



~~~~~

# Wpływ pola elektromagnetycznego na człowieka – perspektywy i zagrożenia

# Scenariusz Lekcji

## Wpływ pola elektromagnetycznego na człowieka – perspektywy i zagrożenia.

### Cele

#### Cel

- Przedstawienie wpływu pola elektromagnetycznego na człowieka – perspektywy i zagrożenia

#### Cele szczegółowe:

- Przedstawienie wpływu fal elektromagnetycznych na rozwój cywilizacji.
- Kształcenie umiejętności myślenia krytycznego w oparciu o teksty naukowe.
- Rozwijanie umiejętności rozwiązywania powstałych problemów.



### Efekty

#### Efekty uczenia:

- Uczeń potrafi przedstawić wpływ fal elektromagnetycznych na życie człowieka oraz wskazać perspektywy i ewentualne zagrożenia.
- Uczeń potrafi zaprezentować samodzielne i krytyczne zdania na temat wpływu pola elektromagnetycznego na zdrowie i życie człowieka

#### Metody kształcenia

1. Uczenie się przez obserwację.
2. Uczenie się przez stosowanie poznanych reguł i analogii.

#### Formy pracy

1. Praca indywidualna.
2. Praca w grupach.

1. Fale elektromagnetyczne są wszechobecne w naszym życiu.
2. Najważniejszym naturalnym źródłem fal elektromagnetycznych pozostaje Słońce.
3. Wraz z rozwojem cywilizacji powstało także wiele sztucznych źródeł pola elektromagnetycznego np: linie elektroenergetyczne, telewizory, kuchenki mikrofalowe, telefony komórkowe, urządzenia do obrazowania rentgenowskiego itp.
4. Urządzenia wytwarzające i wykorzystujące fale elektromagnetyczne stały się elementem naszej codzienności.
5. W jaki sposób taka sytuacja wpływa na zdrowie człowieka?
6. Jaki jest ich wpływ na nasze zdrowie?



### Wpływ pola elektromagnetycznego na organizm

Biologiczne skutki oddziaływania pola elektromagnetycznego zależą od:

- ilości pochłoniętej energii,
- czasu ekspozycji,
- parametrów fizycznych tkanki.

Do najważniejszych skutków oddziaływania promieniowania z materią należą:

- indukowanie prądów wirowych (w przypadku gdy materia jest przewodząca),
- wzrost temperatury,
- jonizacja.

Moc źródła promieniowania to ilość emitowanej energii przypadająca na jednostkę czasu. Jednostką mocy jest wat (W).

## Przykład

Moc kuchenki mikrofalowej waha się od około 700W do 1200W, natomiast moc routera Wi-Fi zgodnie z polskim prawem obowiązującym w 2021 to maksimum 100 mW, czyli 0,1 W. Jest to moc wielokrotnie mniejsza i w żadnym stopniu nie wpływa na zdrowie i życie ludzi przebywających w pobliżu. Spokojnie możemy zatem korzystać z routera Wi-Fi. Natomiast komora pracy kuchenki mikrofalowej jest ekranowana i nie pozwala na przedostanie się pola elektromagnetycznego do otoczenia. Przypadkowe otwarcie drzwiczek kuchenki mikrofalowej powoduje natychmiastowe wyłączenie urządzenia.

Gęstość mocy promieniowania to moc przypadająca na jednostkę powierzchni. Jednostką jest W/m<sup>2</sup>.



Gęstość mocy można wyliczyć ze wzoru:

$$S = \frac{1}{Z} \cdot E^2$$

gdzie:

**S** – gęstość mocy promieniowania mierzona przez mierniki, uwzględniające warunki środowiskowe W/m<sup>2</sup>

**Z** – stała dla próżni wynosząca 377Ω

**E** – natężenie pola elektrycznego V/m

## Fale radiowe, telewizyjne i mikrofae

Poniżej częstotliwości 1 MHz najważniejszym skutkiem promieniowania elektromagnetycznego jest powstawanie prądów wirowych. Prądy te są prądami powierzchniowymi i mogą powodować pobudzenie komórek nerwowych i mięśniowych. Objawia się to uczuciem mrowienia. Aby jednak doszło do tego, natężenie pola elektromagnetycznego musi być bardzo duże.

### Przykład

W zakresie częstotliwości fal elektromagnetycznych od 1 MHz do 300 GHz dominującym efektem oddziaływania tych fal z materią jest wzrost temperatury (tzw. efekt termiczny).

Podczas ekspozycji materii na to promieniowanie, część energii zostaje zamieniona na energię wewnętrzną (termiczną), jednak w organizmach żywych lokalny wzrost temperatury jest praktycznie natychmiast kompensowany w systemie termoregulacji, w którym energia cieplna jest rozprowadzana po całym ciele wraz z krążącą krwią (zjawisko perfuzji).

### Przykład

Ciało człowieka w spoczynku uwalnia w ciągu 1 godziny ok. 290 kJ energii cieplnej.

W poniższych obliczeniach przyjmij pewne uproszczenie, że ciało człowieka

składa się tylko z tkanki miękkiej o ciepłe właściwym  $c_w = 3500 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}$ .

Założ, że powierzchnia ciała człowieka wynosi  $1,7 \text{ m}^2$ , a masa człowieka wynosi 60 kg oraz że człowiek znajduje się w pobliżu 1 nadajnika o dopuszczalnej maksymalnej gęstości mocy  $10 \text{ W/m}^2$ .

- Oblicz spadek temperatury ciała człowieka. Przy obliczeniach założ, że zdolność organizmu do termoregulacji została hipotetycznie wyłączona.
- Oblicz wzrost temperatury ciała człowieka w przypadku gdy znajduje się on w obszarze gdzie gęstość mocy promieniowania osiągnęła limit  $10 \text{ W/m}^2$  zapisany w przepisach. Założ, że cała energia zostanie pochłonięta przez ciało człowieka.
- Porównaj wyniki z podpunktu a i b.

# Etapy lekcji

## Dane:

$$Q = 290 \text{ kJ}$$

$$c_w = 3500 \frac{\text{J}}{\text{kg C}}$$

$$m = 60 \text{ kg}$$

$$P = 1,7 \text{ m}^2$$

$$S = 10 \text{ W/m}^2$$

$$t = 3600 \text{ s}$$

## Szukane:

$$\Delta T = ?$$

## Odpowiedź:

a)

$$Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T$$
$$\Delta T = \frac{Q}{m \cdot c_w} = \frac{290\,000 \text{ J}}{60 \text{ kg} \cdot 3500 \frac{\text{J}}{\text{kg C}}} = 1,38 \text{ C}$$

b)

Na opisanym obszarze ciało człowieka zwrócone jest w kierunku nadajnika przodem lub tyłem, zatem pochłania energię tylko połową swojej powierzchni. Całą energię, która zostanie przekształcona na ciepło i zostanie zaabsorbowana w ciele człowieka przez czas 1 godziny można wyliczyć ze wzoru:

$$Q = S \cdot \frac{P}{2} \cdot t$$

$$Q = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \frac{1,7 \text{ m}^2}{2} \cdot 3600 \text{ s} = 30\,600 \text{ J}$$

Wzrost temperatury natomiast jako:

$$\Delta T = \frac{Q}{m \cdot c_w} = \frac{30\,600 \text{ J}}{60 \text{ kg} \cdot 3500 \frac{\text{J}}{\text{kg C}}} = 0,15 \text{ C}$$

W normalnych warunkach nie jesteśmy w stanie narazić się na pochłonięcie dawki, która by spowodowała komplikacje zdrowotne. Prawdopodobieństwo wzrostu temperatury o 1° jest praktycznie równe zero. Każde urządzenie o dużej mocy jest ekranowane po to, aby w ich wnętrzu emitowane fale elektromagnetyczne były zatrzymywane. Nie mamy się więc czego z tej strony obawiać.

# Etapy lekcji

## Podczerwień

Skutkiem promieniowania podczerwonego na organizmy żywe jest przede wszystkim wzrostem temperatury eksponowanej tkanki.

Podczerwień jest wykorzystywana przede wszystkim do celów leczniczych, np. do uzyskania poprawy ukrwienia w leczeniu procesów zapalnych i przyspieszenia procesów gojenia.

Przekroczenie określonego poziomu natężenia promieniowania podczerwonego powoduje zazwyczaj oparzenia skóry oraz – w przypadku bezpośredniego oddziaływania na gałki oczne – choroby oczu.

### Przykład

Na skórze człowieka znajdują się receptory, które reagują na nadmierny wzrost temperatury. Wywołuje to uczucie bólu. Jest to bardzo skuteczne zabezpieczenie przed poparzeniami. Pamiętajmy jednak o tym, że niektóre części ciała nie posiadają tego typu receptorów. Chrońmy więc np. oczy w warunkach dużego natężenia promieniowania podczerwonego.

## Promieniowanie widzialne

Fale z zakresu widzialnego wykrywane są przez fotoczule receptory znajdujące się na siatkówce oka. W następstwie absorpcji światła przez te fotoreceptory wysyłane są do mózgu impulsy nerwowe. Po odpowiednim przetworzeniu dają obraz obserwowanego przez nas przedmiotu.

Następstwem intensywnego promieniowania widzialnego mogą być efekty termiczne oraz fotochemiczne. Dotyczy to szczególnie światła niebieskiego i fioletowego o największej energii. Na skutek absorpcji promieniowania przez niektóre cząsteczki napromieniowanej tkanki mogą ulec wzbudzeniu, co może spowodować szereg reakcji chemicznych. Niektóre z tych reakcji mogą doprowadzić do uszkodzenia lub zmiany aktywności biologicznej cząsteczki.

Prawdopodobieństwo rozpoczęcia reakcji fotochemicznych rośnie wraz z natężeniem promieniowania i jego częstotliwością.

### Przykład

Fale elektromagnetyczne z krótkofalowego krańca zakresu widzialnego o dużym natężeniu emitowane są na przykład podczas spawania (tzw. łuk elektryczny) w trakcie którego należy używać specjalnych okularów ochronnych, które chronią siatkówkę oka przed nadmierną ekspozycją.

# Etapy lekcji

## Ultrafiolet

Promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu ultrafioletu niesie z sobą większą energię niż światło widzialne. Z tego powodu zdecydowanie wzrasta prawdopodobieństwo wystąpienia reakcji fotochemicznych w tkance poddanej ekspozycji promieniowania.

### Przykład

Następstwem pochłonięcia dużej dawki ultrafioletu przez komórki skóry jest pojawienie się tzw. rumienia skórniego. Po ustąpieniu rumienia wzrasta ilość barwnika melaniny. Czyli pojawia się opalenizna.

Zagrożeniem może być długotrwałe narażenie na wysoki poziom natężenia promieniowania ultrafioletowego. Przyspiesza to proces starzenia się skóry, wywołuje oparzenia słoneczne oraz może wywołać zmiany nowotworowe. Z kolei niewielkie dawki tego promieniowania są niezbędne do wytwarzania przez organizm witaminy D oraz pozwalają leczyć niektóre choroby skóry. Wniosek może być tylko jeden. Nie przesadzajmy w opalaniu się zarówno na plaży jak i w solarium.



# Etapy lekcji

## Promieniowanie jonizujące

Fale o częstotliwości wyższej od  $3 \cdot 10^{15}$  Hz (część ultrafioletu, promieniowanie rentgenowskie i gamma) to wspólna nazwa promieniowania jonizującego. Energia fali o takiej częstotliwości jest wystarczająca do tego, żeby wybić elektron z powłoki atomowej. Tym samym atom przekształca się w jon. Im większe natężenie promieniowania jonizującego i większy czas jego oddziaływania, tym większe prawdopodobieństwo, że nastąpi jonizacja. W konsekwencji może dojść do zmian w strukturze cząsteczek. To może doprowadzić do istotnych zakłóceń w funkcjonowaniu komórek. Zmiany te są częściowo usuwane dzięki naturalnie zachodzącym w organizmie procesom naprawczym.

**Błędem jest utożsamianie tego rodzaju promieniowania z falami radiowymi, telewizyjnymi, mikrofalami, promieniowaniem widzialnym czy podczerwonym!**

## Przykład

Jeśli uszkodzona cząsteczka nie zostanie prawidłowo zrekonstruowana, to jej wadliwe funkcjonowanie może prowadzić do zwyrodnienia lub obumarcia komórki.

Najdalej idące konsekwencje to uszkodzenia cząsteczek budujących łańcuch DNA. Przypadkowe zmiany w kodzie genetycznym mogą spowodować przekształcenie się takiej komórki w komórkę nowotworową. Najbardziej podatne na uszkodzenia są te komórki, które szybko się rozmnażają. To dlatego najbardziej wrażliwe są tkanki krwiotwórcze i tkanki rozrodcze, a najmniej podatny jest mózg i mięśnie.

Te same procesy, które doprowadzają do śmierci zdrowych komórek pod wpływem napromieniowania są wykorzystywane do zabijania komórek nowotworowych. Stanowi to podstawę radioterapii nowotworów. RTG jest powszechnie stosowane w diagnostyce medycznej. Ogranicza się wtedy ekspozycję do minimum, a w przypadku dzieci lub kobiet w ciąży preferuje się alternatywne metody obrazowania (np. metodę rezonansu magnetycznego wykorzystującą fale z zakresu radiowego).



## Doświadczenie 1

### Czy można ugotować jajko z wykorzystaniem telefonów komórkowych?

#### Przyrządy:

Jajka, ręcznik papierowy, podstawka, telefony komórkowe

#### Czynności do wykonania

1. Umieść jajko między telefonami komórkowymi, które są w trybie rozmowy między sobą.
2. Po 5 minutach rozbij jajko na podstawkę. Czy jajko jest ugotowane?
3. Powtórz eksperyment umieszczając jajko na dłuższy okres. Sam wybierz na ile czasu chcesz. Czy jajko zmieniło swoją konsystencję?

### Komentarz

Czy kiedykolwiek słyszałeś, że smartfony są źródłem promieniowania? I to prawda, ale to rodzaj promieniowania elektromagnetycznego, które jest całkowicie bezpieczne dla ludzi. Nie można ugotować jajka między dwoma dzwoniącymi telefonami – to tylko mit. Żeby podgrzać jajko choć w niewielkim stopniu potrzeba jest około 7000 telefonów komórkowych będących w trakcie połączeń w tym samym miejscu i czasie.



## Doświadczenie 2

### Czy można uprażyć popcorn z wykorzystaniem telefonów komórkowych?

#### Przyrządy:

Popcorn w ziarnach, talerzyk, telefony komórkowe

#### Czynności do wykonania

1. Umieść popcorn między telefonami komórkowymi, które są w trybie rozmowy między sobą.
2. Jak zachowują się ziarna po 5, 10, 15 minutach? Czy udało się je uprażyć?
3. Powtórz eksperyment umieszczając ziarna w mikrofalówce na 5 minut. Czy ziarna się uprażyły?

## Doświadczenie 3



### Czy można odebrać telefon umieszczony w lodówce, piekarniku, mikrofalówce?

#### Przyrządy:

Urządzenia AGD, telefony komórkowe

#### Czynności do wykonania

1. Umieść telefon w lodówce. Wykonaj połączenie telefoniczne, na kartę SIM umieszczoną w telefonie umieszczonym w lodówce. Czy możesz uzyskać połączenie? Czy numer jest niedostępny?
2. Powtórz punkt 1 umieszczając telefon w innych urządzeniach małego AGD. Pamiętaj o tym, żeby nie włączać takich urządzeń jak mikrofalówka lub piekarnik, bo możesz uszkodzić telefon i to urządzenie! Wystarczy, że podczas doświadczenia zamkniesz tylko drzwiczki od urządzenia, w którym umieszczasz telefon.

## Pytania

Z czego zbudowane są obudowy urządzeń wykorzystywanych w doświadczeniu?

Jaki jest wpływ materiału obudowy na wynik doświadczenia?



## Doświadczenie 4

### Czy można zapalić watę stalową wykorzystując telefon komórkowy?

#### Przyrządy:

Wata stalowa (dostępna w sklepach budowlanych) lub czyścik do garnków, telefon komórkowy

#### Czynności do wykonania

1. Z waty stalowej oddziel mały kawałek. Sprawdź czy sama wata stalowa jest palna. Bądź ostrożna/ny!
2. Z pozostałej części waty stalowej ułóż okrąg.
3. Umieść telefon komórkowy wewnątrz okręgu.
4. Wykonaj połączenie na telefon umieszczony w okręgu. Czy wata zapłonęła?
5. Ze względu na fakt, że starsze telefony komórkowe nie miały zabezpieczeń w zakresie ograniczenia mocy spróbuj powtórzyć eksperyment używając najstarszy telefon komórkowy jaki masz dostępny. Czy wynik eksperymentu się zmienił?



## Doświadczenie 5

### Czy można podgrzać ciało za pomocą aktywnego telefonu komórkowego?

#### Przyrządy:

Kawałek mięsa, talerzyk, termometr domowy, 2 telefony komórkowe

#### Czynności do wykonania

1. Umieść mięso na talerzyku.
2. Sprawdzaj temperaturę mięsa co 10 minut, aż do momentu gdy uzyska temperaturę pokojową i będzie stabilna.
3. Umieść telefon komórkowy obok, tak żeby nie dotykał mięsa.
4. Dzwon na telefon umieszczony obok mięsa przez 30 minut.
5. Sprawdź temperaturę mięsa wykorzystując domowy termometr.

## Wnioski

Według często rozpowszechnianego mitu promieniowanie telefonów komórkowych ma bardzo zły wpływ na człowieka. Nie ma rzetelnych badań potwierdzających ten fakt. Promieniowanie generowane przez telefon komórkowy ma zbyt niską moc by w jakikolwiek sposób wpływać negatywnie na człowieka.

## Podsumowanie lekcji

Fale elektromagnetyczne to fale poprzeczne. Rozchodzą się z prędkością 300 000 km/s w próżni.

Im większa jest długość fal, tym mniejsza jest ich częstotliwość. Długość i częstotliwość fali są do siebie odwrotnie proporcjonalne.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

gdzie:

$\lambda$  - długość fali [m]

v- prędkość rozchodzenia się fali [m/s]

f – częstotliwość fali [Hz]

**Fale elektromagnetyczne** dzielą się na: (w kolejności od najmniejszej do największej) fale radiowe i telewizyjne, mikrofae, podczerwień, światło widzialne, ultrafiolet, promieniowanie rentgenowskie i promieniowanie gamma.

**Fale radiowe**, mające największą długość fali i najmniejszą częstotliwość, znalazły zastosowanie w radiofonii i telewizji. Obecnie w telewizji wykorzystuje się fale o częstotliwościach od ok. 500 MHz do 800 MHz, kwalifikujące te fale do zakresu mikrofal.

**Mikrofae** to fale o mniejszej długości niż fale radiowe. Znalazły zastosowanie m.in. w radarach, łączności bezprzewodowej (telefonii komórkowej), łączności satelitarnej, kuchenkach mikrofalowych.

**Promieniowanie podczerwone** jest emitowane przez ciała ciepłe i gorące, a więc również ciało człowieka.

**Fale ultrafioletowe** ma większą częstotliwość niż światło widzialne. Źródłem takich fal są lampy kwarcowe i Słońce.

**Promieniowanie rentgenowskie** jest bardzo przenikliwe, ale zatrzymuje je np. warstwa ołowiu.

**Promieniowanie gamma** ma największą częstotliwość i jest najbardziej przenikliwe. Jest to również fala elektromagnetyczna o najwyższej energii.

**Fale radiowe, telewizyjne, mikrofae**, promieniowanie widzialne czy podczerwone nie są związane z promieniowaniem jonizującym

# Ćwiczenia

## Ćwiczenie 1

### Cel ćwiczenia

Rozpoznawanie zagrożeń związanych z promieniowaniem elektromagnetycznym.

### Odpowiedz na pytania:

- Pytanie 1** Jaki rodzaj promieniowania może spowodować nieodwracalne zmiany w komórce, potencjalnie prowadzące do pojawienia się komórek nowotworowych?
- Pytanie 2** Jaki jest główny efekt napromieniowania mikrofalami?
- Pytanie 3** Przed którym promieniowaniem należy szczególnie chronić oko?

## Ćwiczenie 2

### Cel ćwiczenia

Obliczanie podstawowych parametrów pola elektromagnetycznego.

### Treść ćwiczenia

Obecnie zgodnie z przepisami dopuszczalna wartość składowej elektrycznej natężenia pola elektromagnetycznego wynosi 61 V/m. Oblicz jaka to jest wartość gęstości mocy?

## Ciekawostka

Nowe normy pola elektromagnetycznego, czyli 61 V/m (składowa elektryczna) i 10 W/m<sup>2</sup> (gęstość mocy), obowiązują w Polsce od stycznia 2020 roku i są oparte na zaleceniach Unii Europejskiej.



### Cel ćwiczenia

Zastosowanie obliczeń parametrów pola elektromagnetycznego w praktyce.



### Treść ćwiczenia

Główny Inspektor Ochrony Środowiska przeprowadza cykliczne pomiary, sprawdzając czy nie zostały przekroczone limity promieniowania elektromagnetycznego (maksymalna dopuszczalna wartość gęstości mocy pola elektromagnetycznego wynosi  $10 \text{ W/m}^2$ ). Na oficjalnej stronie tej instytucji zawsze można sprawdzić raporty z pomiarów pola elektromagnetycznego w środowisku w dowolnym miejscu w Polsce.

W Łodzi w 2020 roku zmierzono średnią wartość natężenia pola elektrycznego na terenie województwa łódzkiego i wynosiła ona  $0,74 \text{ V/m}$  ([https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring\\_pol\\_elektromagnetycznych/stan\\_srodowiska/Ocena\\_poziomu\\_PEM\\_za\\_rok\\_2020\\_lodzkie.pdf](https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_pol_elektromagnetycznych/stan_srodowiska/Ocena_poziomu_PEM_za_rok_2020_lodzkie.pdf)). Jaka to jest gęstość mocy promieniowania? Czy jest to wartość większa czy mniejsza od wartości odpowiadającej granicznej wartości mocy promieniowania wynoszącej  $10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  i ile razy?

### Cel ćwiczenia

Zastosowanie obliczeń parametrów pola elektromagnetycznego w praktyce.



### Treść ćwiczenia

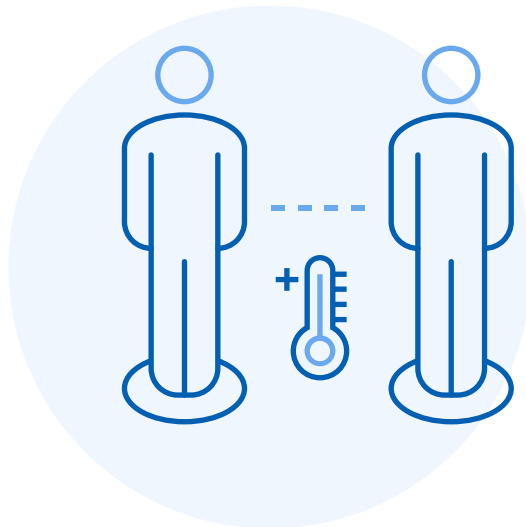
Spoczynkowy potencjał błony w komórkach nerwowych wynosi  $-90 \text{ mV}$ . Jest to potencjał między wewnętrzną a zewnętrzną stroną komórki. Grubość błony wynosi ok.  $7 \text{ nm}$ . Ile wynosi natężenie pola elektrycznego?

### Cel ćwiczenia

Zastosowanie obliczeń parametrów pola elektromagnetycznego w praktyce.

### Treść ćwiczenia

Oblicz wzrost temperatury swojego ciała w ciągu 1 h w przypadku gdy znajdziesz się na terenie województwa łódzkiego, gdzie średnie natężenie składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego wynosi 0,74 V/m. Załóż, że cała energia zostanie pochłonięta przez ciało człowieka. Załóż, że powierzchnia Twojego ciała jest trochę większa niż ciało przeciętnego nastolatka i wynosi 1,9 m<sup>2</sup>, a ciało składa się tylko z tkanki miękkiej o ciepłe właściwym  $c_w = 3500 \frac{J}{kg \cdot C}$ . Do obliczeń przyjmij swoją masę. Oczywiście załóż, że Twoje ciało nie ma możliwości termoregulacji





## Ćwiczenie 1

### Cel ćwiczenia

Rozpoznawanie zagrożeń związanych z promieniowaniem elektromagnetycznym.

### Odpowiedz na pytania:

- Pytanie 1** Jaki rodzaj promieniowania może spowodować nieodwracalne zmiany w komórce, potencjalnie prowadzące do pojawienia się komórek nowotworowych?
- Pytanie 2** Jaki jest główny efekt napromieniowania mikrofalami?
- Pytanie 3** Przed którym promieniowaniem należy szczególnie chronić oko?

## Ćwiczenie 2

### Cel ćwiczenia

Obliczanie podstawowych parametrów pola elektromagnetycznego.

### Treść ćwiczenia

Obecnie zgodnie z przepisami dopuszczalna wartość składowej elektrycznej natężenia pola elektromagnetycznego wynosi 61 V/m. Oblicz jaka to jest wartość gęstości mocy?

Dane:

$$E_1 = 61 \text{ V/m}$$

Szukane:

$$S = ?$$

Odpowiedź:

$$S = \frac{E^2}{377\Omega} = \frac{(61 \frac{\text{V}}{\text{m}})^2}{377\Omega} = 9,87 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

### Cel ćwiczenia

Zastosowanie obliczeń parametrów pola elektromagnetycznego w praktyce.

### Treść ćwiczenia

Główny Inspektor Ochrony Środowiska przeprowadza cykliczne pomiary, sprawdzając czy nie zostały przekroczone limity promieniowania elektromagnetycznego (maksymalna dopuszczalna wartość gęstości mocy pola elektromagnetycznego wynosi  $10 \text{ W/m}^2$ ). Na oficjalnej stronie tej instytucji zawsze można sprawdzić raporty z pomiarów pola elektromagnetycznego w środowisku w dowolnym miejscu w Polsce.

W Łodzi w 2020 roku zmierzono średnią wartość natężenia pola elektrycznego na terenie województwa łódzkiego i wynosiła ona  $0,74 \text{ V/m}$  ([https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring\\_pol\\_elektromagnetycznych/stan\\_srodowiska/Ocena\\_poziomu\\_PEM\\_za\\_rok\\_2020\\_lodzkie.pdf](https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_pol_elektromagnetycznych/stan_srodowiska/Ocena_poziomu_PEM_za_rok_2020_lodzkie.pdf)). Jaka to jest gęstość mocy promieniowania? Czy jest to wartość większa czy mniejsza od wartości odpowiadającej granicznej wartości mocy promieniowania wynoszącej  $10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  i ile razy?

Dane:

$$E_1 = 0,74 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$
$$S_{\text{limit}} = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Szukane:

$$E_{\text{limit}} = ?$$

$$n = ?$$

Odpowiedź:

$$S = \frac{E^2}{377}$$
$$E_{\text{limit}} = \sqrt{S \cdot 377 \Omega} = \sqrt{10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 377 \Omega} = \sqrt{3770} \frac{\text{V}}{\text{m}} = 61,4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$
$$n = \frac{E_{\text{limit}}}{E_1} = \frac{61,4 \frac{\text{V}}{\text{m}}}{0,74 \frac{\text{V}}{\text{m}}} = 83$$

### Cel ćwiczenia

Zastosowanie obliczeń parametrów pola elektromagnetycznego w praktyce.

### Treść ćwiczenia

Spoczynkowy potencjał błony w komórkach nerwowych wynosi -90mV. Jest to potencjał między wewnętrzną a zewnętrzną stroną komórki. Grubość błony wynosi ok. 7 nm. Ile wynosi natężenie pola elektrycznego?

Dane:

$$U = 90 \text{ mV}$$

$$d = 7 \text{ nm}$$

Szukane:

$$E = ?$$

Odpowiedź:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{90 \text{ mV}}{7 \text{ nm}} \cong 12\,800\,000 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 12,8 \frac{\text{MV}}{\text{m}}$$

### Cel ćwiczenia

Zastosowanie obliczeń parametrów pola elektromagnetycznego w praktyce.

### Treść ćwiczenia

Oblicz wzrost temperatury swojego ciała w ciągu 1 h w przypadku gdy znajdziesz się na terenie województwa łódzkiego, gdzie średnie natężenie składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego wynosi 0,74 V/m. Załóż, że cała energia zostanie pochłonięta przez ciało człowieka. Załóż, że powierzchnia Twojego ciała jest trochę większa niż ciało przeciętnego nastolatka i wynosi 1,9 m<sup>2</sup>, a ciało składa się tylko z tkanki miękkiej o ciepłe właściwym  $c_w = 3500 \frac{J}{kg \cdot C}$ . Do obliczeń przyjmij swoją masę. Oczywiście załóż, że Twoje ciało nie ma możliwości termoregulacji.

Dane:

$$c_w = 3500 \frac{J}{kg \cdot C}$$

$$m = x \text{ kg}$$

$$P = 1,9 \text{ m}^2$$

$$E = 0,74 \text{ V/m}$$

$$t = 3600 \text{ s}$$

Szukane:

$$\Delta T = ?$$

Odpowiedź:

$$S = \frac{E^2}{377}$$

$$S_1 = \frac{E_1^2}{377 \Omega} = \frac{\left(0,74 \frac{V}{m}\right)^2}{377 \Omega} = \frac{0,5476 \frac{V^2}{m^2}}{377 \Omega} = 0,001452 \frac{W}{m^2}$$

Na opisanym obszarze ciało człowieka zwrócone jest w kierunku nadajnika przodem lub tyłem, zatem pochłanianie energii tylko połową swojej powierzchni. Całą energię, która zostanie przekształcona na ciepło i zostanie zaabsorbowana w ciele człowieka przez czas 1 godziny można wyliczyć ze wzoru:

$$Q = S \cdot \frac{P}{2} \cdot t$$

$$Q = 0,001452 \frac{W}{m^2} \cdot \frac{1,9 \text{ m}^2}{2} \cdot 3600 \text{ s} = 5 \text{ J}$$

Z bilansu cieplnego mamy:

$$Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T$$

Wzrost temperatury wynosi:

$$\Delta T = \frac{Q}{m \cdot c_w} = \frac{5 \text{ J}}{x \text{ kg} \cdot 3500 \frac{J}{kg \cdot C}} = \dots\dots C$$