



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

OPTIMA

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Komponent Wspólny

FIZYKA

rok szkolny 2010/2011

Zanieczyszczenia elektromagnetyczne w środowisku człowieka



Cele: Wskazać na powszechność występowania promieniowania elektromagnetycznego w środowisku człowieka i związane z tym zagrożenia.

- a- Promieniowanie elektromagnetyczne sprzętu domowego.
- b- Mapa promieniowania elektromagnetycznego klasy
- c- Mapa promieniowania elektromagnetycznego mieszkania.

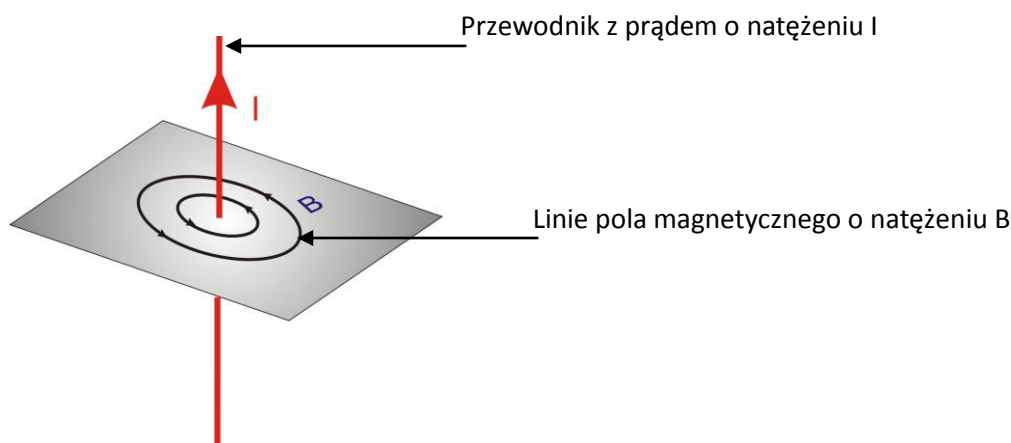
Plan pracy:

- Czy jest promieniowanie elektromagnetyczne.
- Rodzaje promieniowania elektromagnetycznego.
- Źródła promieniowania elektromagnetycznego.
- Promieniowanie elektromagnetyczne w środowisku człowieka.
- Detektory promieniowania elektromagnetycznego.
- Konstrukcja przyrządu pomiarowego wykrywającego promieniowanie elektromagnetyczne sprzętu domowego.
- Wykonanie map zanieczyszczeń promieniowaniem elektromagnetycznym pokoju, klasy itp.



I - Czym jest promieniowanie elektromagnetyczne.

Jeżeli przez przewodnik przepuścimy ładunki elektryczne to popłynie prąd o natężeniu I . Stały prąd jest źródłem pola magnetycznego B . Pole to będzie prostopadłe do przewodnika, a jego kierunek zgodny z regułą śruby prawoskrętnej – rysunek poniżej.



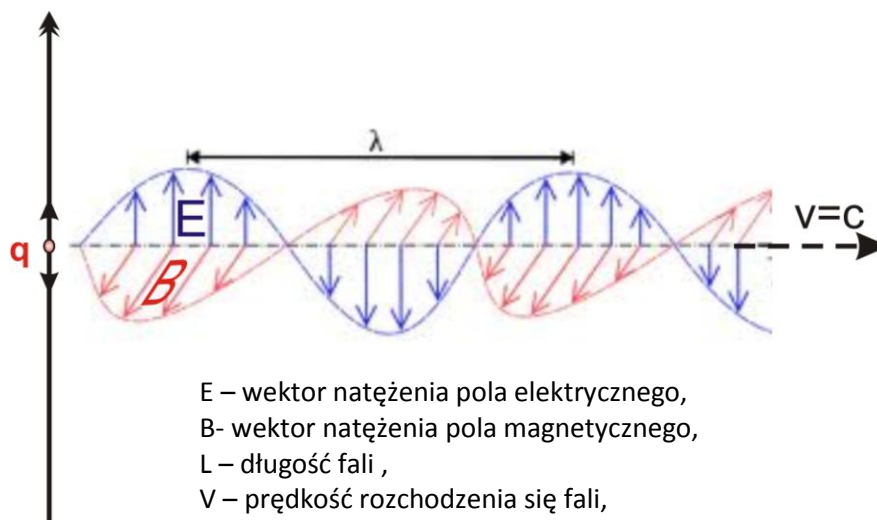
Jeżeli przez przewodnik przepuścimy prąd zmienny (drgający ładunek) to wokół niego pojawi się zmienne pole magnetyczne. Takie zmienne pole wytworzy zmienne pole elektryczne, które z kolei wytworzy zmienne pole magnetyczne. Zjawisko takie nazywamy promieniowaniem elektromagnetycznym.

Podstawowe pojęcia

Promieniowanie elektromagnetyczne (fala elektromagnetyczna) jest rozchodzącym się w przestrzeni, również w próżni, zaburzeniem pola elektromagnetycznego. Źródłem promieniowania elektromagnetycznego jest poruszający się z przyspieszeniem ładunek elektryczny – na przykład drgający ładunek elektryczny (oscylator elektryczny). Taki proces wzajemnego wytwarzania pól nazywany indukcją elektromagnetyczną – rysunek poniżej.



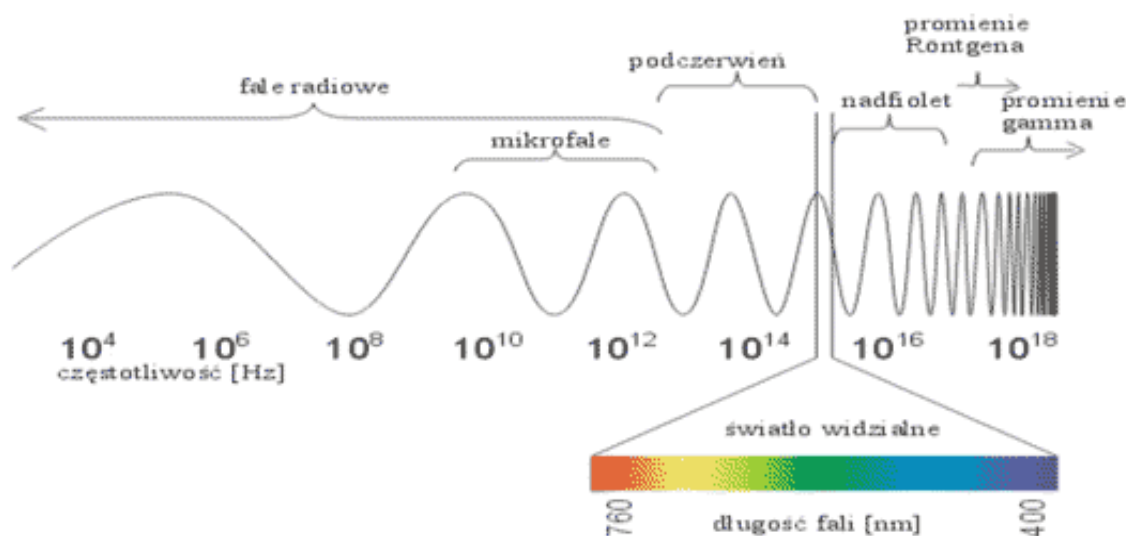
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



E – wektor natężenia pola elektrycznego,
B- wektor natężenia pola magnetycznego,
L – długość fali ,
V – prędkość rozchodzenia się fali,
c- prędkość światła,
q- ładunek elektryczny.

Zaburzenie to ma charakter fali poprzecznej, w której składowa elektryczna i magnetyczna są prostopadłe do siebie, a obie są prostopadłe do kierunku rozchodzenia się promieniowania. Oba pola indukują się wzajemnie – zmieniające się pole elektryczne wytwarza zmienne pole magnetyczne, a zmieniające się pole magnetyczne wytwarza zmienne pole elektryczne. Źródłem zmiennego pola elektromagnetycznego jest przyspieszający ładunek elektryczny. Najczęściej źródłem tego promieniowania jest ładunek wykonujący drgania.

II – Rodzaje i źródła promieniowania elektromagnetycznego.

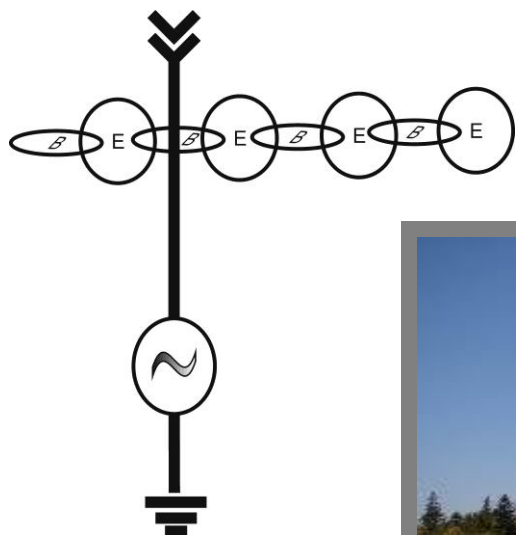




Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Fale radiowe

W zależności od długości fale elektromagnetyczne mają różne właściwości w oddziaływaniu z materią. Najdłuższe są fale radiowe (od cm do km), ich źródłem jest prąd zmienny płynący w przewodniku (antenie nadawczej).



Schemat anteny nadawczej



Przykłady anten nadawczych

W naszym otoczeniu co raz częściej można zobaczyć anteny nadawcze. Przebywanie w ich sąsiedztwie jest niebezpieczne, dlatego otoczone są zamkniętą strefą bezpieczeństwa. Źródłem promieniowania elektromagnetycznego są również przesyłowe linie energetyczne, w szczególności napowietrzne linie wysokiego napięcia.

Podczerwień

Promieniowanie elektromagnetyczne o długościach od 780 nm do 1 mm nazywamy promieniowaniem podczerwonym. Ten rodzaj promieniowania receptory człowieka odbierają jako ciepło. Źródłem promieniowania podczerwonego jest drgający ładunek w cząsteczkach i atomach materii. Do najbardziej znanych źródeł tego promieniowania należy słońce, spalające się substancje, lampy grzewcze, kaloryfery itp. Źródłem promieniowania podczerwonego jest również organizm człowieka. Za pomocą specjalnych kamer można odnaleźć osobę o



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

podwyższonej temperaturze (chorą). Taka metoda jest co raz częściej stosowana na lotniskach w celu wyłapania potencjalnego nosiciela choroby zakaźnej.



Źródła promieniowania podczerwonego



Kamera termowizyjna na lotnisku wykrywa temperaturę ciał pasażerów

Zdjęcie z kamery termowizyjnej umożliwia identyfikację osób o podwyższonej temperaturze ciała. Po prawej stronie rysunku została umieszczona legenda umożliwiająca interpretację

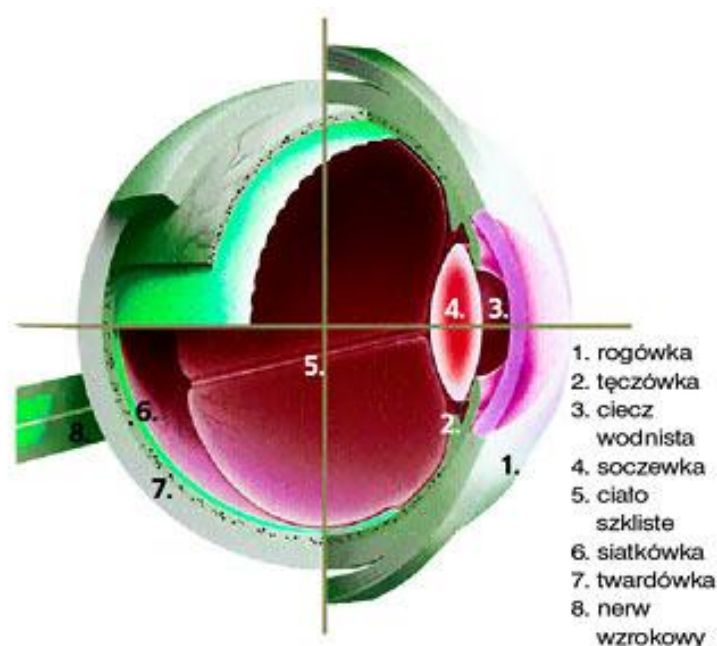


Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

koloru i temperatury. Promieniowanie podczerwone jest również wykorzystywane w medycynie do wygrzewania chorych miejsc pacjenta (np. leczenie zatok, schorzeń stawów).

Promieniowanie optyczne

Promieniowanie elektromagnetyczne o długościach od 760 nm do 400 nm nazywamy promieniowaniem optycznym. Źródłem tego promieniowania są wzbudzone atomy, w których elektrony wracając na swoje podstawowe orbity wysyłają kwanty światła. Ten rodzaj promieniowania elektromagnetycznego receptory człowieka (czopki i pręciki rozmieszczone na siatkówce w oku) odbierają jako światło. Największym źródłem tego promieniowania jest słońce. Energia dostarczana za pomocą promieniowania optycznego jest wykorzystywana w procesie fotosyntezy przez rośliny do ich wzrostu. Promieniowanie to jest najważniejszym źródłem energii na Ziemi.



Konstrukcja oka: promieniowanie optyczne przechodzi przez rogówkę i tęczówkę, trafia do soczewki gdzie jest skupiane w taki sposób, aby na siatkówce (tak jak na ekranie) powstał wyraźny obraz przedmiotu. Energia fotonów (cząstek światła) jest zamieniana w pręcikach i czopkach na impulsy nerwowe, które za pomocą nerwu wzrokowego są przekazywane do mózgu. Tam właśnie powstaje wrażenie zmysłowe, które nazywamy widzeniem.



Promieniowanie ultrafioletowe (nadfiolet)

Ten rodzaj promieniowania elektromagnetycznego nie jest wykrywany przez receptory człowieka jako wrażenie wzrokowe. Jest to promieniowanie krótsze od promieniowania optycznego, mieści się w przedziale od 100 nm do 400 nm. Źródłem promieniowania jest słońce, lampy kwarcowe (stosowane w solariach), łuki elektryczne powstałe np. podczas spawania. Ze względu na skutki biologiczne ultrafiolet dzieli się na:

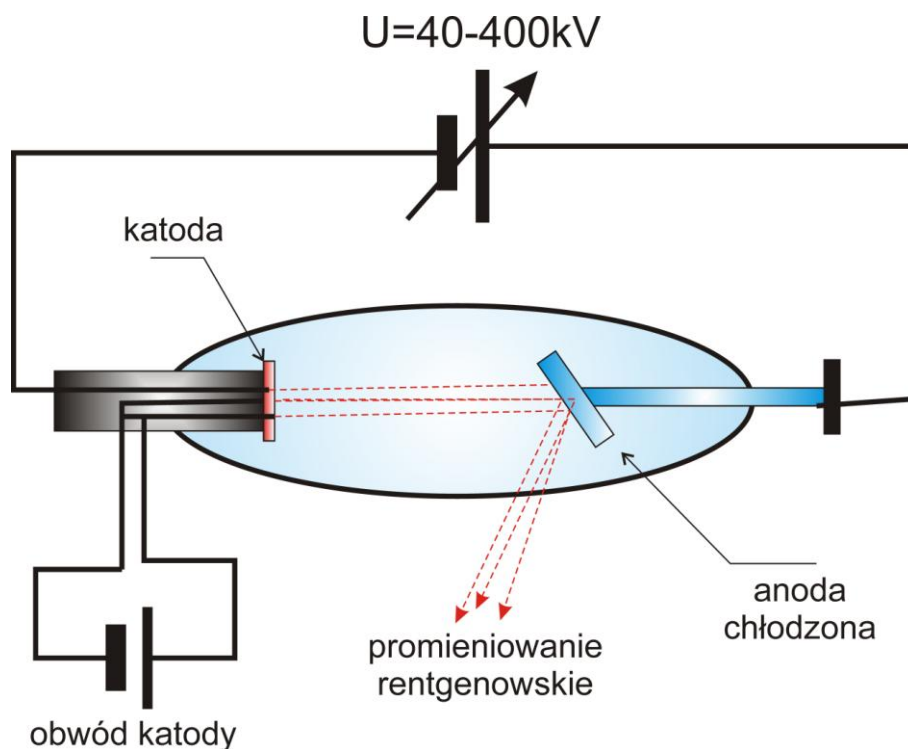
1. **UV-C** – długość fali 100–280 nm,
2. **UV-B** – długość fali 280–315 nm,
3. **UV-A** – długość fali 315–400 nm.

Promieniowanie typu UV-C i UV-B jest niebezpieczne dla zdrowia człowieka, może powodować uszkodzenia DNA i prowadzić do nowotworów złośliwych skóry. Na szczęście promieniowanie to jest w znacznym stopniu pochłaniane przez atmosferę Ziemi (w szczególności warstwę ozonową). Promieniowanie z zakresu UV-A dociera do powierzchni Ziemi w największej ilości, jest jednak najmniej szkodliwe dla zdrowia, ale jego nadmiar może powodować zaćmę (okulary słoneczne z filtrem UV chronią oczy przed tą chorobą).

Promieniowanie rentgenowskie i gamma.

Zarówno promieniowanie rentgenowskie, jak i gamma należy do najbardziej przenikliwego promieniowania elektromagnetycznego. Dawki o wysokim natężeniu powodują nieodwracalne zmiany w tkance żywej (choroba popromienna) i w skrajnym przypadku prowadzą do śmierci.

Promieniowanie rentgenowskie (promieniowanie X) leży w zakresie długości fal od 10 pm do 10 nm i znajduje się pomiędzy ultrafioletem a promieniowaniem gamma. Źródłem tego promieniowania są np. lampy rentgenowskie wykorzystywane w diagnostyce medycznej. Rozpędzone do dużych prędkości elektrony wewnątrz lampy są kierowane na anodę, w której następuje proces ich gwałtownego hamowania. W wyniku tego zjawiska elektrony tracą energię w postaci porcji – kwantów energii promieniowania X.



Rysunek przedstawia schemat lampy rentgenowskiej.

Promieniowanie gamma jest falą o długościach mniejszych od 124 pm, a więc częściowo pokrywa zakres promieniowania rentgenowskiego. Źródłem tego promieniowania są najczęściej przemiany zachodzące we wnętrzu jąder atomowych podczas ich rozpadu. Jest to najbardziej przenikliwe promieniowanie elektromagnetyczne, przez co ochrona przed tym promieniowaniem jest najtrudniejsza. Materiałem silnie osłabiającym promieniowanie gamma jest ołów.

III - Promieniowanie elektromagnetyczne w środowisku człowieka.

Promieniowanie elektromagnetyczne wypełnia przestrzeń, w której żyją ludzie. Może ono być promieniowaniem widzialnym (optyczne), jak i nie wykrywanym przez zmysły człowieka (radiowe, podczerwień, UV i gamma). Nasz organizm jest dobrze zabezpieczony przed skutkami działania promieniowania pochodzenia naturalnego, natomiast nie posiada mechanizmów obronnych w przypadku długotrwałego kontaktu z promieniowaniem wytworzonym przez urządzenia techniczne człowieka. Nasze organizmy nie zdążyły



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

wpracować mechanizmów obronnych, ponieważ promieniowanie np. radiowe, towarzyszy nam zaledwie od około 100 lat. Energia przenoszona przez fale elektromagnetyczne jest tym większa im krótsza jest fala. Dlatego szczególnie niebezpieczne są te urządzenia, które emitują fale krótkie, np. telefony komórkowe, stacje radarowe itp. Jednak również niebezpieczne mogą być takie urządzenia jak komputery, monitory, telewizory, ponieważ przebywamy w ich bezpośrednim sąsiedztwie wiele godzin. Elementy elektroniczne znajdujące się wewnątrz komputera podczas pracy wytwarzają krótkofalowe promieniowanie elektromagnetyczne. Dlatego obudowy takich urządzeń powinny być wykonane z materiału przewodzącego np. metalu, ponieważ ekranują (osłabiają) wytwarzane wewnątrz promieniowanie. Skuteczność ekranowania zwiększa się dodatkowo poprzez uziemienie obudowy.

Gdyby całe widmo promieniowania elektromagnetycznego było widoczne dla człowieka to przestrzeń wokół nas postrzegalibyśmy jako wyjątkowo zanieczyszczoną. Dlatego co raz częściej pojawia się określenie o smogu elektromagnetycznym wypełniającym środowisko. Ten rodzaj zanieczyszczenia może odpowiadać w znacznej mierze za tzw. choroby cywilizacyjne. Dlatego powinniśmy unikać niepotrzebnego narażania naszych organizmów na ten rodzaj zanieczyszczeń.

IV Detektory promieniowania elektromagnetycznego

Detektory to urządzenia, które służą do wykrywania promieniowania elektromagnetycznego. Ze względu na dużą różnorodność tego promieniowania, również i detektory są bardzo zróżnicowane. Różnice w ich budowie są związane z długościami fal, jakie mają wykrywać. W dalszej części zajmę się opisem detektorów wykrywających fale elektromagnetyczne pochodzące od sprzętu codziennego użytku. Z wcześniejszych rozdziałów wiemy, że fale elektromagnetyczne powstają wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z przepływem zmiennych prądów elektrycznych. Zjawisko to jest powszechne i towarzyszy nam na co dzień niemal na każdym kroku. Detektor zdolny do wykrywania zanieczyszczeń elektromagnetycznych pochodzących od sprzętu codziennego użytku powinien zatem być wrażliwy na fale powstające podczas przepływu prądu o częstotliwości 50 Hz, jak i fale o wyższych częstotliwościach powstających podczas pracy takich urządzeń jak komputery czy



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

OPTIMA

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

telewizory. Z teorii wynika, że taki warunek spełnia pętla wykonana z drutu (przewodnika) podłączona do czułego woltomierza. W celu stabilizacji indukowanych napięć można zastosować diodę półprzewodnikową (np. diodę prostowniczą).



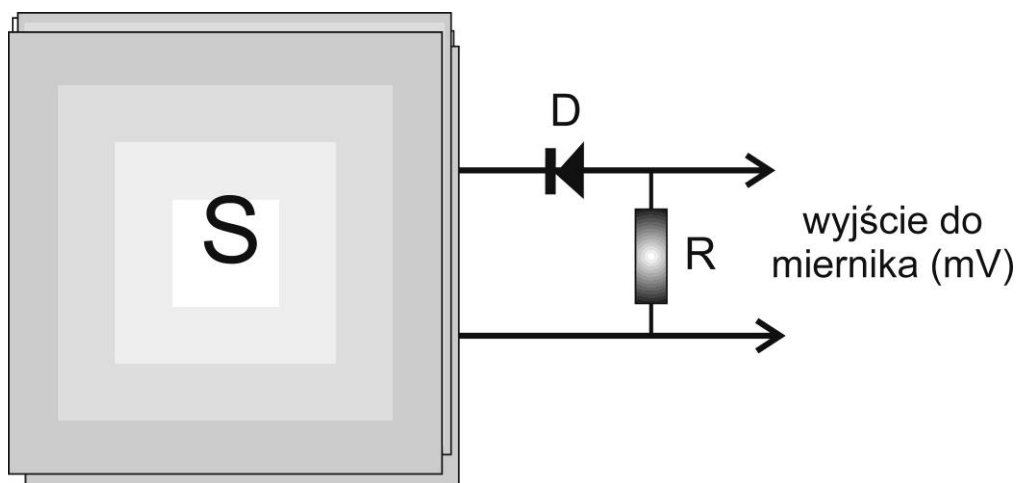
V Konstrukcja przyrządu pomiarowego

Materialy:

Drut w izolacji o przekroju od 0,5–1,5 mm i długości 5 m, podstawka mocująca (może być podstawka pod doniczkę), dioda półprzewodnikowa (np. 1 A), miernik uniwersalny z zakresem pomiarowym mV.

Konstrukcja głowicy pomiarowej:

Głowica pomiarowa zbudowana jest z 10 zwojów drutu nawiniętych na kwadratowy korpus o wymiarach 12 × 12 cm. Do jednej z końcówek drutu lutujemy diodę półprzewodnikową. Tak przygotowaną cewkę umieszczamy w zabezpieczającej obudowie (np. plastikowej podstawce). Do końcówek drutu przyczepiamy wtyczki bananowe lub krokodylki. Drut powinien być miedziany o średnicy około 1 mm. Najlepiej do tego celu nadaje się drut nawojowy. Jeżeli nie mamy takiego materiału można kupić drut jednożyłowy w izolacji PCV. Schemat konstrukcji głowicy pomiarowej przedstawiono na rysunku poniżej.



D – dioda półprzewodnikowa, R – opornik, S – pole przekroju cewki.



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kosztorys wykonania głowicy pomiarowej:

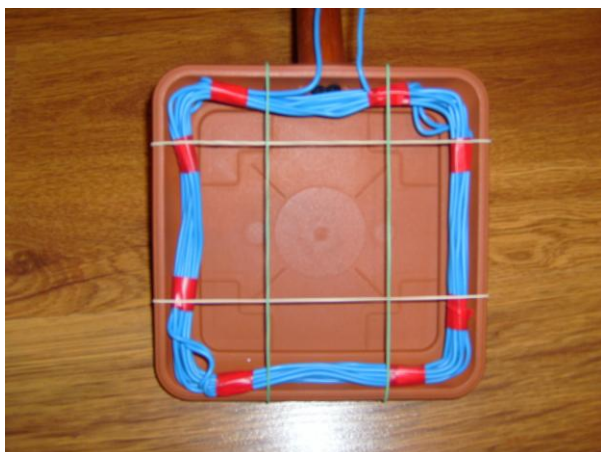
Przykładowy kosztorys wykonania głowicy przedstawionej na rysunku:

5 m drutu miedzianego 1.5 mm	5 x 0.8 zł. = 4,00 zł.
dioda półprzewodnikowa prostownicza 1A	0,40 zł.
opornik 1MΩ	1,00 zł.
dwa krokodylki	2 × 3,00 zł. = 6,00 zł.
taśma izolacyjna	2,00 zł.
plastikowa podstawka	0,8 zł.
Suma	14,20 zł.

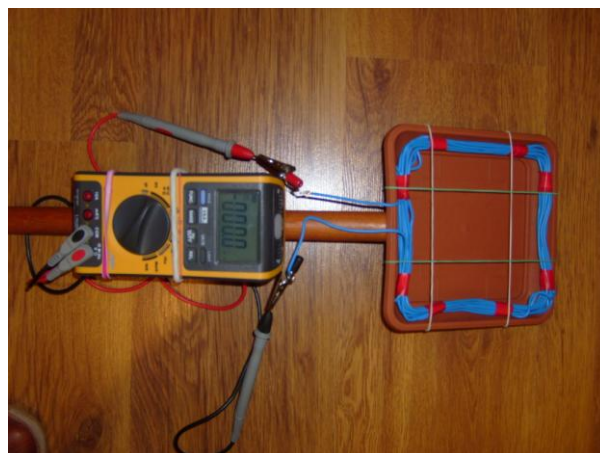
Czas wykonania głowicy łącznie z lutowaniem elementów elektronicznych wynosi około 30 min dla osoby średnio zaawansowanej w pracy z lutownicą. W przypadku braku doświadczenia proponuję na początek zlutowanie dwóch dowolnych kawałków drutu miedzianego. Należy pamiętać, że drut podczas lutowania silnie się nagrzewa i może nas poparzyć, dlatego należy używać do przytrzymywania pęsety lub kleszczyków.

Elementem niezbędnym do działania zestawu pomiarowego jest miernik uniwersalny (w ostateczności może być miernik cyfrowy V12 za około 12 zł.). W celu dokonania dobrych, powtarzalnych pomiarów o dużej czułości należy użyć miernika wyższej klasy. Zakres pomiarowy miernika ustawiamy na minimum wartości – np. 100 mV. W przypadku mierników z automatyczną regulacją zakresu, czułość zostanie dobrana automatycznie w czasie dokonywania pomiaru. Ze względu na pomiar bardzo małych wartości napięć, duże znaczenie ma jakość styków pomiędzy poszczególnymi elementami urządzenia. Dlatego najlepiej użyć do połączeń trwałych cyny (lutujemy połączenia), natomiast do połączeń tymczasowych (np. głowica z miernikiem – tzw. jack)





Przykład konstrukcji głowicy pomiarowej



Przykład konstrukcji przyrządu do pomiaru zanieczyszczeń elektromagnetycznych.

Fizyczne podstawy działania głowicy pomiarowej

Głowica zbudowana jest z cewki, w której pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego indukuje się SEM (siła elektromotoryczna). Wartość powstałego w cewce napięcia ε jest proporcjonalna do szybkości zmian pola, $\Delta B/\Delta t$, liczby zwoi cewki n i pola przekroju cewki S .

SEM [v]

$$\xi = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -n \frac{\Delta(BS \cos 0^\circ)}{\Delta t} = -nS \frac{\Delta B}{\Delta t} \quad [\text{V}]$$

gdzie:

ε – siła elektromotoryczna,

n – liczba zwojów w cewce,

$\Delta \Phi$ – strumień magnetyczny,

Δt – czas,

$\Delta \Phi/\Delta t$ – szybkość zmian strumienia pola magnetycznego przepływającego przez cewkę.

S – pole przekroju cewki.



Ćwiczenie 1

Wyznaczanie promieniowania elektromagnetycznego EM sprzętu w gospodarstwie domowym.

- a- telewizor,
- b- lampka na biurku,
- c- komputer,
- d- lodówka,
- e- radiodbiornik – sprzęt audio.

W celu wyznaczenia promieniowania EM sprzętu domowego należy wyznaczyć wartość indukowanego napięcia w stałej odległości (0,1 m) od danego przedmiotu przy włączonym i wyłączonym zasilaniu. Istotne jest również ustawienie cewki (głowicy pomiarowej) względem badanego urządzenia. Aby otrzymać pełny obraz promieniowania wysyłanego przez sprzęt należy głowicę ustawić równoległe i prostopadle do badanego obiektu. Odczytane wartości indukowanych napięć uśredniamy. Pomiary zapisujemy w tabeli i sporządzamy wykres słupkowy.

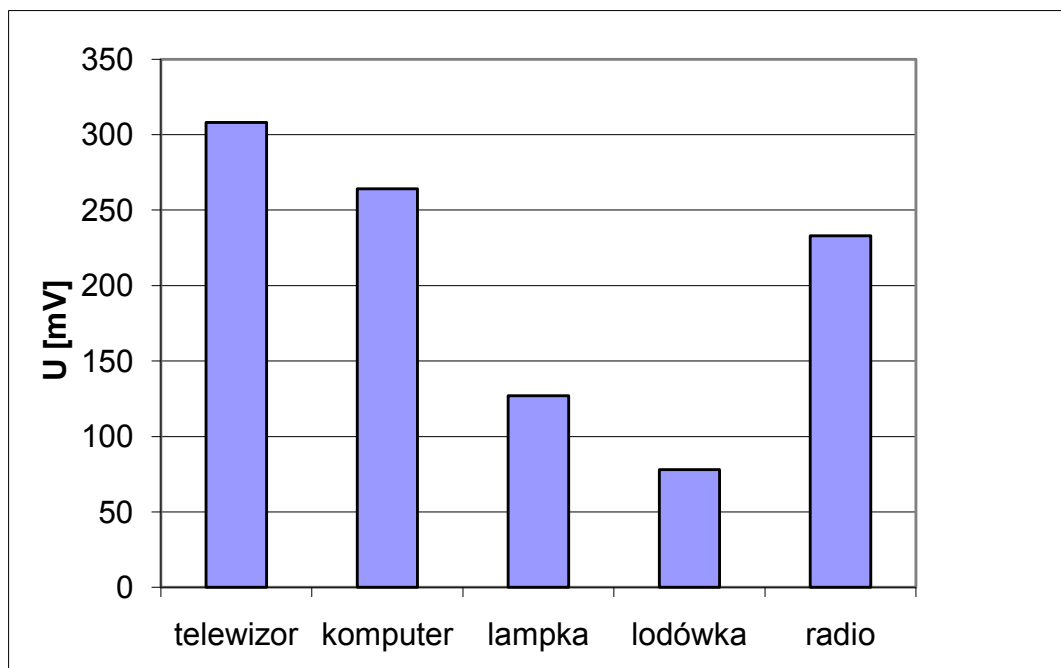
Tabela pomiarowa (przykład)

Rodzaj badanego sprzętu	Ustawienie prostopadle		Ustawienie równoległe		Wartość średnia	
	Wył.	Wł.	Wył.	Wł.	Wył.	Wł.
	[mV]	[mV]	[mV]	[mV]	[mV]	[mV]
telewizor	89	258	123	358	106	308
lampka						
komputer						
lodówka						
radio						



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykres słupkowy (przykład) ilustrujący stopień zanieczyszczenia środowiska falami elektromagnetycznymi z urządzeń powszechnego użytku.



Szacujemy niepewności pomiarowe:

Rachunek błędu związany z pomiarem to jedna z najważniejszych czynności związana z opracowaniem wyników eksperymentu fizycznego. Bez rachunku błędu czytelnik nie jest w stanie ocenić wartości przedstawionych wyników i z punktu widzenia naukowego takie wyniki są nieważne. Jak zatem poradzić sobie z tym problemem?

Mamy kilka możliwości i to od eksperymentatora zależy, która z nich zostanie wybrana. Najczęściej eksperyment powtarza się wielokrotnie – mierząc tą samą wartość np. 10 razy. Następnie wyniki sumujemy i obliczamy wartość średnią z serii pomiarów. Teraz można wyznaczyć maksymalny błąd pomiaru obliczając wartość bezwzględną pomiędzy maksymalnym odstępstwem od wartości średniej.



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Przykład: do rachunków wykorzystujemy arkusz kalkulacyjny

telewizor

[mV]

Lp.	Wł.	Wył.
1	258	89
2	260	88
3	255	89
4	254	88
5	257	87
6	259	92
7	261	91
8	258	90
9	255	88
10	263	87
suma	2580	889
średnia	258	88,9

błędy pomiarowe

$$dU_{wł} = 263 - 258 = 5 \text{ [mV]}$$

$$dU_{wył} = 92 - 88,9 = 3,1 \text{ [mV]}$$

Bardzo często błędy pomiarowe są przedstawiane w postaci procentowej. Są to tak zwane błędy procentowe względne. Otrzymujemy je w następujący sposób.

$$\Delta U_{wł} = (dU_{wł} / \text{wartość średnia}) \cdot 100\% = (5 \text{ [mV]} / 258 \text{ [mV]}) \cdot 100\% = 1,9\%$$

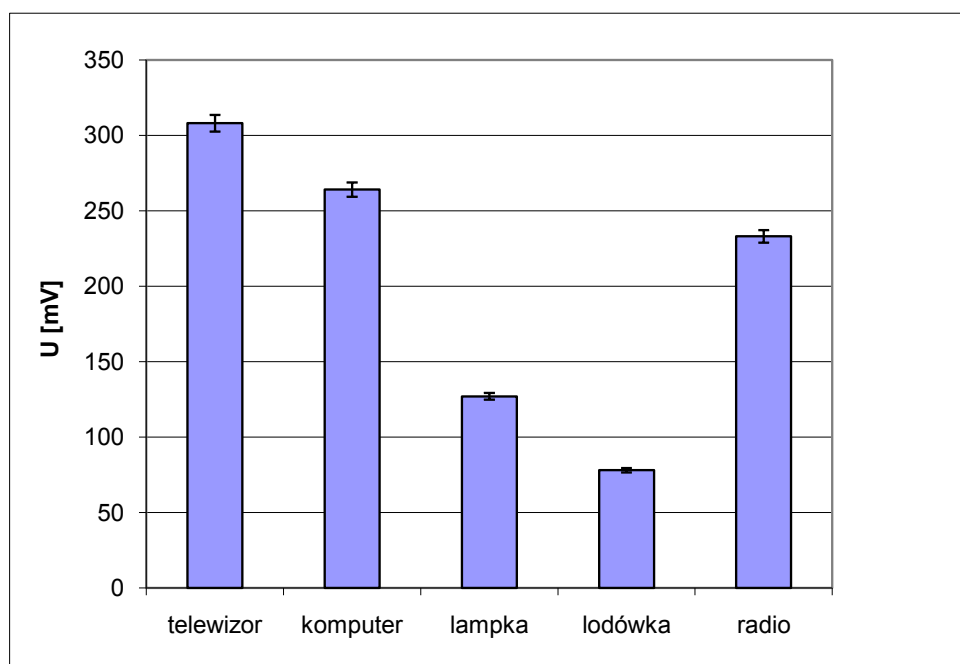
$$\Delta U_{wył} = (dU_{wył} / \text{wartość średnia}) \cdot 100\% = (3,1 \text{ [mV]} / 88,9 \text{ [mV]}) \cdot 100\% = 3,5\%$$

Z przedstawionych danych wynika, że błędy pomiarowe podczas wyznaczania wartości zanieczyszczeń elektromagnetycznych pochodzących od telewizora wyniosły odpowiednio 1,9% wielkości mierzonej, dla włączonego telewizora i 3,5% dla wyłączonego telewizora.



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykres z naniesionymi słupkami błędów pomiarowych wynoszącymi 1,9% wartości mierzonej dla włączonych urządzeń elektrycznych.

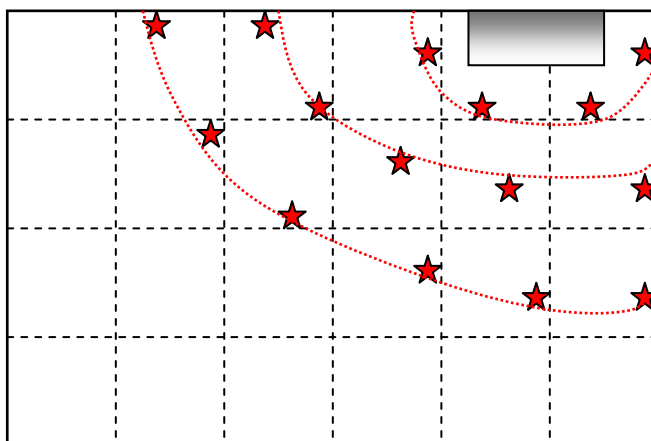




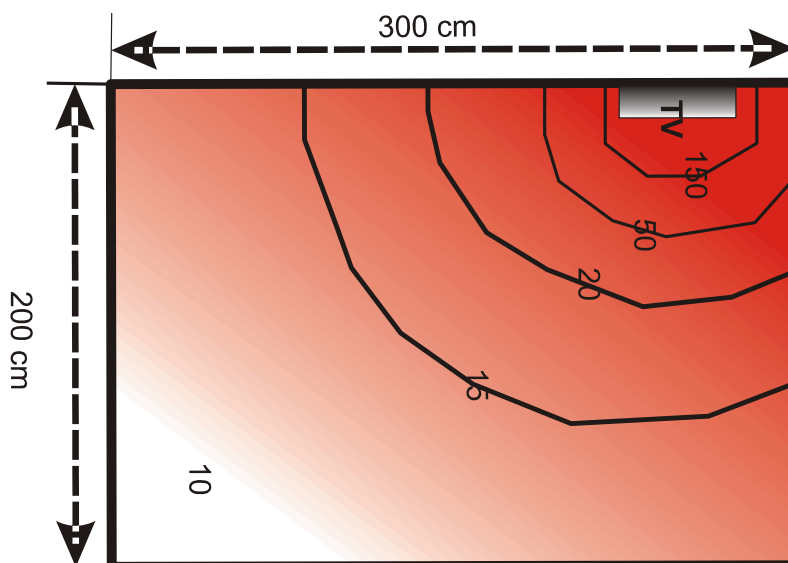
Ćwiczenie 2

Sporządzanie mapki promieniowania elektromagnetycznego (EM), pochodzącego od odbiornika telewizyjnego.

Celem pomiarów jest sporządzenie mapki topograficznej promieniowania elektromagnetycznego w pokoju, którego źródłem jest telewizor. W tym celu rysujemy schemat pomieszczenia, zachowując skalę. Następnie, co pół metra tworzymy siatkę odniesienia względem, której będziemy nanosić zmierzone wartości pola.



Przykład mapki przedstawiającej topografię promieniowania elektromagnetycznego pochodzącego od odbiornika telewizyjnego w pokoju. Linia przerywaną zaznaczono linie łączące punkty o takiej samej wartości promieniowania.





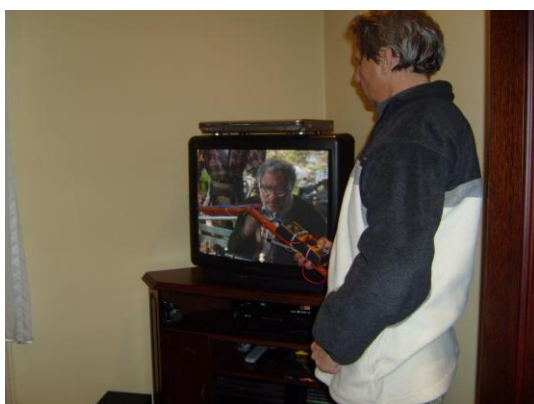
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Przykłady wykonywania pomiarów pola elektromagnetycznego wybranych urządzeń powszechnego użytku

Zdjęcia ilustrują sposób ustawienia głowicy pomiarowej względem urządzenia poddawanego pomiarowi. Istotne jest zachowanie dwóch parametrów – poprawnej odległości i odpowiednich kątów. Należy również pamiętać o odpowiedniej liczbie pomiarów (około 10) i uśrednieniu wyników. Wyniki bardzo odbiegające od średniej odrzucamy jako błędy grube i nieuwzględniamy ich w końcowych opracowaniach.



Równoległe ustawienie
do ekranu



Prostopadłe ustawienie
do ekranu wzdłuż osi X

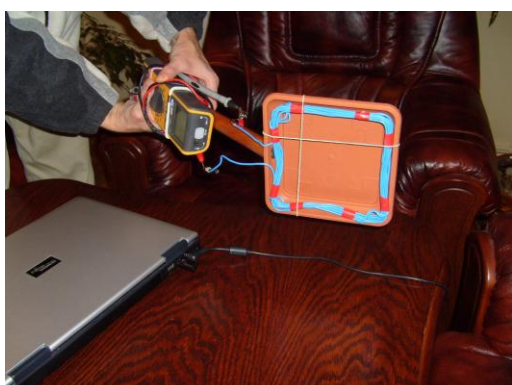
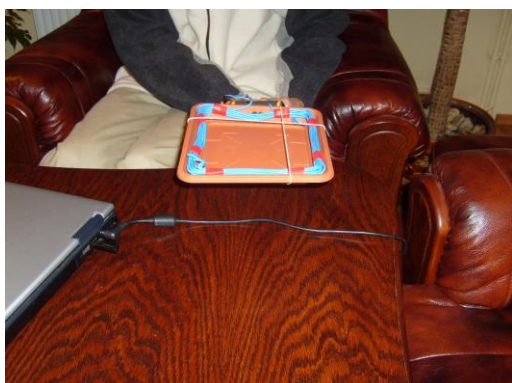


Prostopadłe ustawienie
do ekranu wzdłuż osi Y



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Przykłady ustawienia głowicy pomiarowej podczas wyznaczania promieniowania elektromagnetycznego przewodów z prądem.



Przedstawione na rysunkach ustawienia głowicy gwarantują pełny pomiar promieniowania elektromagnetycznego we wszystkich płaszczyznach – X,Y,Z.

Podczas pomiarów należy zwrócić uwagę, w którym położeniu pomiar daje największą wartość a w którym najmniejszą wartość pola. Do obliczeń bierzemy dwie wartości największe.

opracował: *dr Dariusz Man*



Zanieczyszczenia elektromagnetyczne w środowisku człowieka

TEST OTWARCIA

1- Zakres fal elektromagnetycznych radiowych jest rzędu:

- a) metrów,
- b) milimetrów,
- c) mikrometrów,
- d) nanometrów.

2- Temperatura zera bezwzględnego oznacza:

- a) zero stopni Celsjusza,
- b) zero stopni Fahrenheita,
- c) zero stopni Kelwina,
- d) Temperaturę w której wszystkie skale przyjmują wartość zero.

3- Promieniowanie ciepłe to promieniowanie:

- a) elektromagnetyczne podczerwone,
- b) elektromagnetyczne ultrafioletowe,
- c) promieniowanie o charakterze cząsteczkowym,
- d) promieniowanie akustyczne.

4- Promieniowanie X i γ jest:

- a) promieniowaniem elektromagnetycznym o długościach fali mniejszych od 10 nm,
- b) promieniowaniem elektromagnetycznym o długościach fali większym od 10nm i mniejszym od 100 nm,
- c) promieniowaniem elektromagnetycznym o długościach fali większym od 100 nm,
- d) nie jest promieniowaniem elektromagnetycznym.

5- Prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej jest:

- a) mniejsza od prędkości dźwięku,
- b) równa prędkości dźwięku,
- c) około 10 krotnie większa od prędkości dźwięku,
- d) wiele tysięcy razy większa od prędkości dźwięku.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

OPTIMA

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

6-Temperatura jest wielkością fizyczną:

- a) makroskopową,
- b) mikroskopową,
- c) nie jest wielkością fizyczną,
- d) jest wielkością mikroskopową i makroskopową jednocześnie.

7- Promieniowanie elektromagnetyczne pochodzące od elektrycznego sprzętu domowego:

- a) jest falą o częstotliwości 10 Hz,
- b) jest falą o częstotliwości 50 Hz,
- c) jest falą o częstotliwości 100 Hz
- d) jest falą o częstotliwości 150 Hz.

8- Która z wymienionych substancji najlepiej ekranuje (osłabia) fale elektromagnetyczne:

- a) guma,
- b) miedź,
- c) porcelana,
- d) drewno.