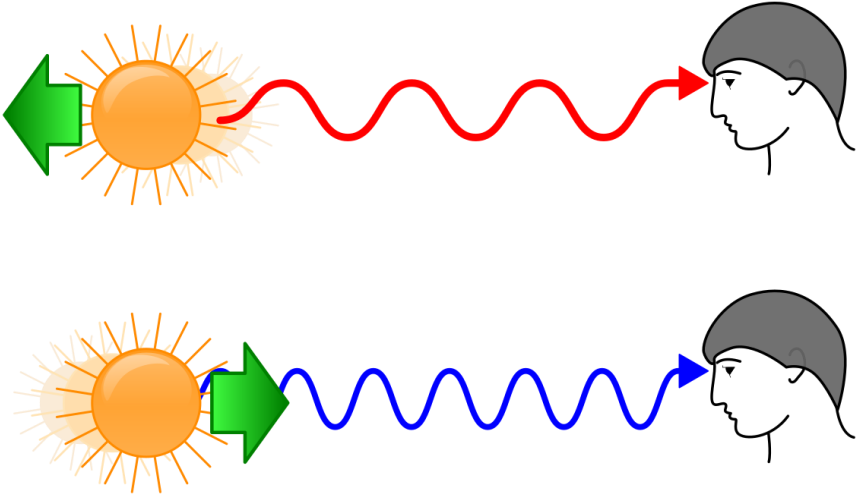
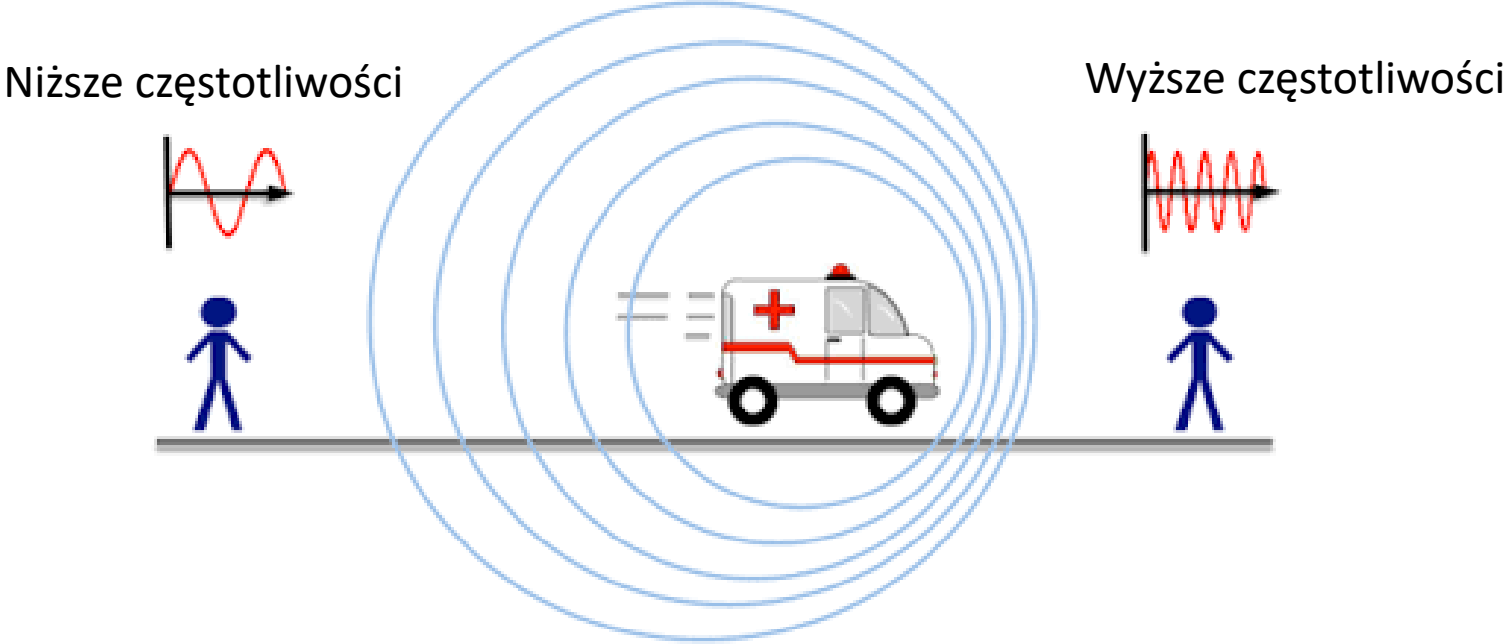
b) impuls pokonuje drogę $2d$ w czasie $50 \mu s$

$$d = \frac{ct}{2} = \frac{1.5 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-6}}{2};$$

$$d = 38 \text{ mm};$$

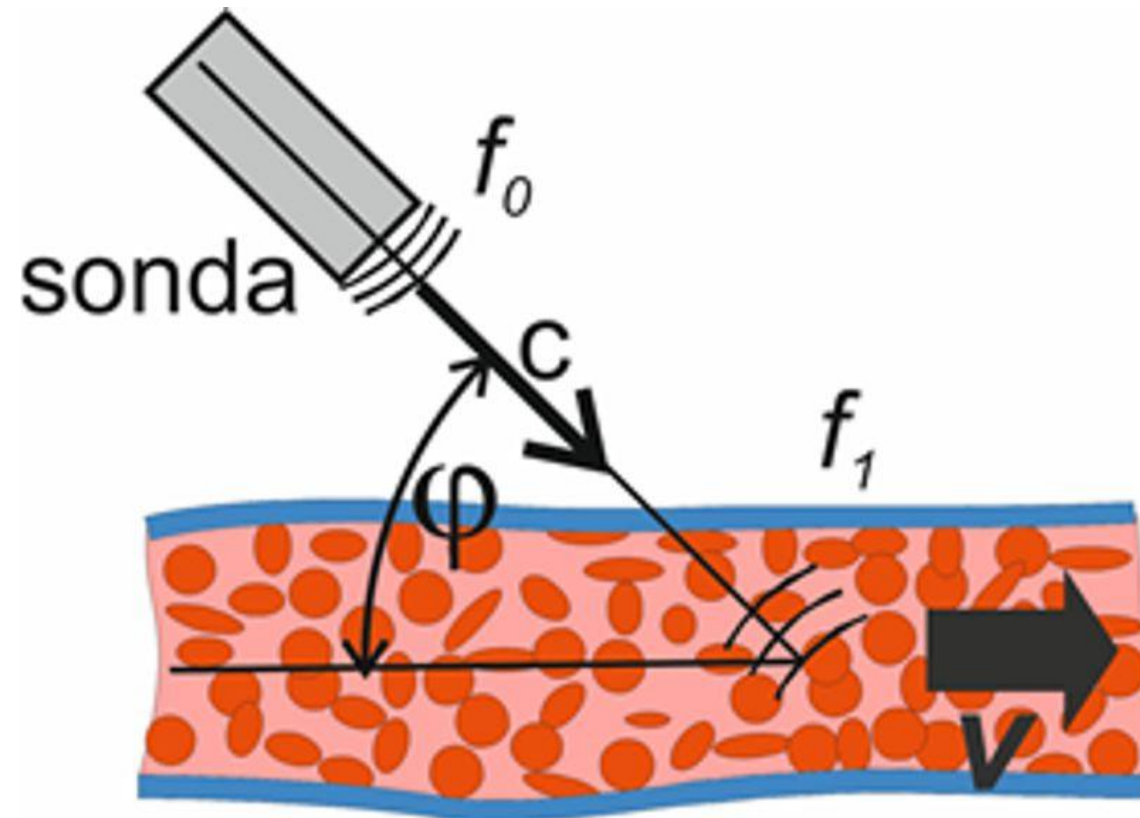
$$l = \frac{1.5 \times 10^3 \times 175 \times 10^{-6}}{2} = 130 \text{ mm};$$

10. Zjawisko Dopplera, ultrasonografia dopplerowska



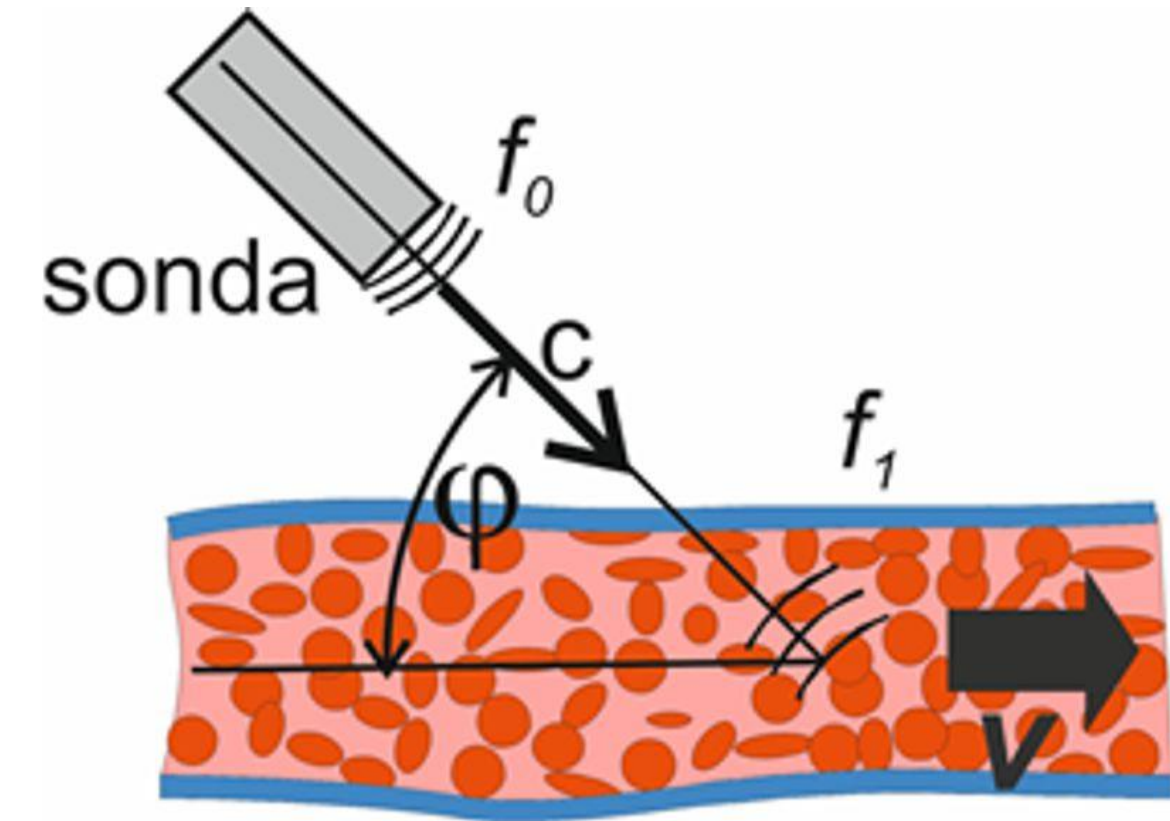
10. Zjawisko Dopplera, ultrasonografia dopplerowska

Proszę obliczyć wartość przesunięcia dopplerowskiego przyjmując, że częstotliwość fali pierwotnej $f_0 = 5$ MHz, szybkość krwinek = 15 cm/s , szybkość dźwięku = 1540 m/s i wiązka jest równoległa do prędkości.



10. Zjawisko Dopplera, ultrasonografia dopplerowska

Proszę obliczyć wartość przesunięcia dopplerowskiego przyjmując, że częstotliwość fali pierwotnej $f_0 = 5 \text{ MHz}$, szybkość krwinek = 15 cm/s , szybkość dźwięku = 1540 m/s i wiązka jest równoległa do prędkości.



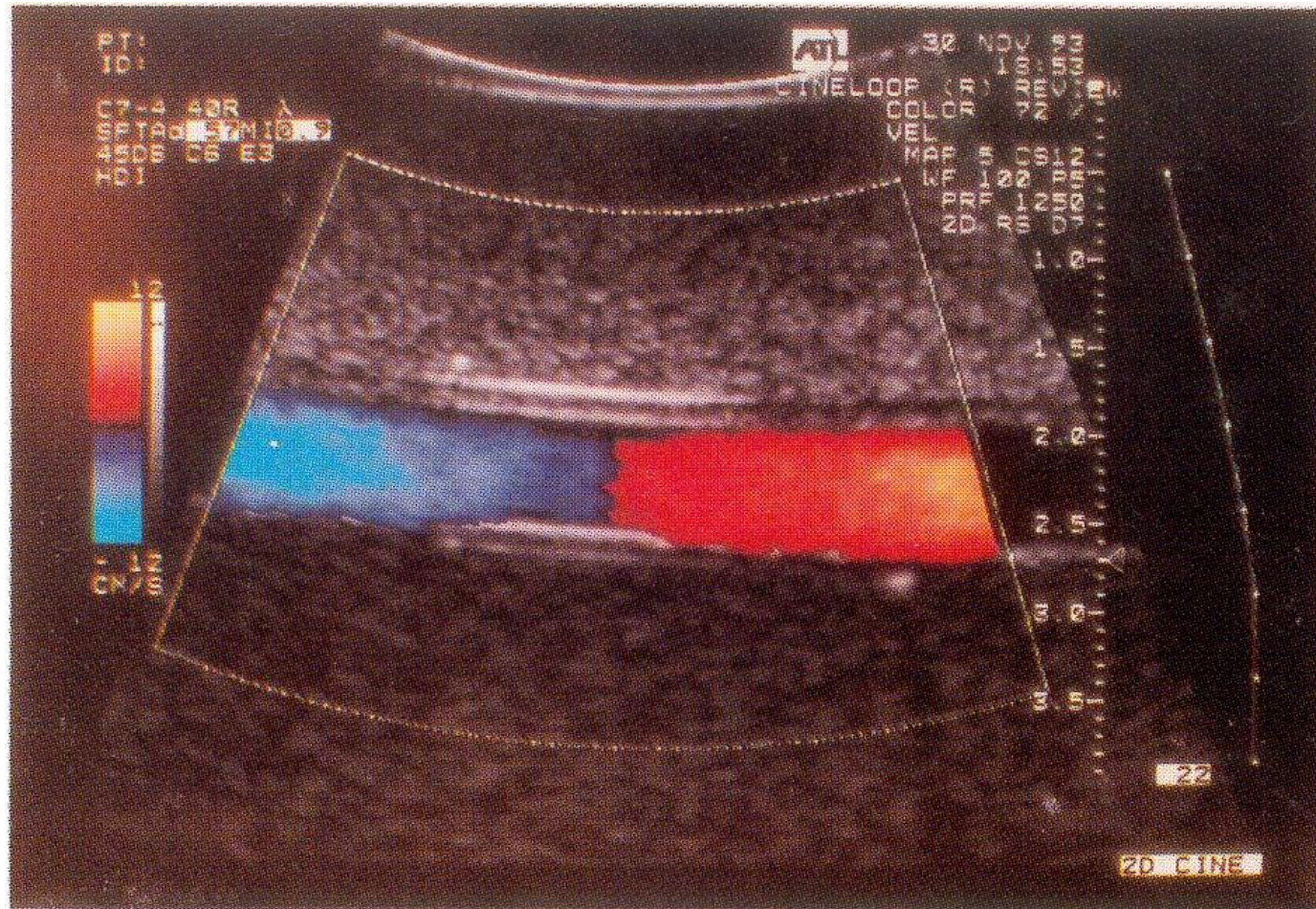
$$\Delta f = f_1 - f_0$$

$$v = \frac{c \Delta f}{2 f_0 \cos(\varphi)}$$

$$\Delta f = \frac{2 v f_0}{c} = \frac{2 * 0.15 * 5}{1540} \text{ MHz} = 974 \text{ Hz}$$

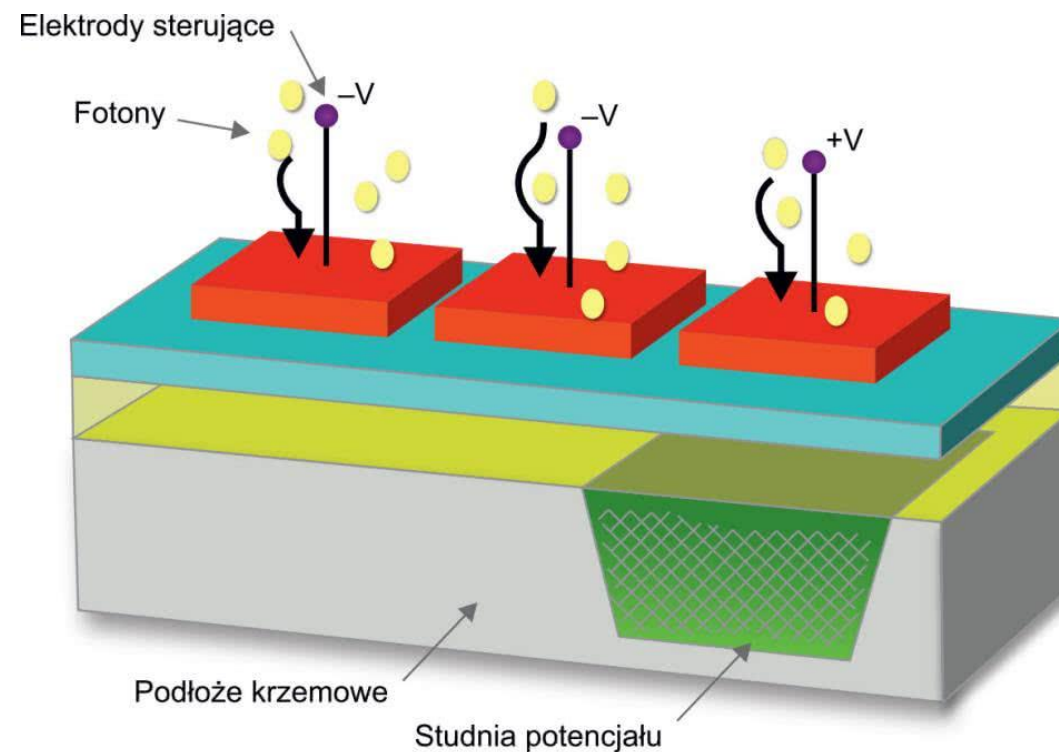
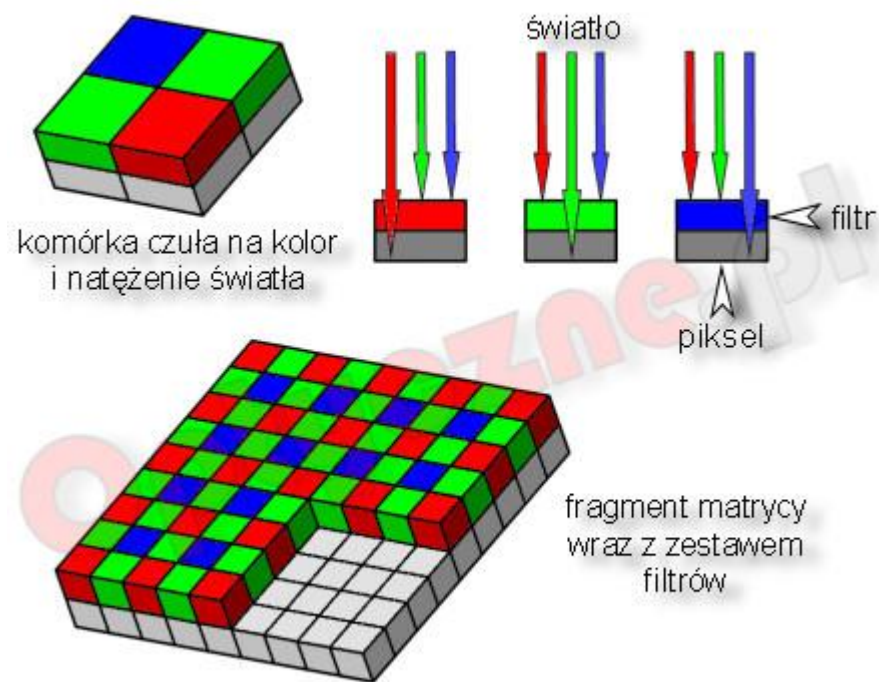
D1. Zjawisko Dopplera, ultrasonografia dopplerowska

Dla wyniku badania przedstawionego poniżej proszę podać kierunek przepływu krwi i miejsce umieszczenia sondy.



D2. Detektory cyfrowe na przykładzie kamery CCD

Proszę omówić zasadę działania kamery CCD.



D2. Detektory cyfrowe na przykładzie kamery CCD

