

Łukasz Januszkiewicz

# **Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej: cz.1 wprowadzenie do zajęć**

---

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Bezprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna  
współfinansowana przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego  
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń  
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –  
zarządzanie Uczelnią,  
nowoczesna oferta edukacyjna  
i wzmacniania zdolności do zatrudniania  
osób niepełnosprawnych”*



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,  
tel. 042 631 28 83  
[www.kapitalludzki.p.lodz.pl](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Who is who?

- Prowadzący: **dr inż. Łukasz Januszkiewicz**
- Adres: Politechnika Łódzka, Instytut Elektroniki  
ul. Wólczańska 211/215, 90-924 Łódź  
Pok. 312, 3 piętro, budynek B-9
- Kontakt: tel. 042 631 26 12  
[lukasz.januszkiewicz@p.lodz.pl](mailto:lukasz.januszkiewicz@p.lodz.pl)



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Cele przedmiotu:

Celem przedmiotu jest:

- Przybliżenie słuchaczom podstawowych zagadnień związanych z techniką antenową i mikrofalową
- Umożliwienie uczestnikom zajęć wykorzystywania anten w systemach bezprzewodowych
- Nauka interpretacji parametrów anten
- Umożliwienie studentom doboru anten odpowiednich typów do konkretnych systemów radiowych
- Nauka przeprowadzania komputerowych symulacji anten, konstruowania anten wybranych typów oraz obsługi radiowej aparatury pomiarowej.



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Organizacja przedmiotu

- Materiał teoretyczny przedstawiony zostanie w części wykładowej (16 godzin)
- W trakcie wykładu przeprowadzona zostanie prezentacja aparatury pomiarowej.
- Zajęcia laboratoryjne obejmują kilka zadań projektowych wykonywanych z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania do symulacji zjawisk elektromagnetycznych (13 godzin).



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*



## Treści

1. Wstęp – co to jest antena?
2. Parametry charakteryzujące anteny
3. Przegląd systemów radiotransmisyjnych z uwzględnieniem pasm i specyfiki stosowanych w nich anten.
4. Anteny stacji bazowych:
  - anteny elementarne
  - podstawy szyków antenowych.
  - anteny o poszerzonym paśmie.
  - anteny o zwiększonym zysku
5. Anteny terminali przenośnych:
  - anteny mikropaskowe
  - anteny elektrycznie małe
  - anteny systemów szerokopasmowych UWB
  - anteny tekstylne





## Treści

### 6. Układy zasilania anten:

- linie transmisyjne
- transformatory impedancji
- symetryzatory

### 7. Narzędzia wspomagające komputerowe projektowanie anten:

- Program NEC i SuperNEC
- Program XFDTD
- Pakiet Ansoft Designer

### 8. Wybrane zagadnienia antenowej i mikrofalowej techniki pomiarowej:

- Pomiary natężenia pola elektromagnetycznego
- Pomiary impedancji i wejściowej
- Pomiary charakterystyki promieniowania

### 9. Zjawiska fizyczne mające wpływ na eksploatacje anten





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Forma zaliczenia

Zaliczenie na podstawie:

- obecności
- aktywności na zajęciach
- dyskusji uzyskanych wyników (część laboratoryjna)



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*



## Literatura

1. J. Szóstka. „Fale i anteny”, WKiŁ. Warszawa 2006
2. D. Bem. „Anteny i rozchodzenie się fal radiowych”. WNT. Warszawa 1972
3. R. Litwin. M. Suski. Technika mikrofalowa. WNT Warszawa 1972
4. W. Zieniutycz . „Anteny. Podstawy polowe”. WKiŁ. Warszawa 2001
5. J. Pieniak. "Anteny telewizyjne i radiowe". WKiŁ. Warszawa 1997
6. J. Matuszczyk. „Poradnik antenowy dla krótkofalowców, amatorów i służb profesjonalnych”. WKiŁ, Warszawa 2002
7. J. Modelski. E. Jaszczyszyn . H. Chaciński. P. Majchrzak. „Pomiary parametrów anten”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2004.







KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Oczekiwania

- Prowadzącego:
  - Uczestnictwo w zajęciach
  - Interakcja z uczestnikami
  - Zgłaszanie pytań
- Uczestników:
  - ?



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*

Łukasz Januszkiewicz

# **Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej: cz.2, wstęp – co to jest antena**

---

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Bezprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna  
współfinansowana przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego  
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń  
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –  
zarządzanie Uczelnią,  
nowoczesna oferta edukacyjna  
i wzmacniania zdolności do zatrudniania  
osób niepełnosprawnych”*



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,  
tel. 042 631 28 83  
[www.kapitalludzki.p.lodz.pl](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Wstęp

- Co to jest antena?
- Podstawowe problemy telekomunikacji
- Elementy fizyki:
  - Fale
  - Fale elektromagnetyczne
- Parametry anten



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Wstęp – co to jest antena?

- Anteny i urządzenia mikrofalowe są wykorzystywane w telekomunikacji
- Anteny umożliwiają łączność radiową wypromieniowują lub odbierają fale radiowe
- Według Słownika Języka Polskiego PWN „**antena**”:
  - 1. «urządzenie do wysyłania lub odbierania fal radiowych»
  - 2. «czułek stawonoga»





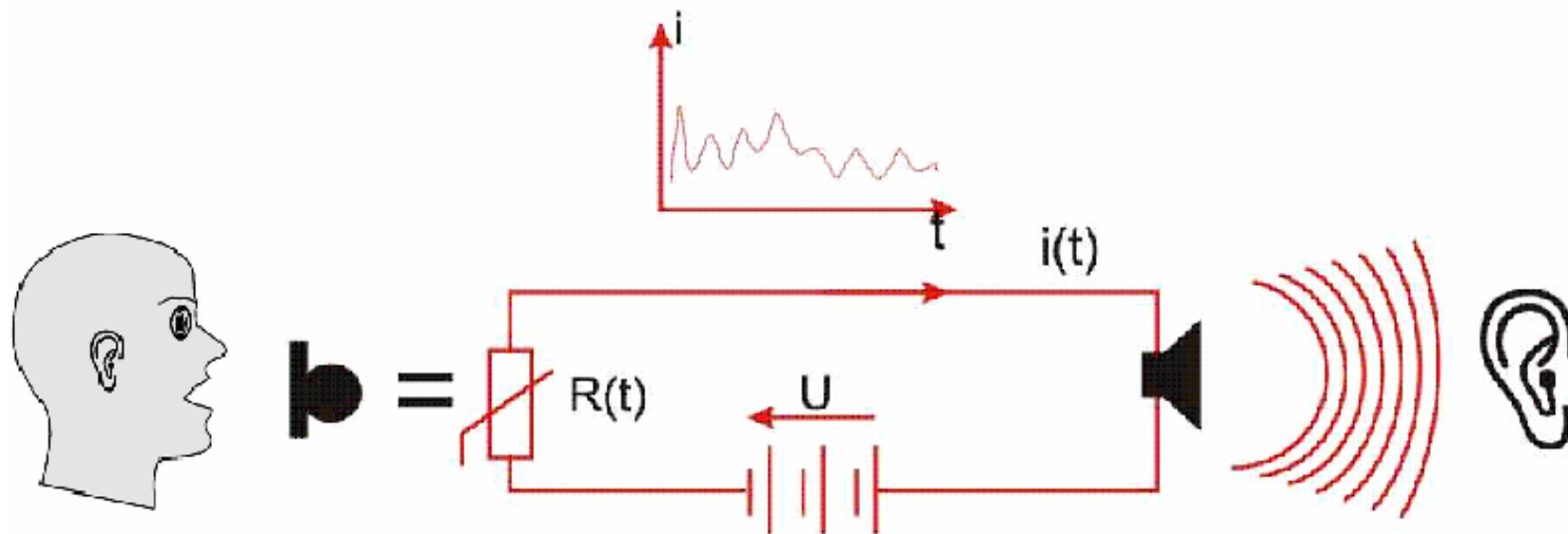
## Wstęp – telekomunikacja w 2 słowach

- Przesyłanie informacji na odległość
- Informacja ma postać energii, którą należy przesłać na znaczną odległość
- Systemy przewodowe – energia niosąca informację przesyłana w przewodach:
  - Systemy elektryczne
  - Systemy optyczne
- Systemy bezprzewodowe – informacja jest przesyłana za pomocą energii przesyłanej bez przewodów



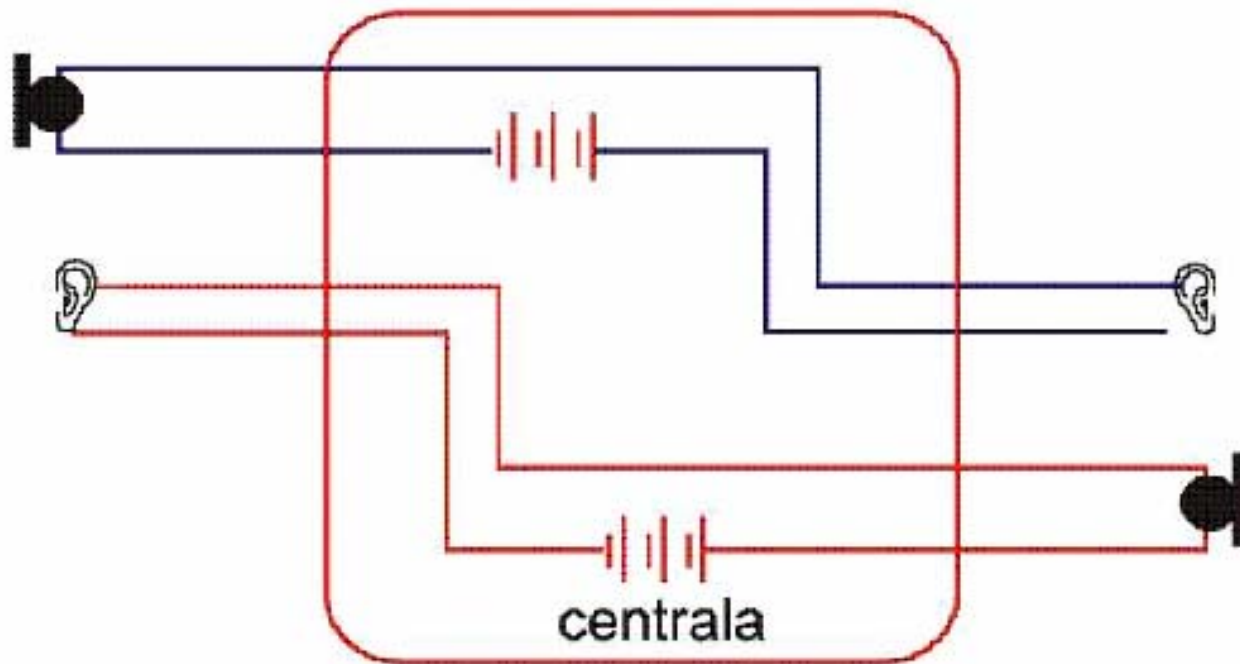
## Wstęp - Łączność przewodowa - telefon

- Dźwięk zamieniany jest na prąd





## Wstęp - Łączność przewodowa - telefon





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Fale

- Co to jest fala?



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

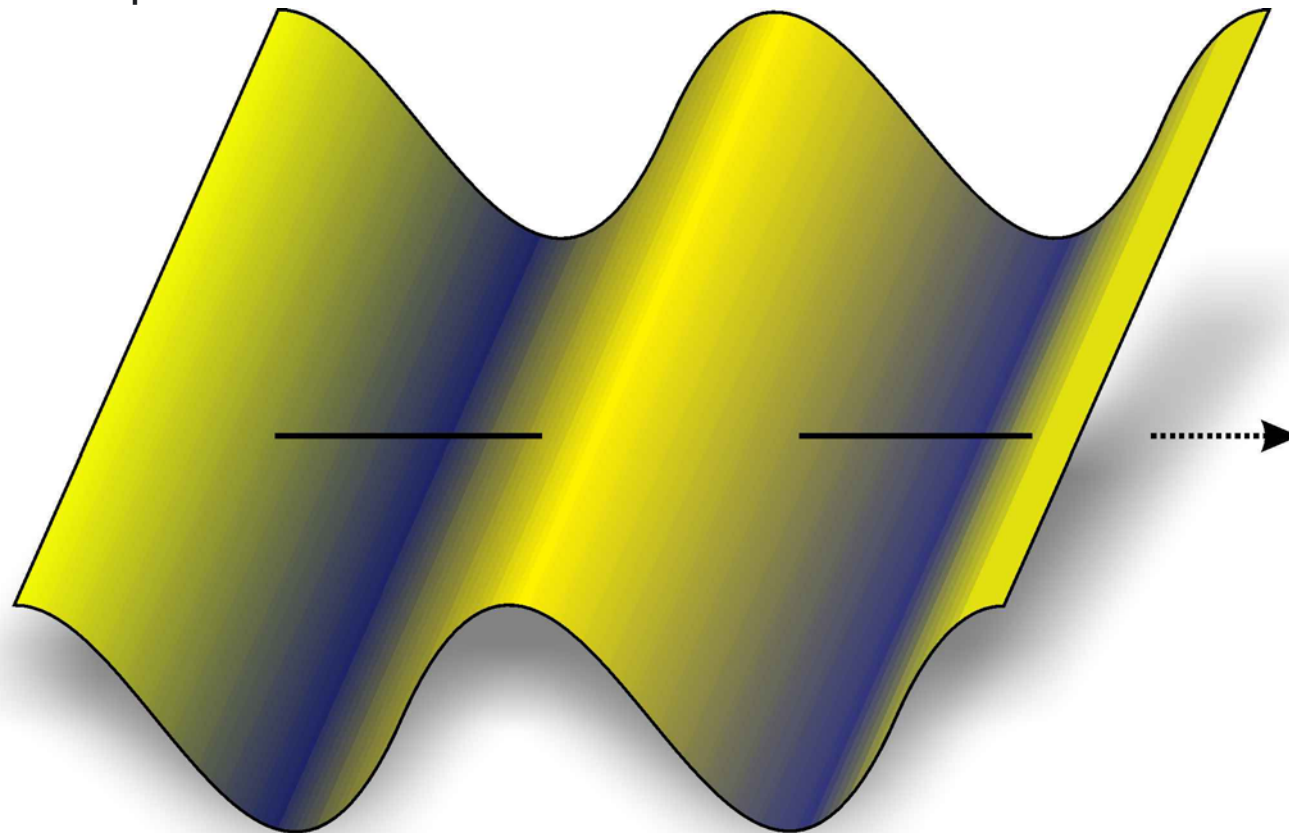
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Fale

Zmienny czas, stałe położenie

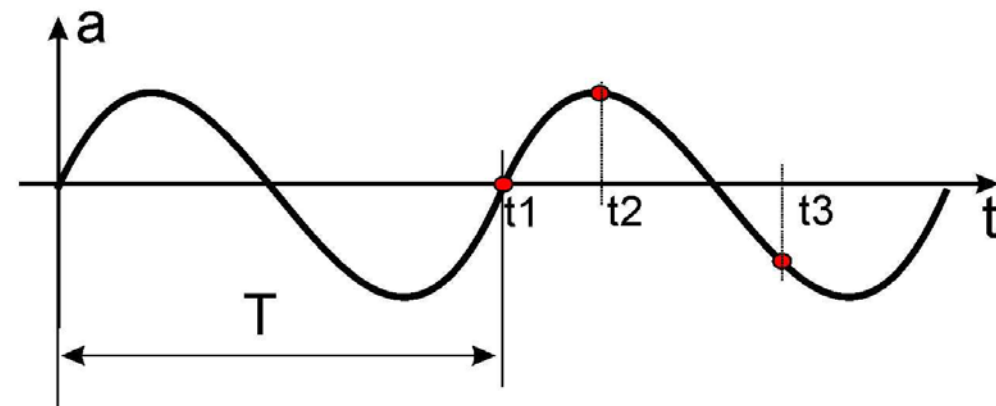
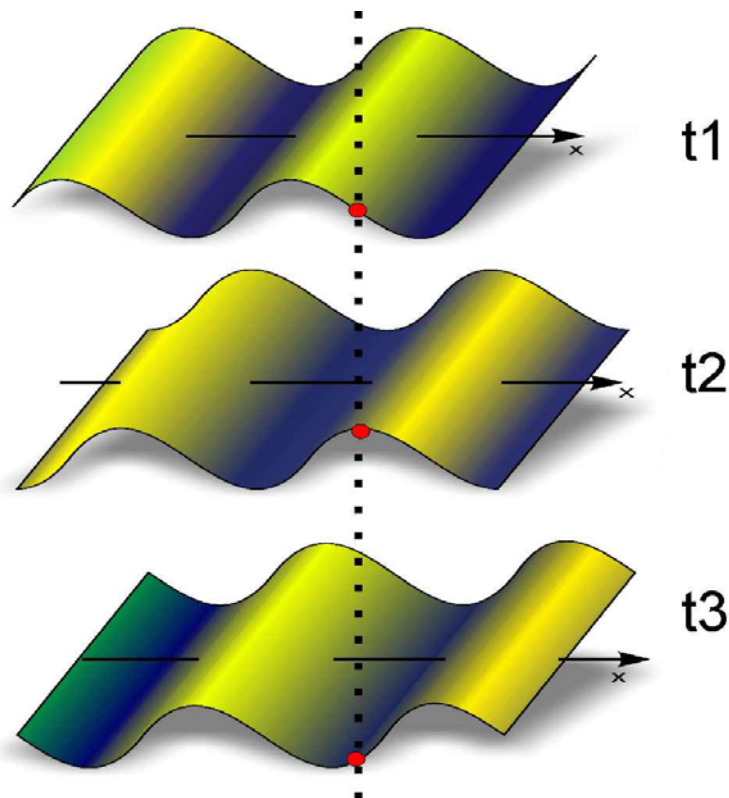


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2

# Fale

W ustalonym miejscu w przestrzeni wartość parametru zmienia się w czasie

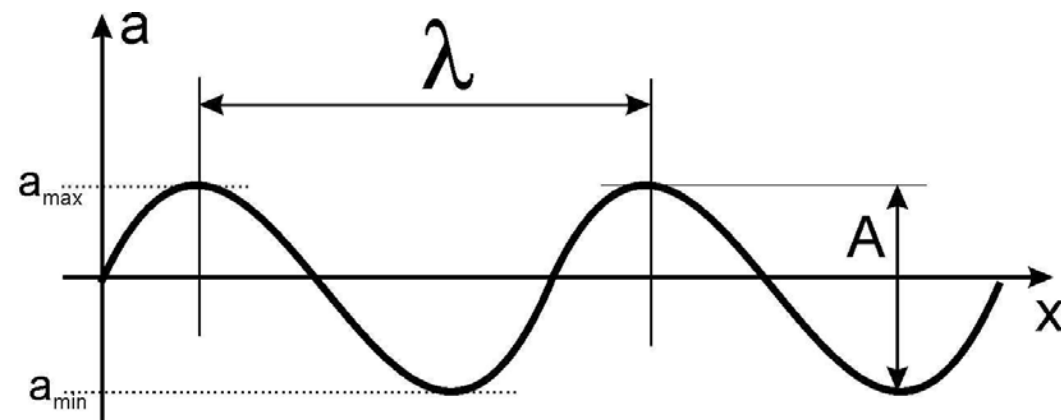
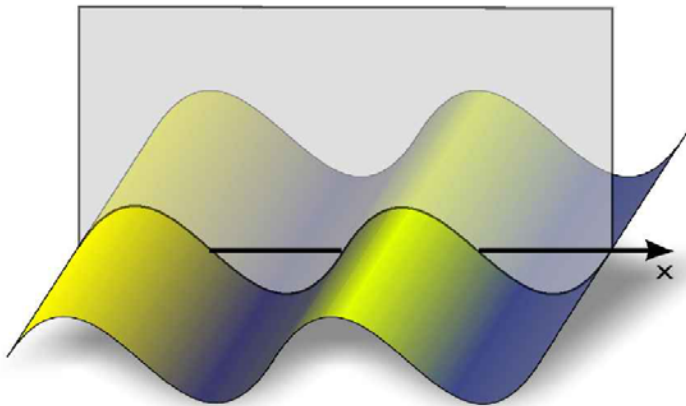


$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

## Fale

- W ustalonej chwili czasu parametr zmienia się wraz z przesunięciem w przestrzeni
- Długość fali się zwiększa ze wzrostem prędkości rozchodzenia się fali, maleje ze wzrostem częstotliwości

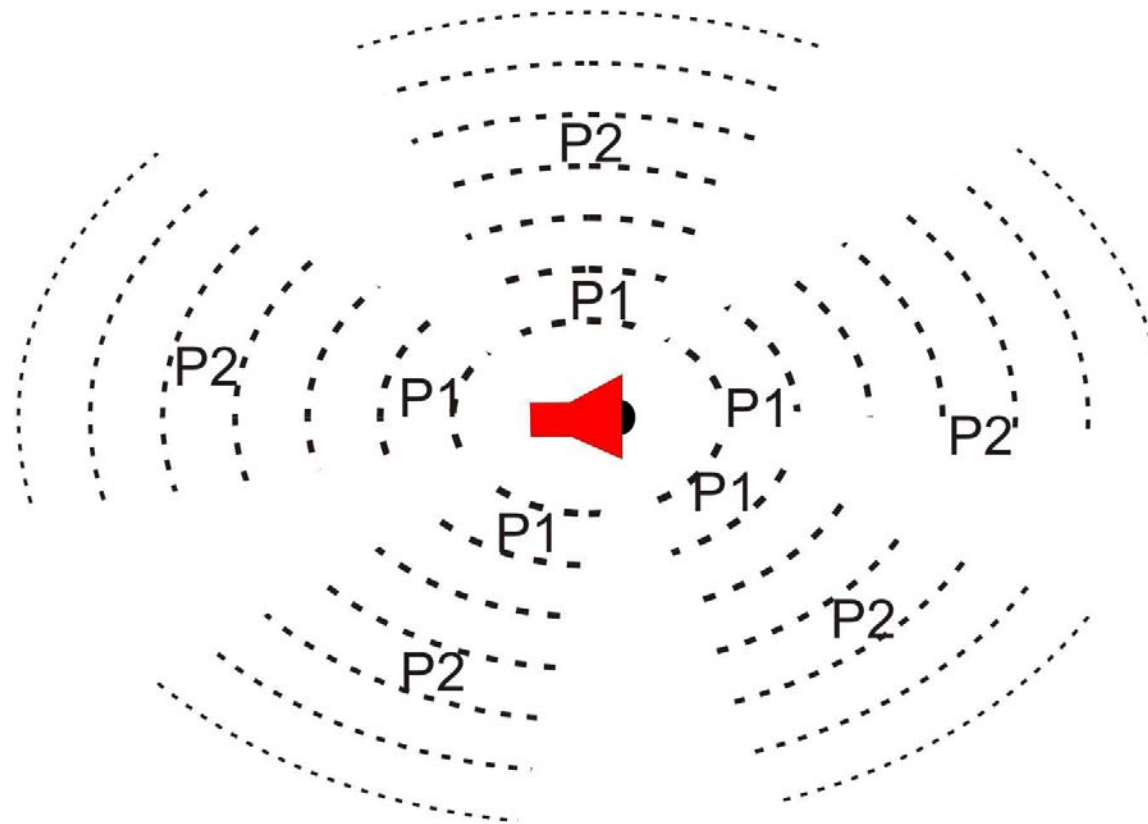
$$\lambda = \frac{v}{f}$$





## Na marginesie... dźwięk

- Fala ciśnienia, rozchodząca się w ośrodku materialnym





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Dźwięk

- Prędkość dźwięku zależy od gęstości powietrza (a przez to od ciśnienia, wilgotności, temperatury).
- Dla standardowych warunków (20 °C) wynosi około 343 m/s (1235 km/h).

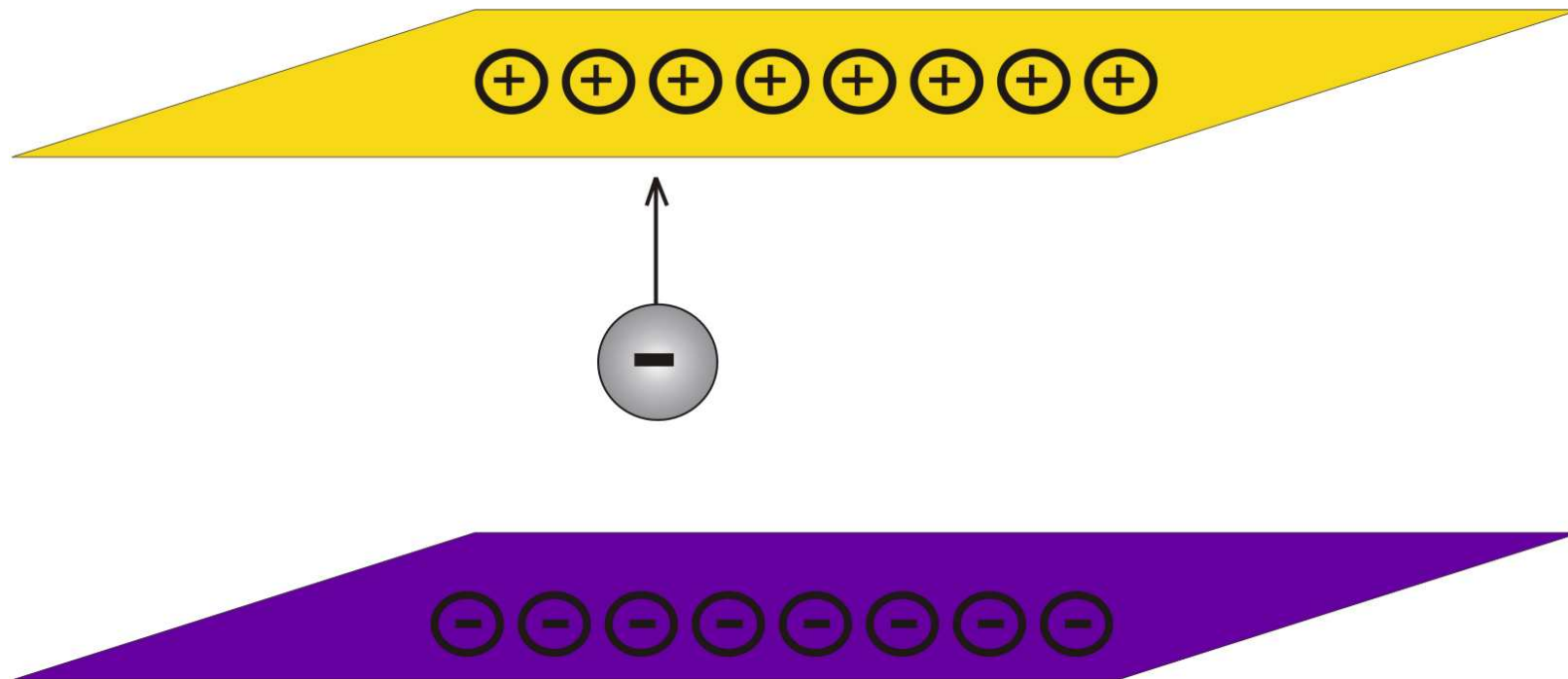


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*



# Pole elektryczne





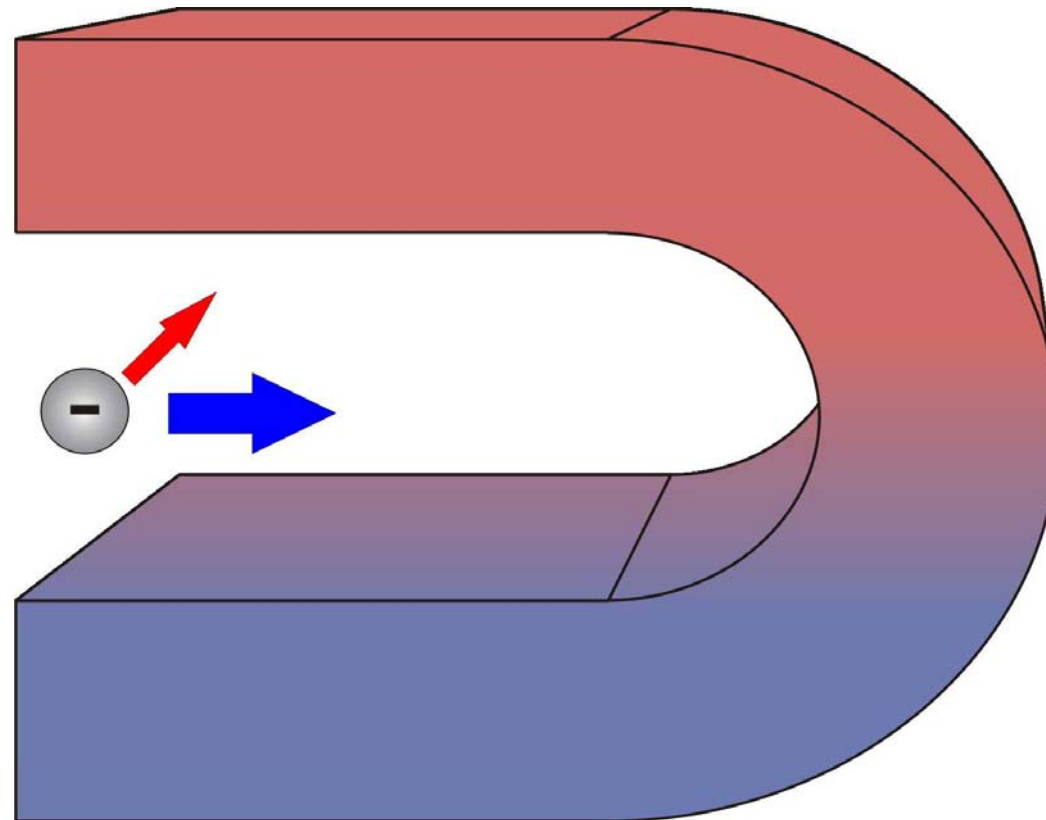
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Pole magnetyczne



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2



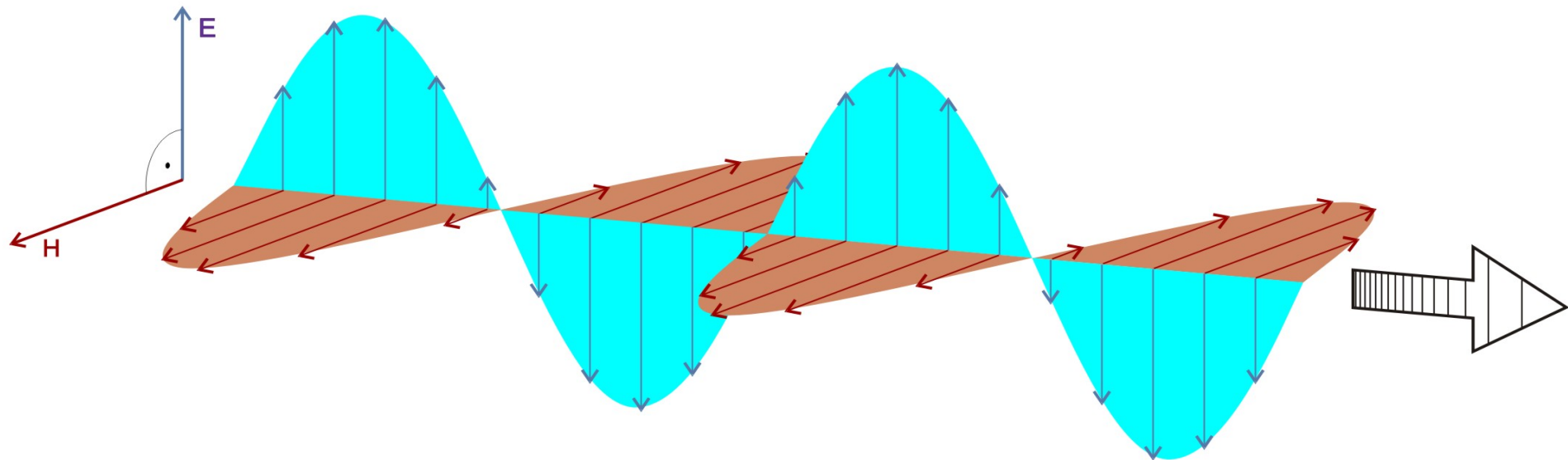
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Fala elektromagnetyczna



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2





## Fala elektromagnetyczna

- $c \approx 300\,000 \text{ km/s}$

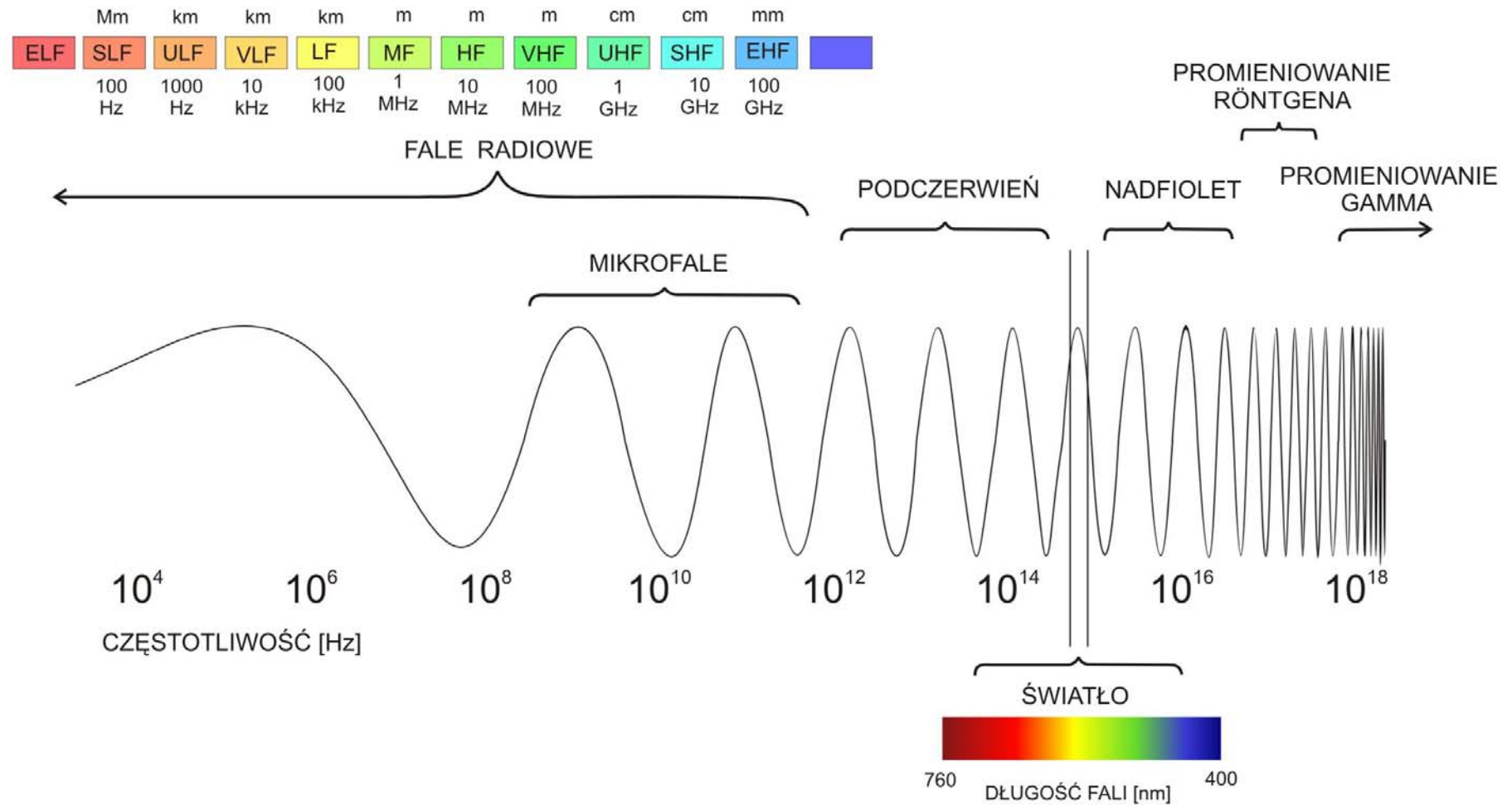
$$\lambda[m] = \frac{300}{f[MHz]}$$

- $f=50 \text{ Hz} \rightarrow \lambda=6000 \text{ km}$
- $f=3 \text{ kHz} \rightarrow \lambda=100 \text{ km}$
- $f=225 \text{ kHz} \rightarrow \lambda=1.3 \text{ km}$
- $f=100 \text{ MHz} \rightarrow \lambda=3 \text{ m}$
- $f=1800 \text{ MHz} \rightarrow \lambda=16.7 \text{ cm}$





# Fale elektromagnetyczne





# Fale elektromagnetyczne

Podział częstotliwości radiowych według ITU (1947r).

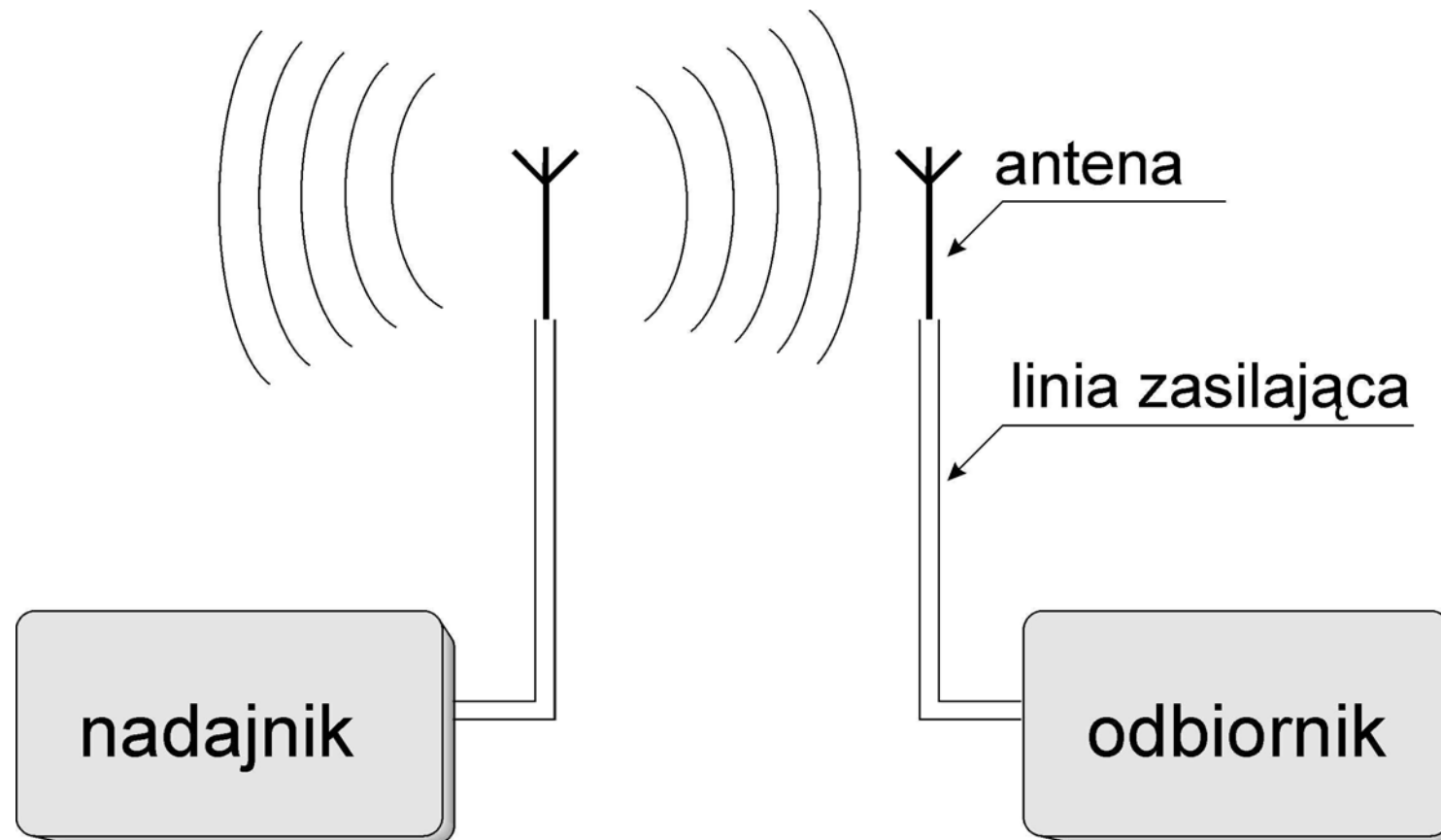
| Frequency band | Band number | Symbol                                |
|----------------|-------------|---------------------------------------|
| 3 – 30 kHz     | 4           | <b>VLF – Very Low Frequency</b>       |
| 30 – 300 kHz   | 5           | <b>LF – Low Frequency</b>             |
| 300 – 3000 kHz | 6           | <b>MF – Medium Frequency</b>          |
| 3 – 30 MHz     | 7           | <b>HF – High Frequency</b>            |
| 30 – 300 MHz   | 8           | <b>VHF – Very High Frequency</b>      |
| 300 – 3000 MHz | 9           | <b>UHF – Ultra High Frequency</b>     |
| 3 – 30 GHz     | 10          | <b>SHF – Super High Frequency</b>     |
| 30 – 300 GHz   | 11          | <b>EHF – Extremely High Frequency</b> |





# Łączność bezprzewodowa

## Łącze radiowe





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

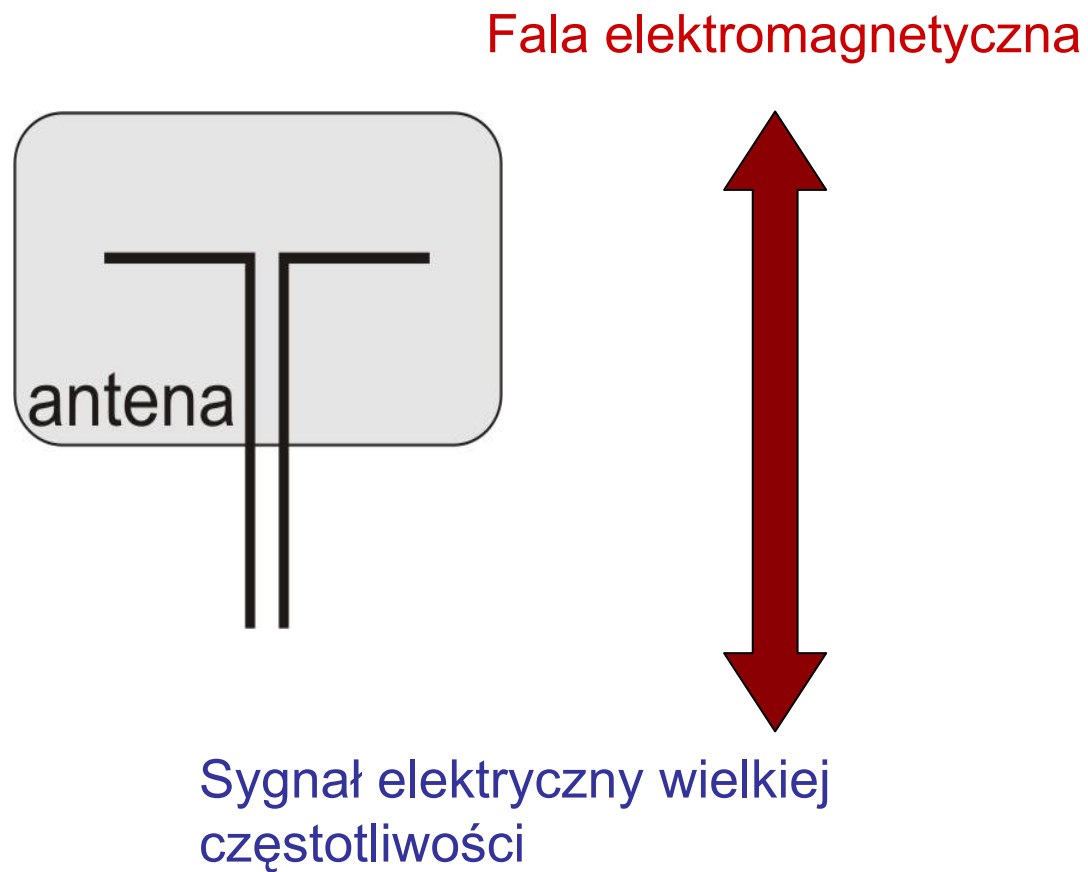
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Antena

Antena jako przetwornik



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2



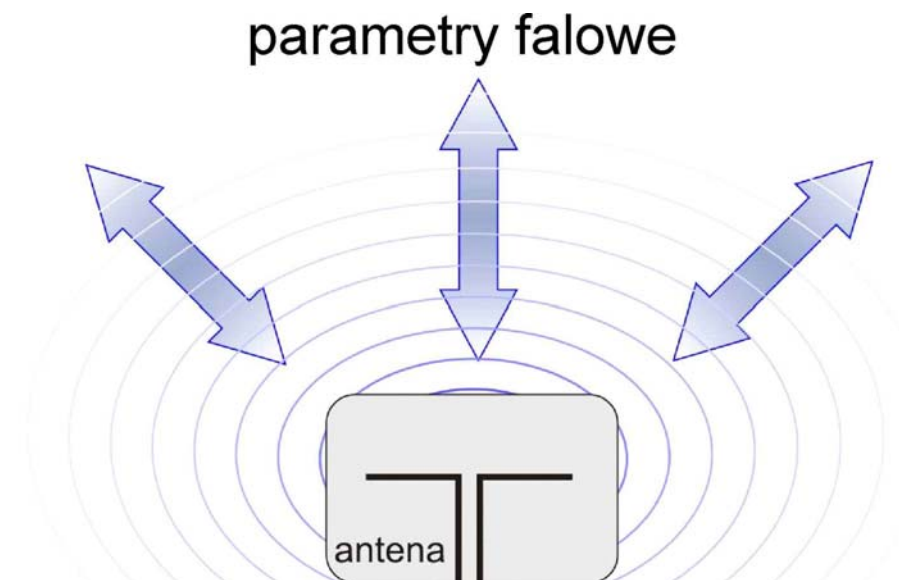
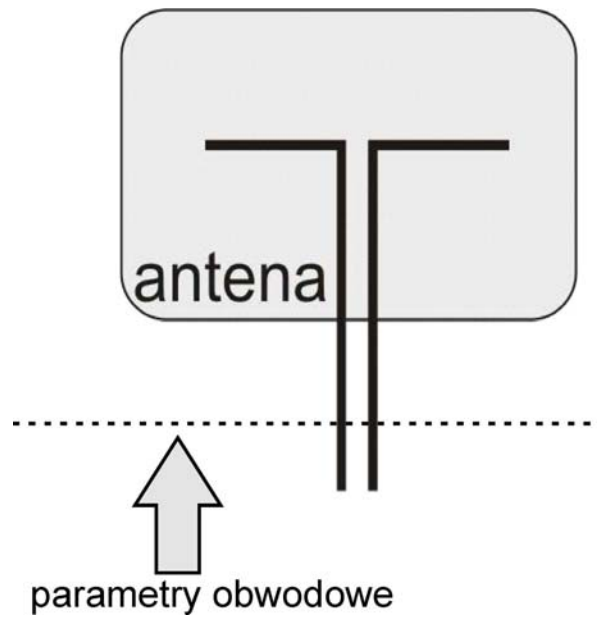
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Parametry anteny

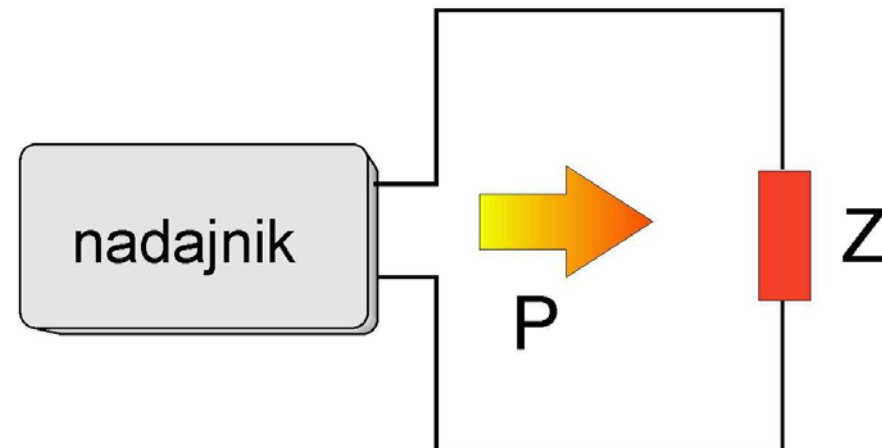
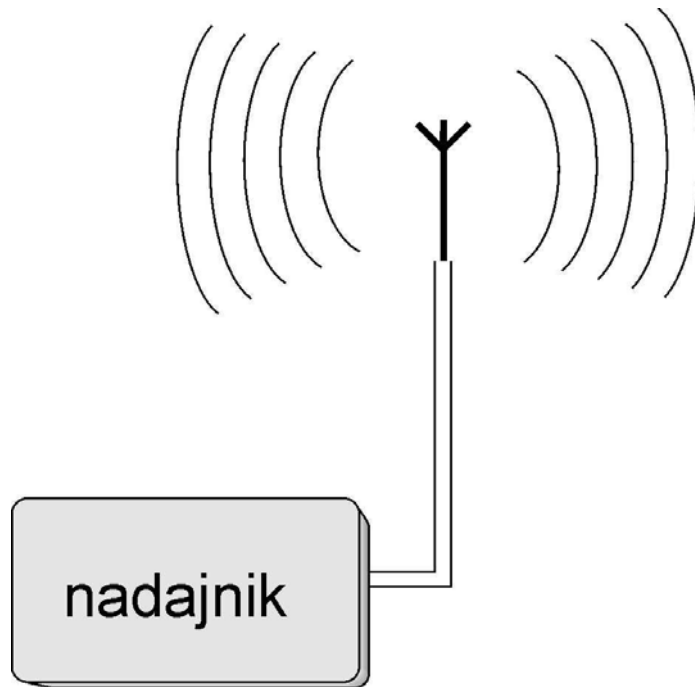


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2

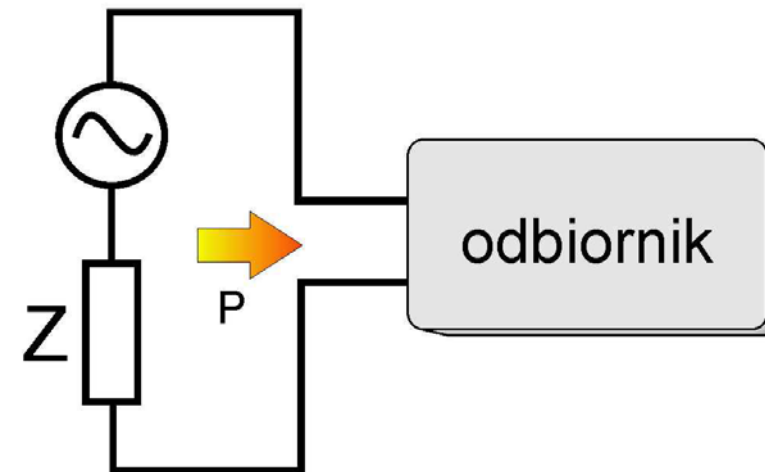
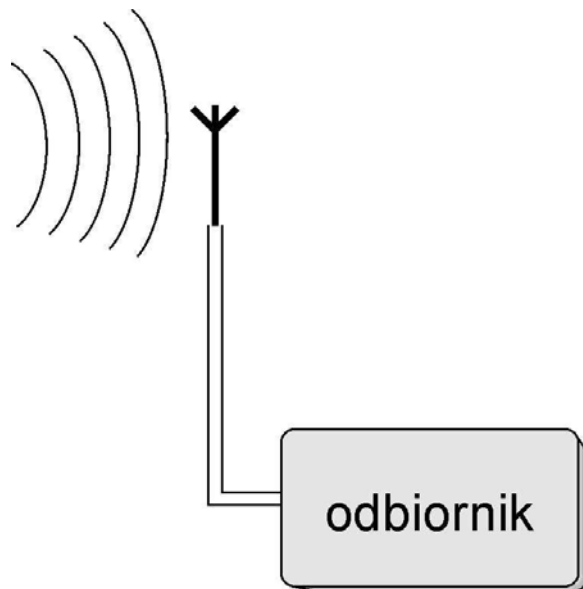


## Antena nadawcza





## Antena odbiorcza







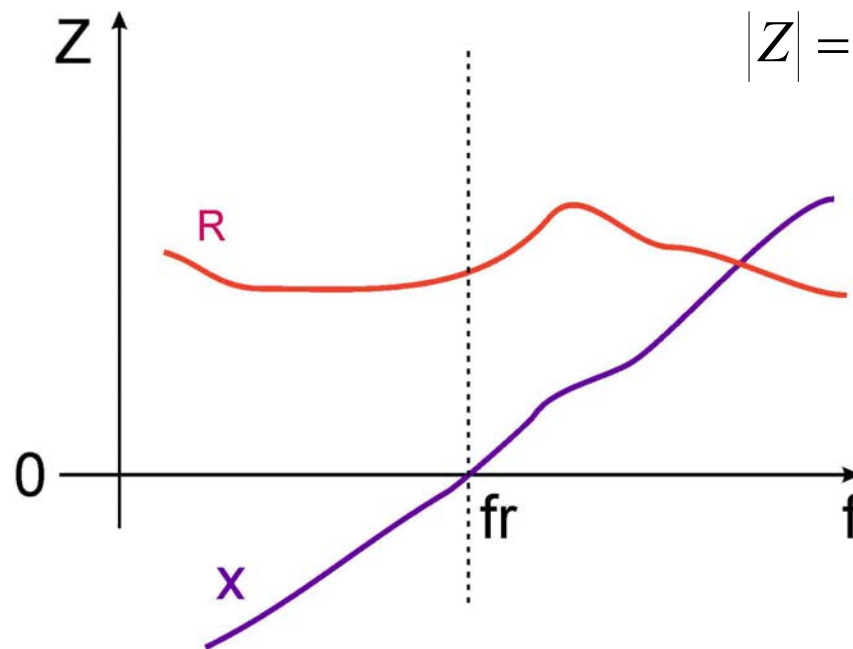
# Impedancja

- Impedancja wejściowa:

$$Z = \frac{U}{I} [\Omega]$$

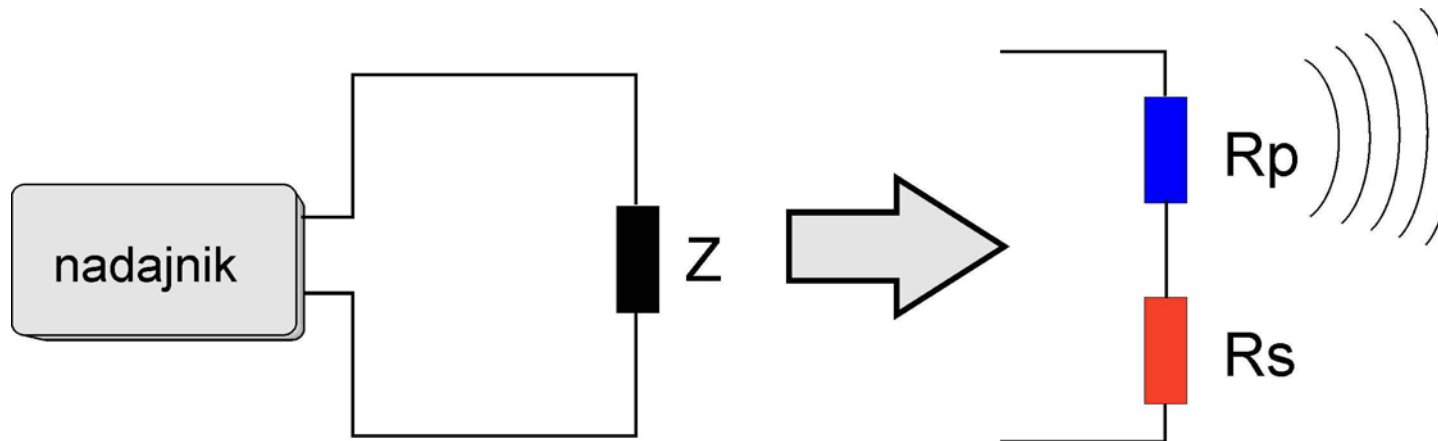
$$Z = R + j X$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$



## Parametry związane z impedancją anteny

- Rezystancję wejściową anteny stanowi rezystancja promieniowania i rezystancja strat





## Sprawność anteny

- Antena jest elementem stratnym
- Źródłem strat są straty rezystancyjne oraz straty dielektryczne
- Sprawność anteny:  $\eta < 1$

$$\eta = \frac{P_{prom}}{P_{we}}$$





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

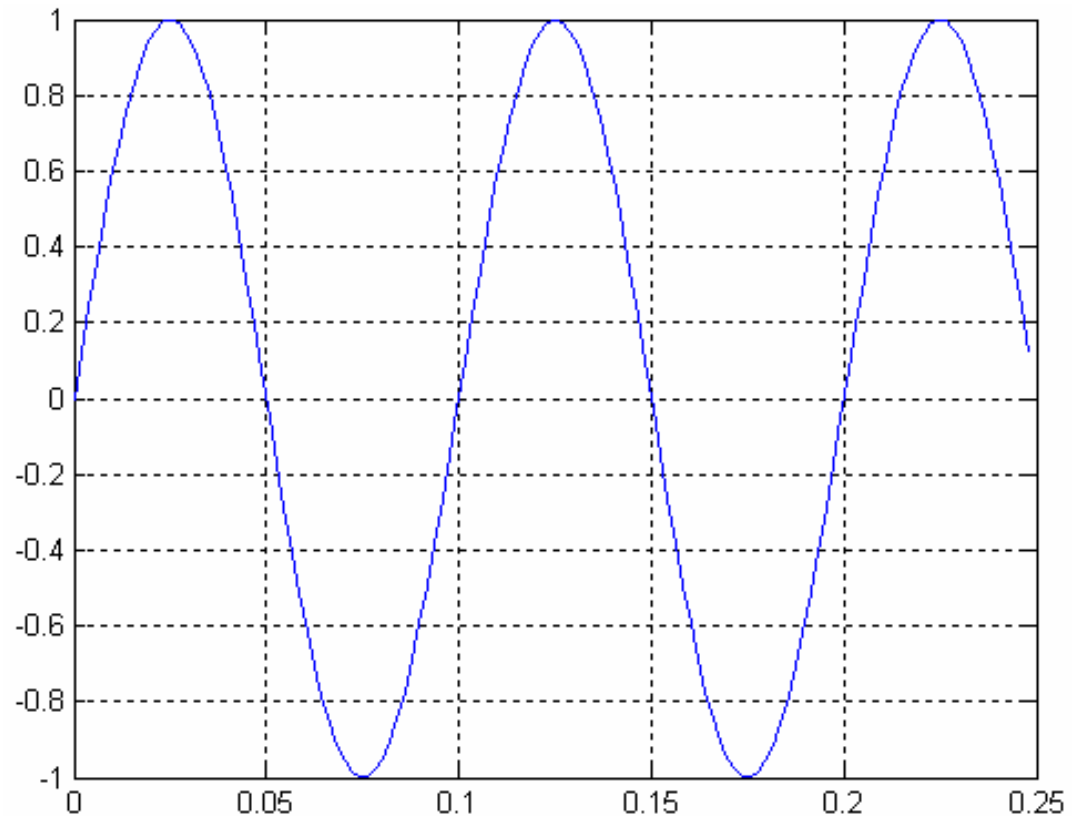


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Parę słów o sygnałach

Sygnał sinusoidalny:

$$S(t) = A \sin(2 \pi f t)$$



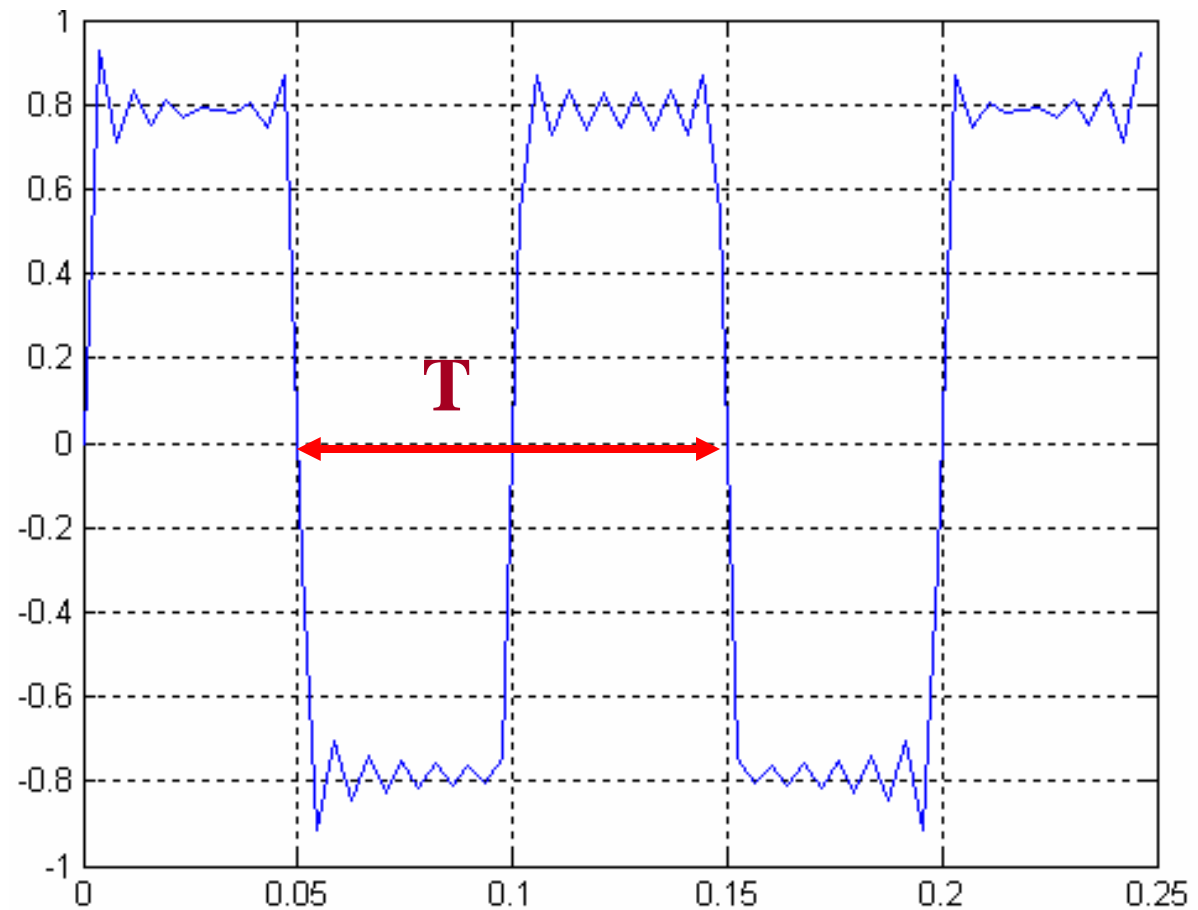
Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2



## Parę słów o sygnałach

Sygnał okresowy





## Pasmo sygnału

Szereg Fouriera:

Funkcja okresowa może być przedstawiona jako suma funkcji sinusoidalnych.

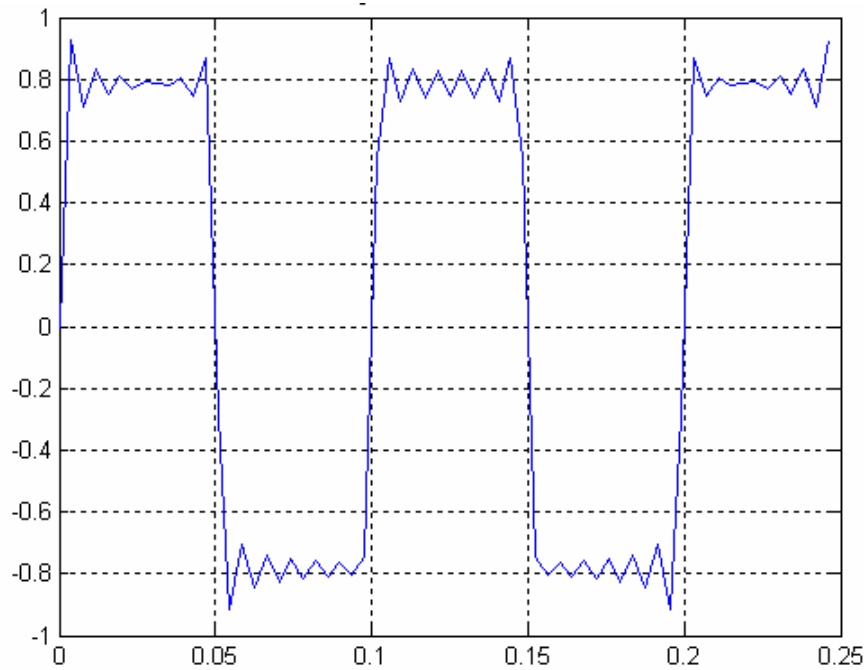
Szereg jest nieskończony

$$h(t) = \frac{a_0}{T} + \frac{2}{T} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(2\pi n f_0 t + \varphi_n)$$

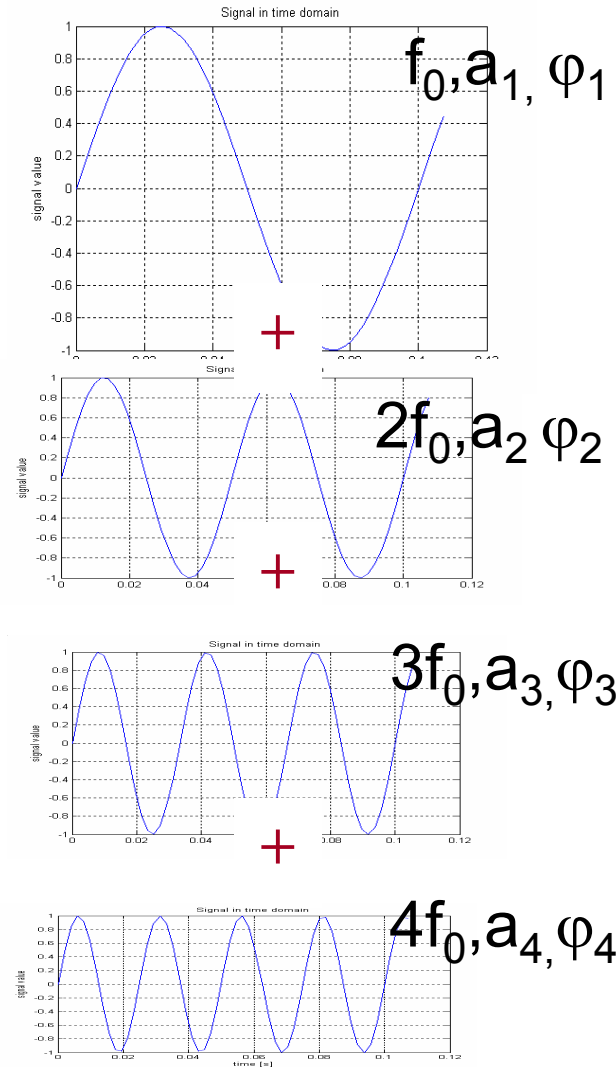




## Pasmo sygnału

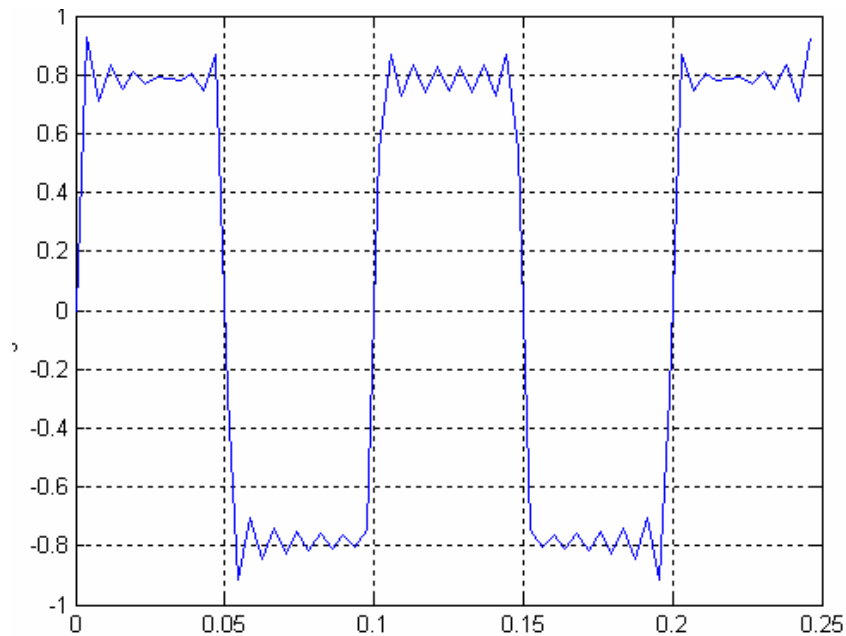


=

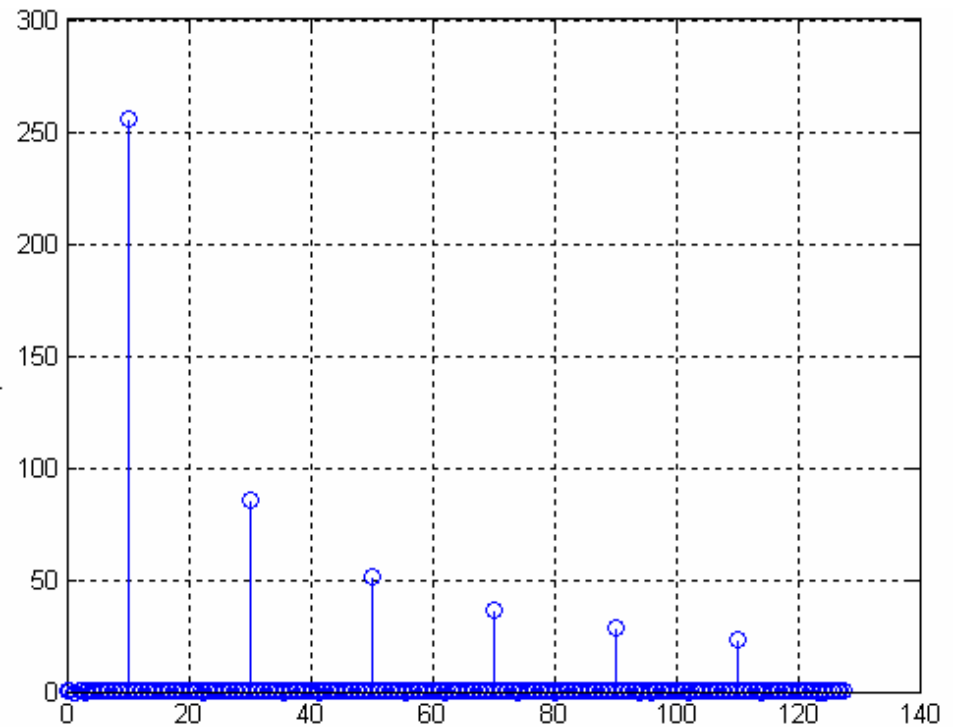




## Widmo sygnału



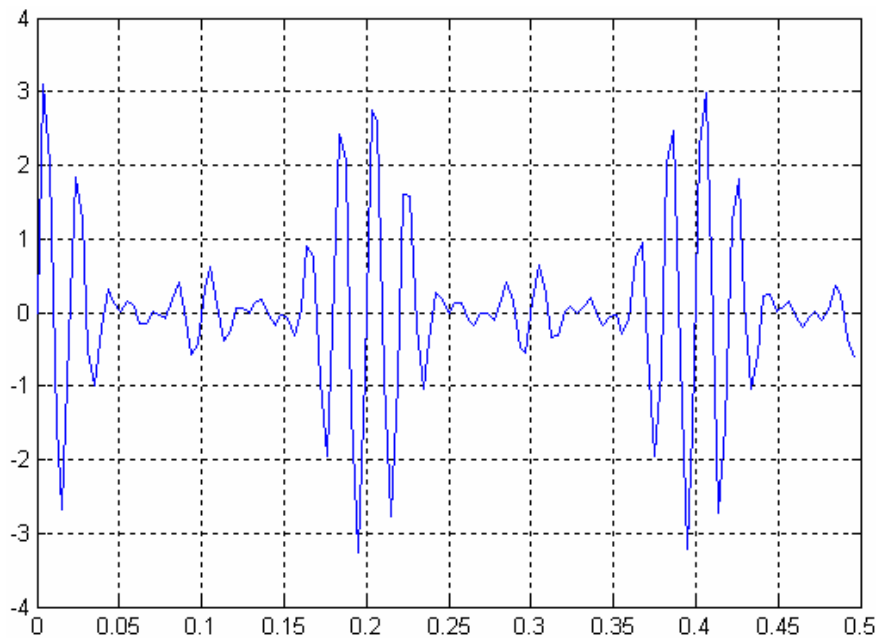
=



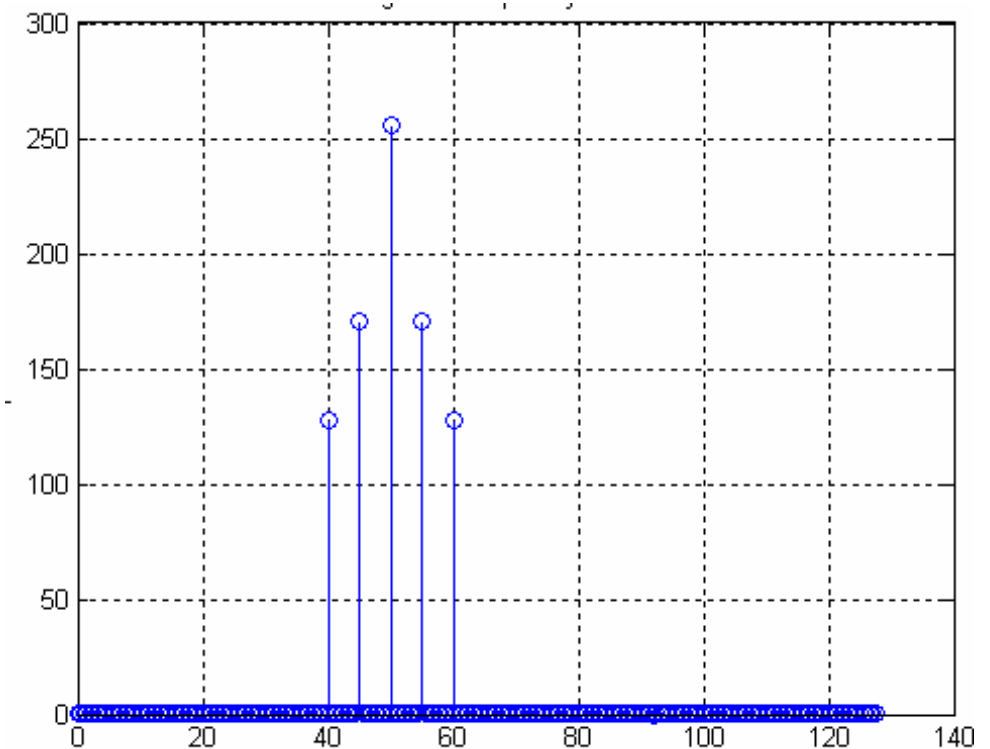




## Widmo sygnału



Czas [s]

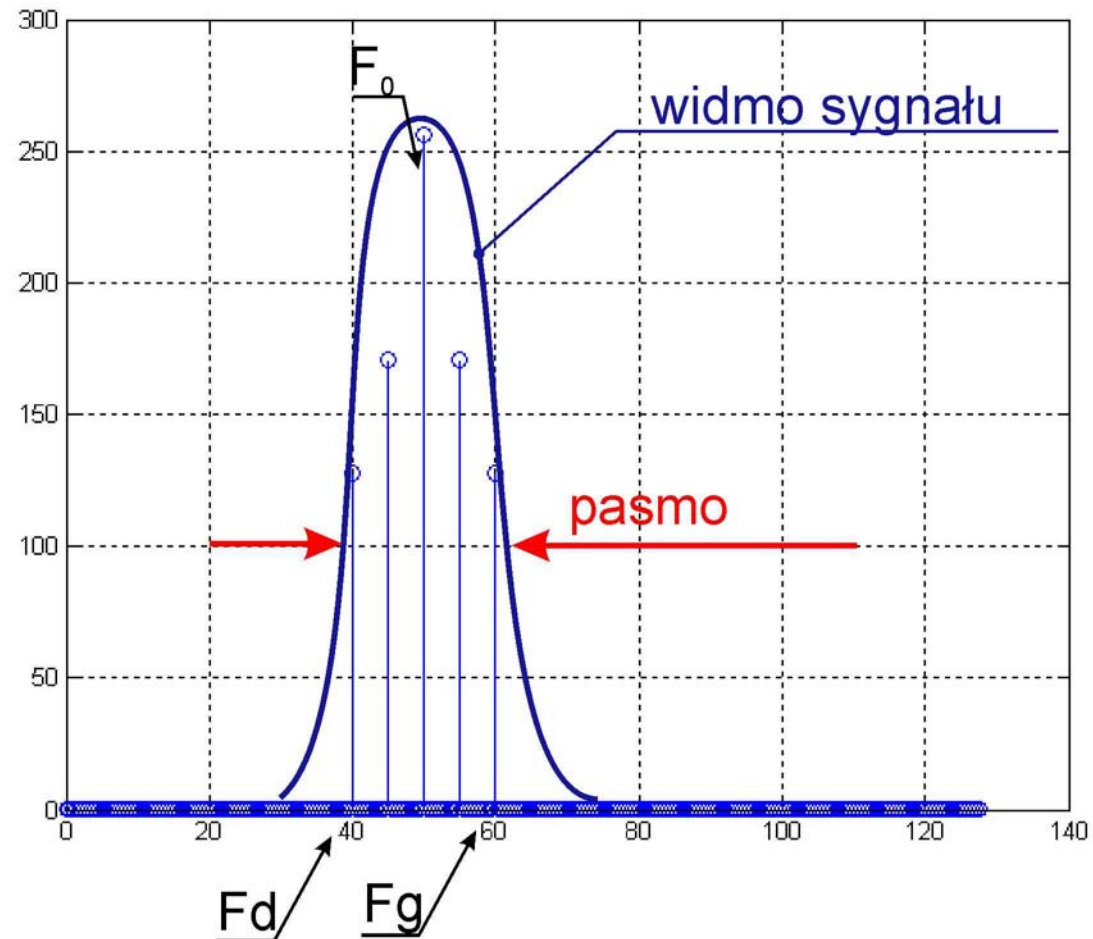


Częstotliwość [Hz]

## Pasmo sygnału

$$B = F_g - F_d \text{ [MHz]}$$

$$B_p = \frac{F_u - F_l}{F_c} \cdot 100\%$$





## Pasmo anteny

- Anteny wykorzystywane są do nadawania (odbierania) sygnałów o określonym paśmie
- Parametry anteny nie powinny zmieniać się znacząco ze zmianą częstotliwości w zakresie wynikającym z pasma sygnału transmitowanego
- Pasmo anteny: zakres częstotliwości w którym istotne parametry anteny nie zmieniają się w sposób znaczący...

$$B = F_g - F_d \text{ [MHz]}$$

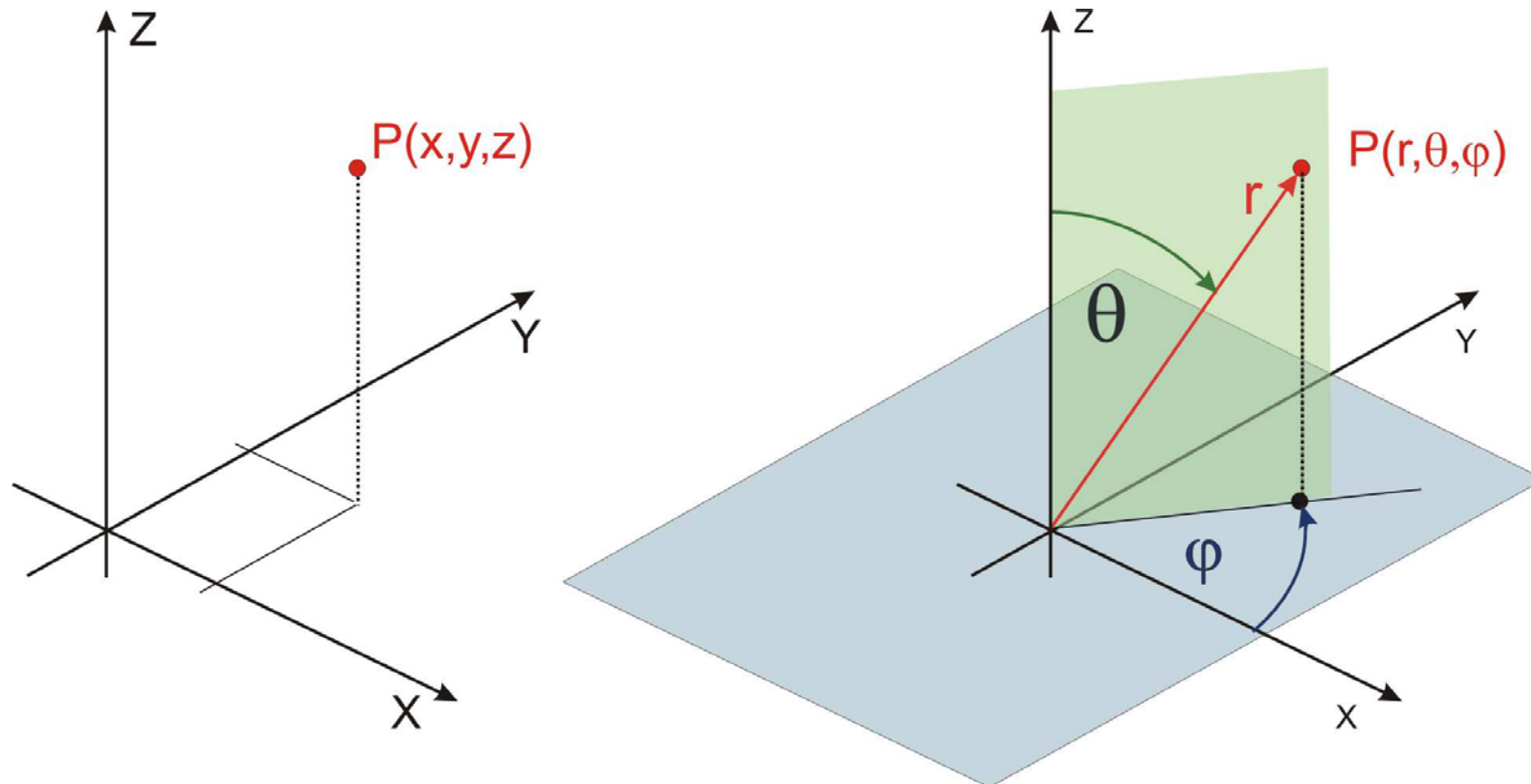
$$B_p = \frac{F_u - F_l}{F_c} \cdot 100\%$$

$$B_r = \frac{F_g}{F_d}$$





# Opis przestrzeni





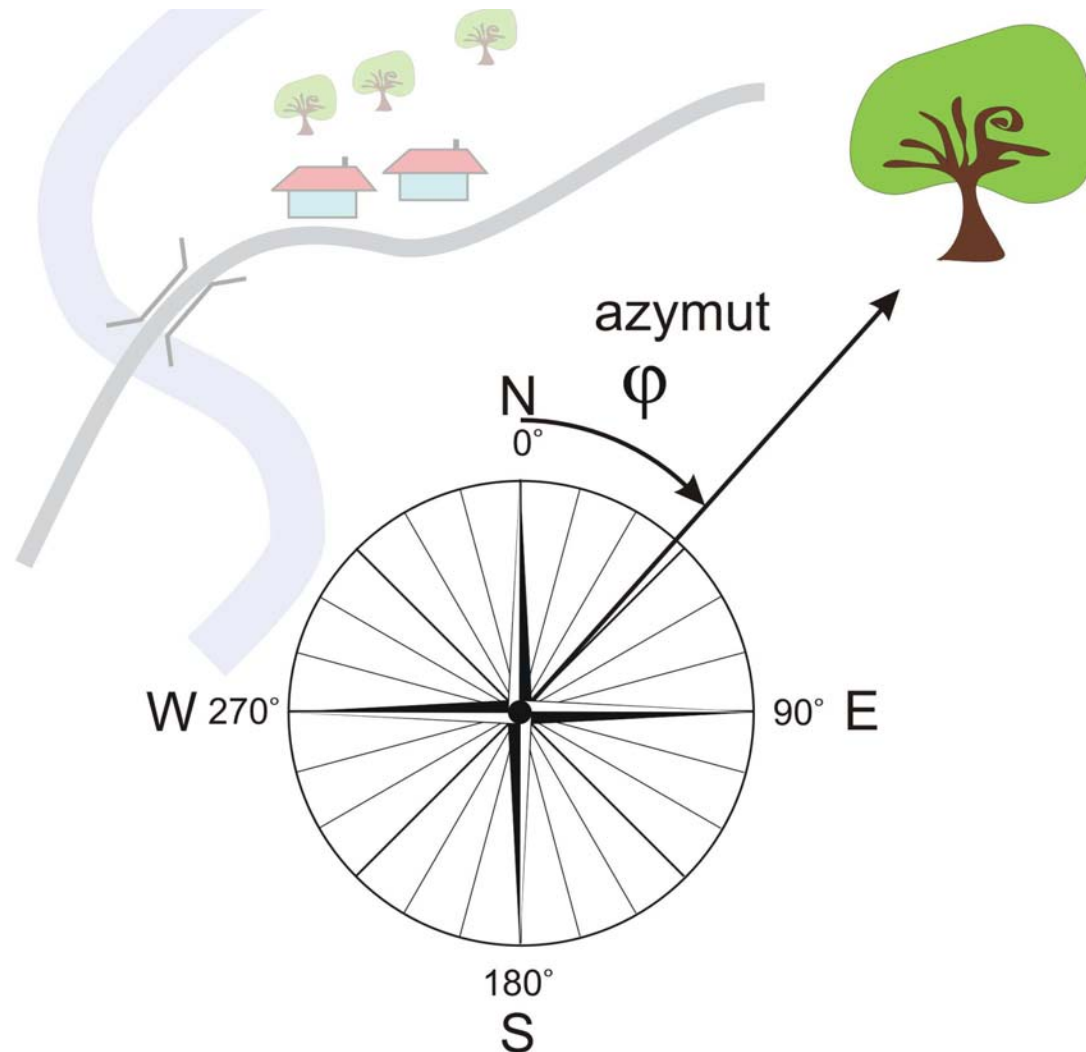
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Azymut

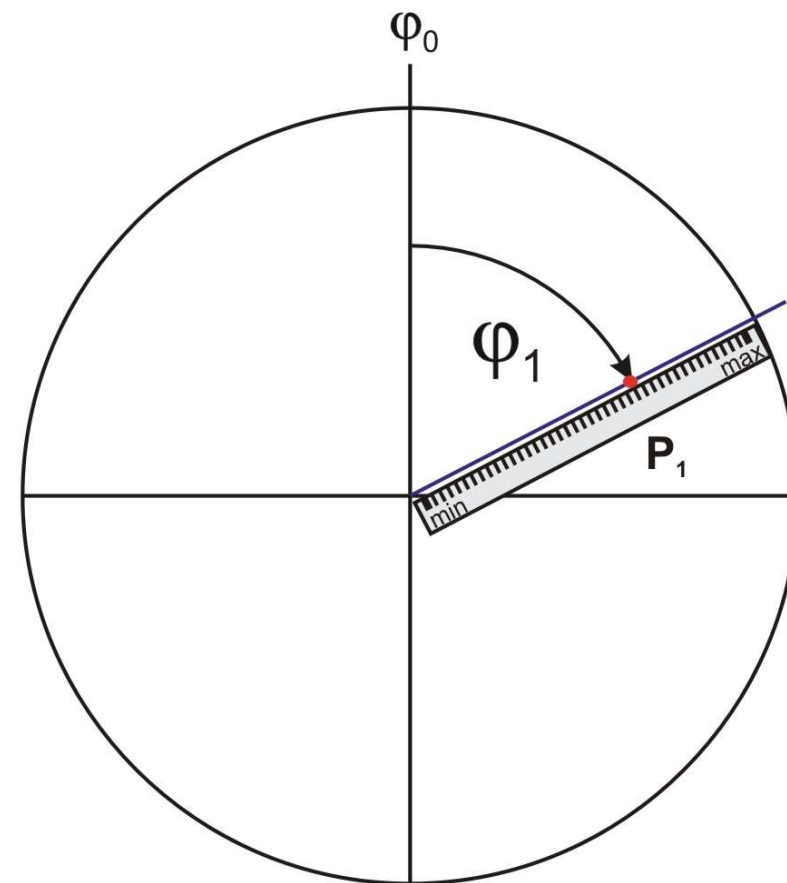
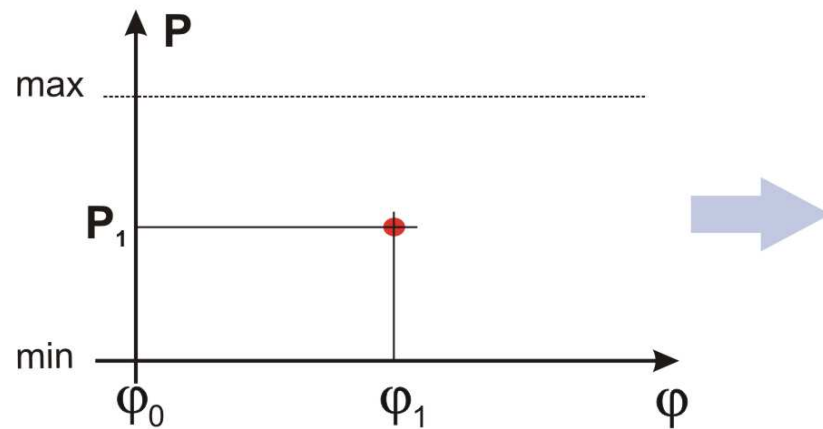


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2



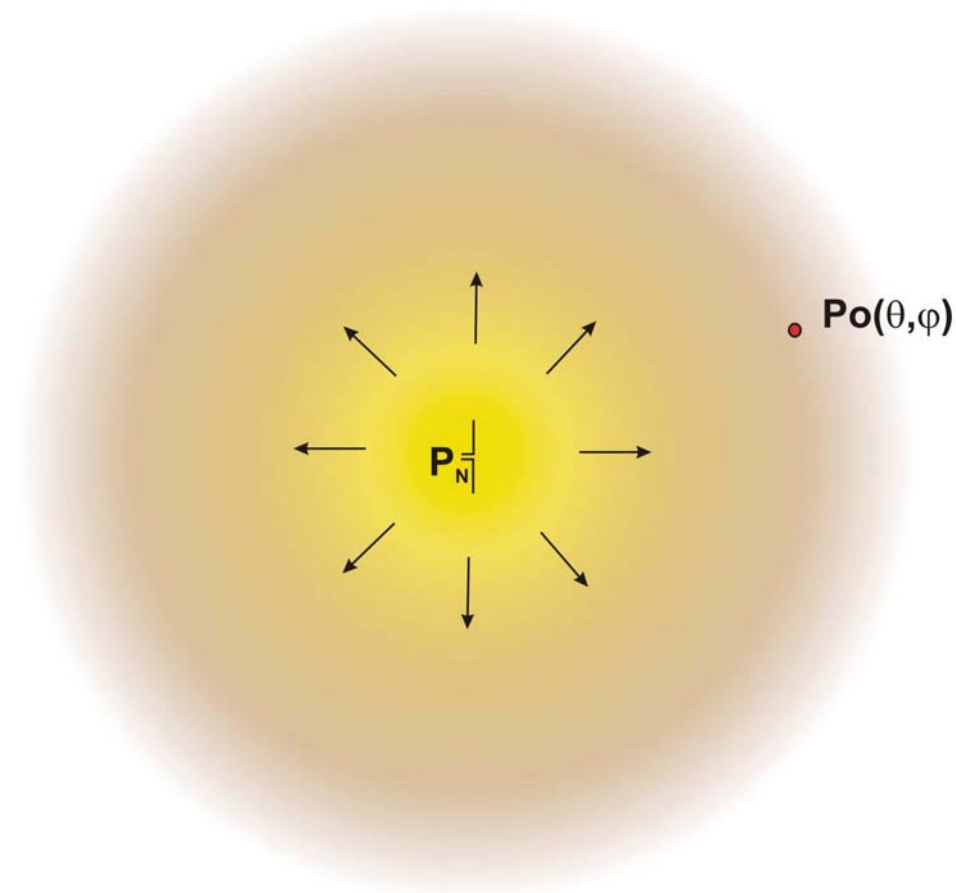
## Wykresy prostokątny i biegunowy





## Promieniowanie anteny

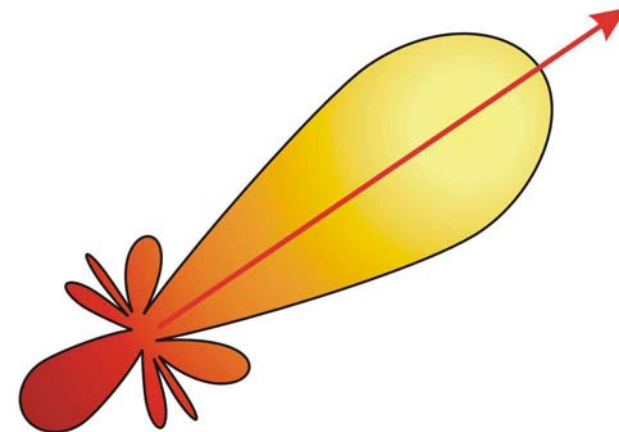
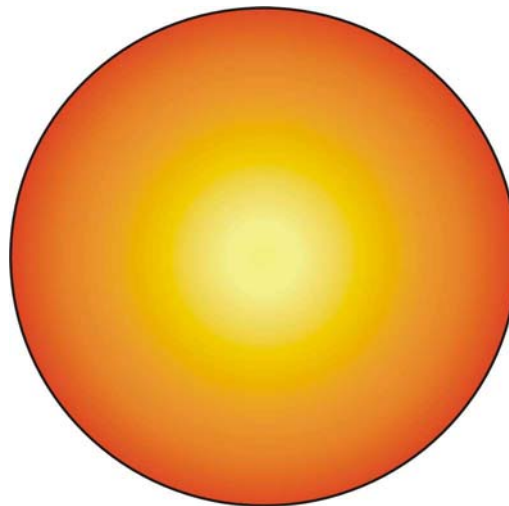
- Moc odebrana zależy od:
  - Mocy wejściowej
  - Odległości od anteny
  - Właściwości anteny





## Charakterystyka promieniowania anteny

- Rozkład natężenia pola elektrycznego, magnetycznego lub gęstości mocy







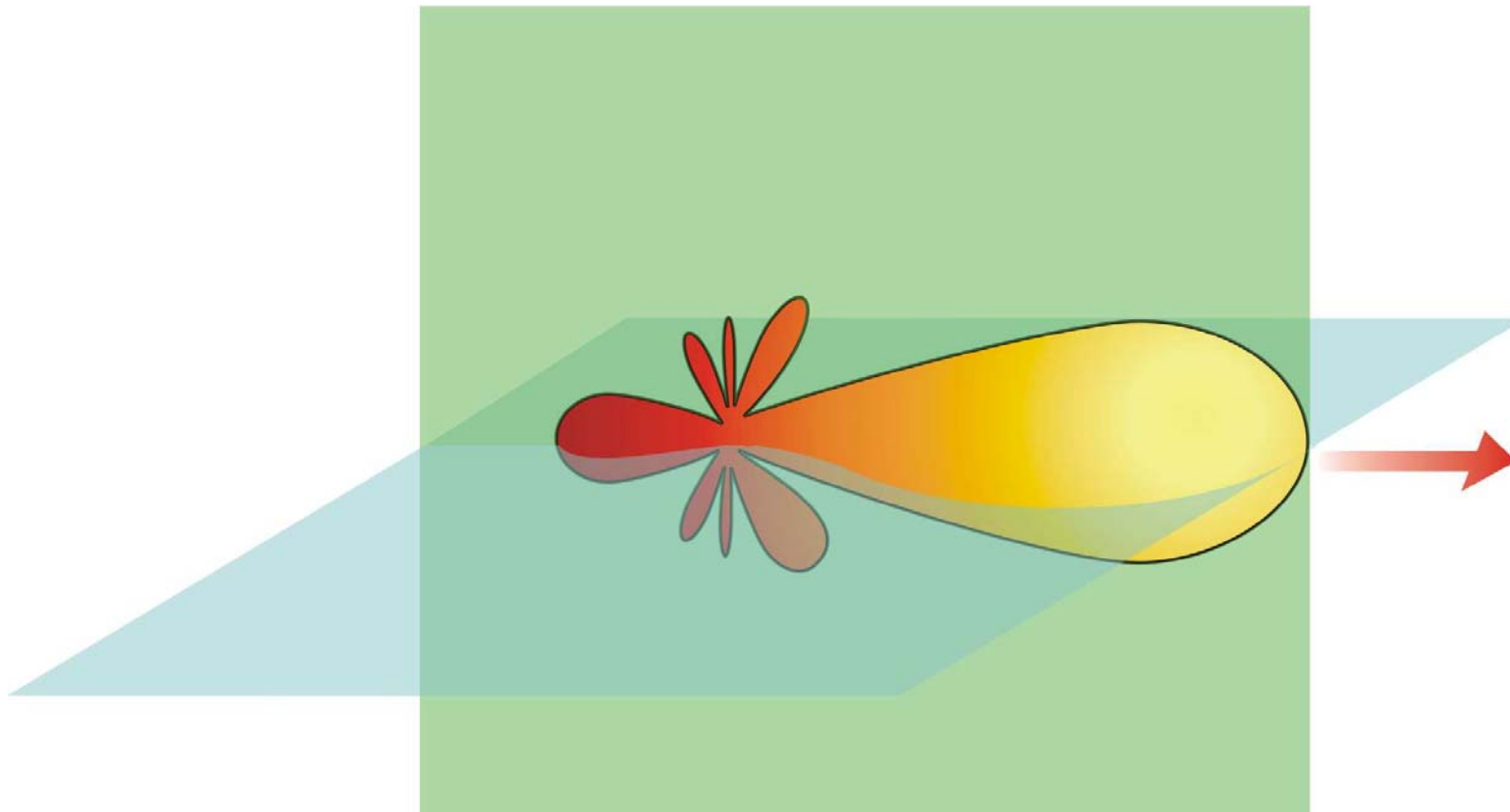
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Charakterystyka promieniowania anteny

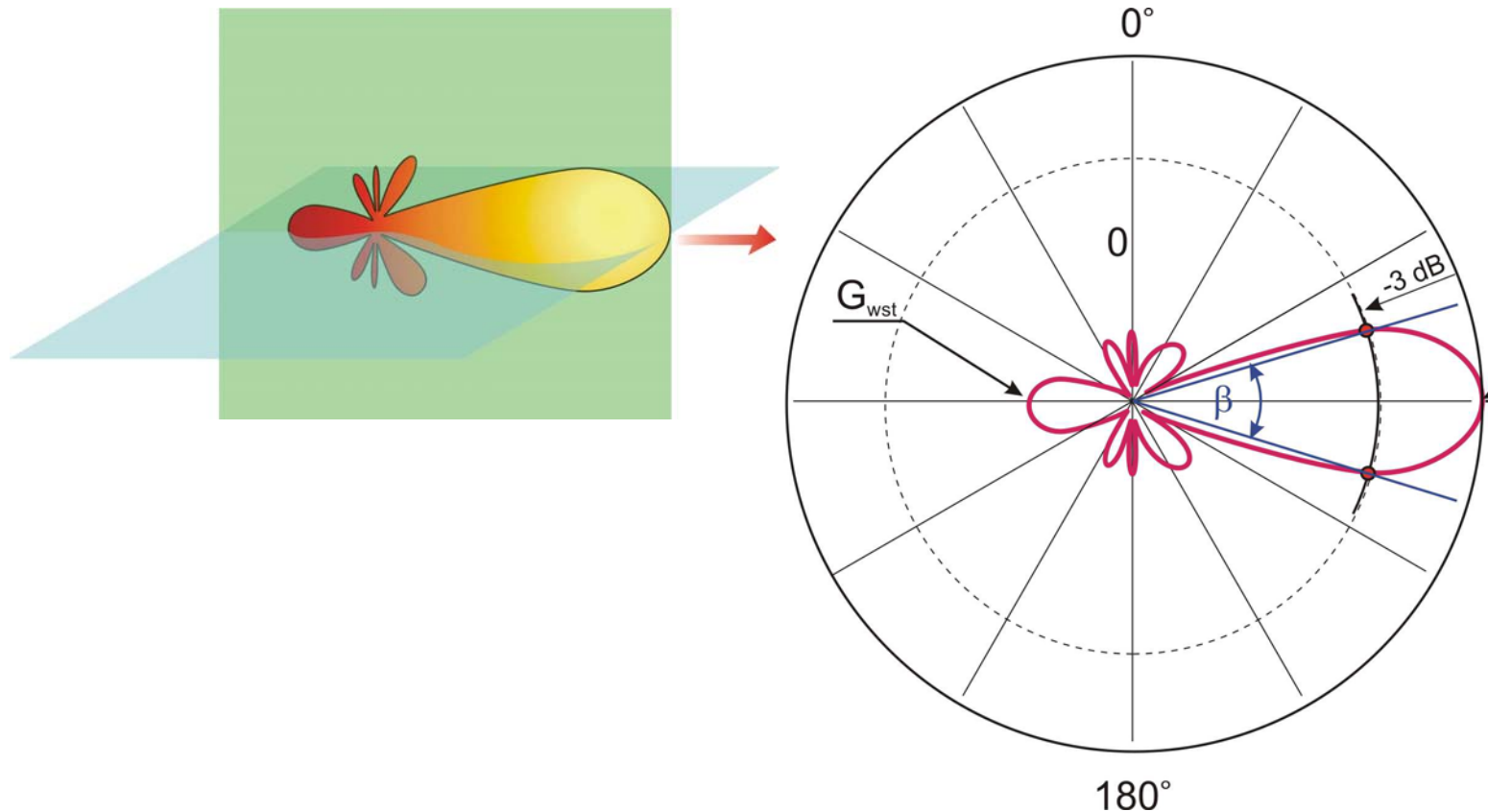


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2



# Charakterystyka promieniowania anteny





## Kierunkowość anteny

- Kierunkowość określa miarę zdolności anteny do koncentrowania energii w jednym, wyróżnionym kierunku.
- Zysk kierunkowy:

$$D(\theta, \varphi) = \frac{U(\theta, \varphi)}{\bar{U}}$$

- $U(\theta, \varphi)$  – gęstość promieniowania w danym kierunku,
  - $\bar{U}$  – uśredniona gęstość promieniowania.
- Maksymalną wartość zysku kierunkowego nazywamy kierunkowością anteny





## Zysk energetyczny

- Zysk energetyczny jest definiowany jako stosunek gęstości promieniowania w danym kierunku do mocy pobieranej przez antenę z zacisków wejściowych

$$G(\theta, \varphi) = \frac{4\pi U(\theta, \varphi)}{P_{we}}$$

- Wartość  $G(\theta, \varphi)$  określa się na ogół dla kierunku maksymalnego promieniowania – zysk maksymalny:

$$G = \frac{4\pi U_{\max}}{P_{we}}$$

- Zysk i kierunkowość wiąże sprawność energetyczna anteny:

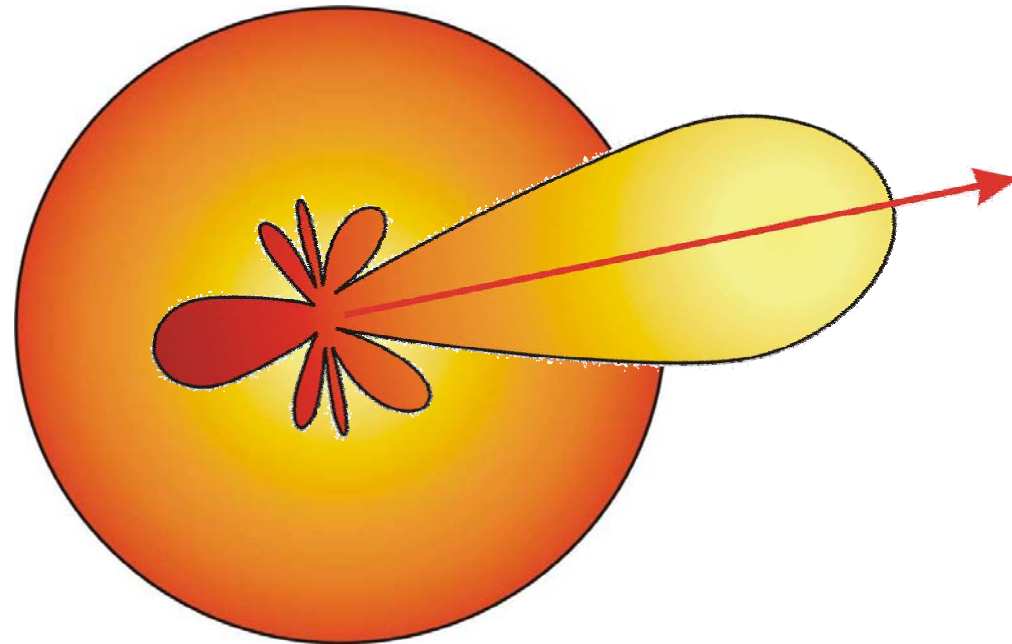
$$G = \eta D$$



## Zysk anteny

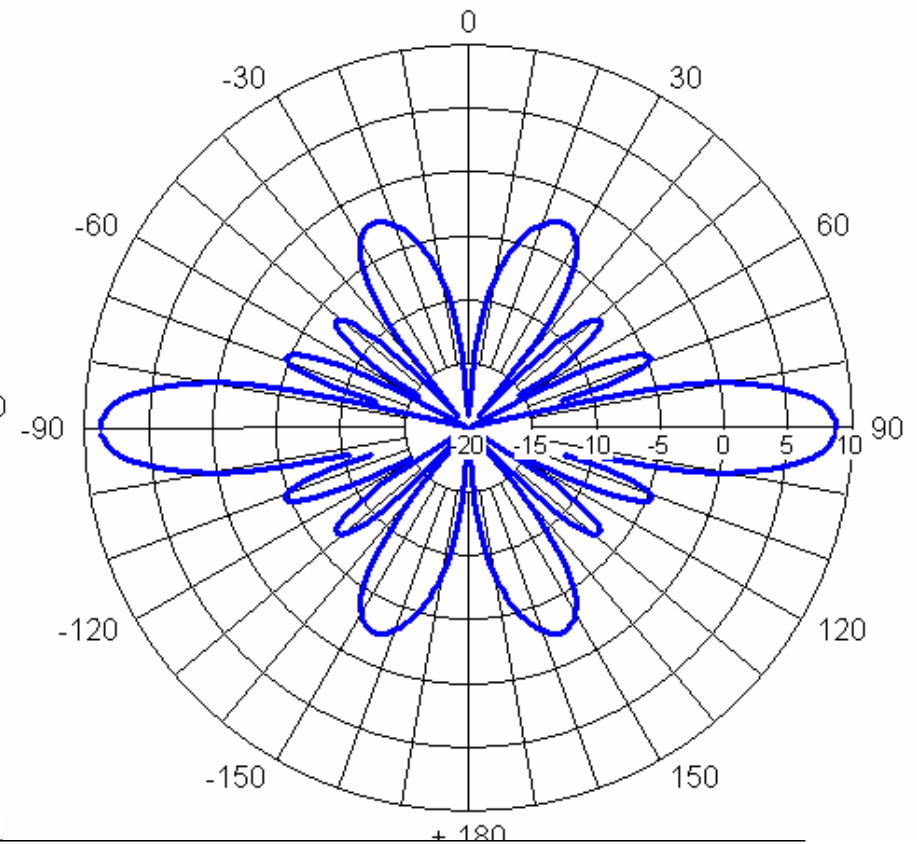
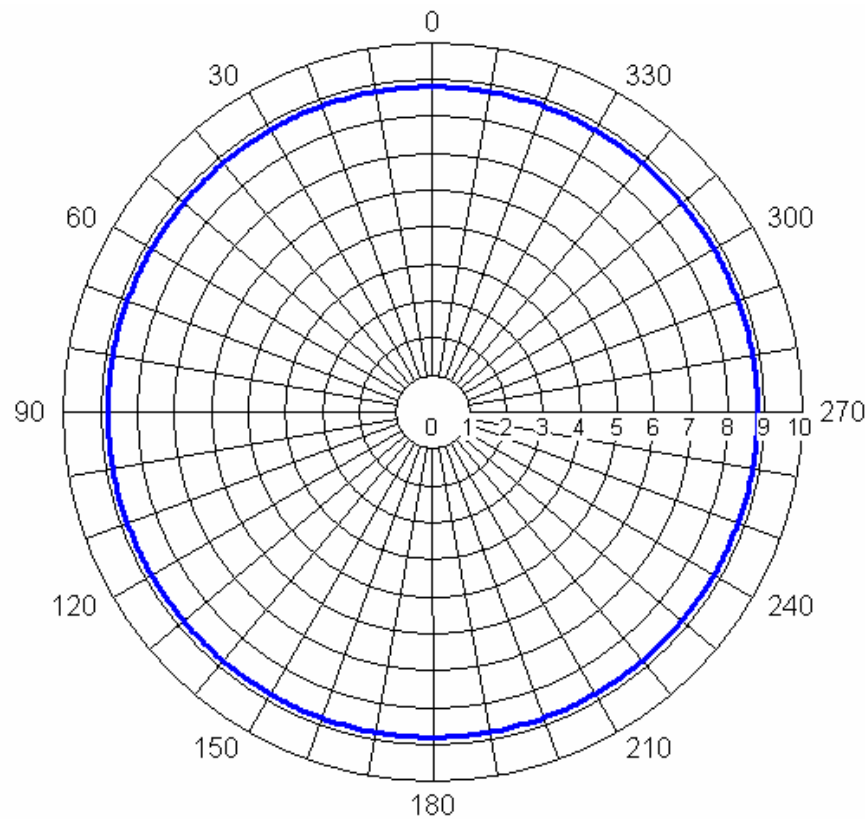
- Zysk energetyczny podaje się w odniesieniu do anten wzorcowych jakimi mogą być antena izotropowa lub dipol półfalowy.
- Zysk odniesiony do anteny izotropowej wyrażony jest w **dBi** i jest o 2.15 dB większy od zysku odniesionego do dipola półfalowego, wyrażonego w **dBd**.

$$G[dBi] = 10 \log_{10} \frac{P_{\max}}{P_i}$$





# Antena dookólna





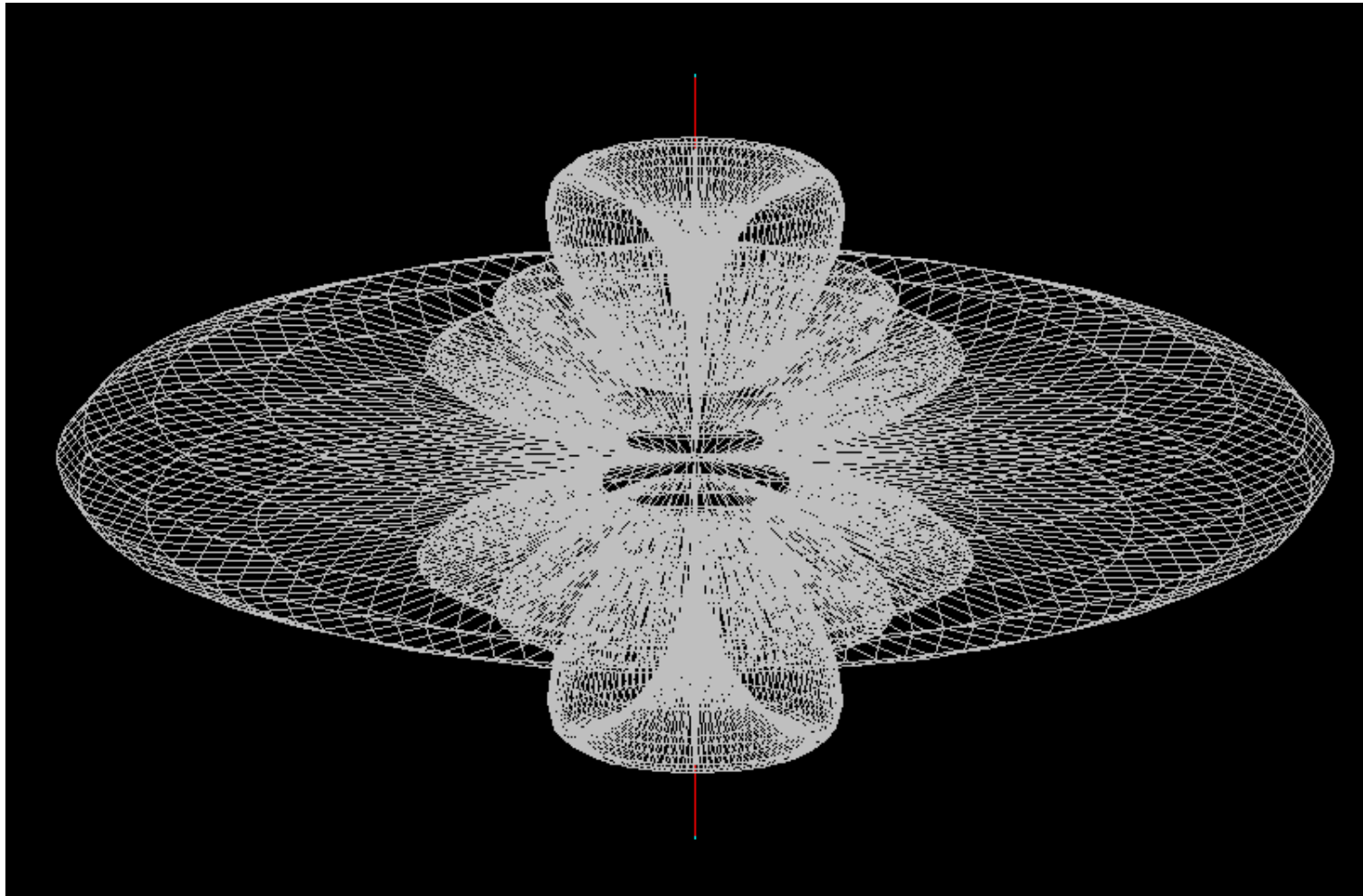
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Antena dookólna

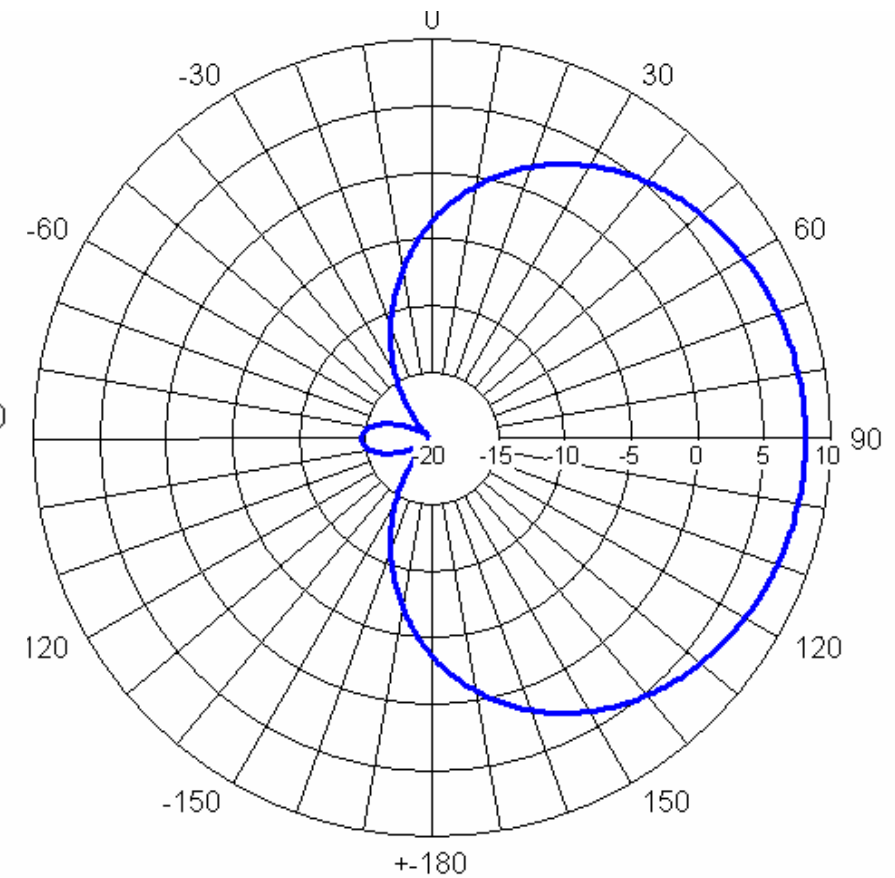
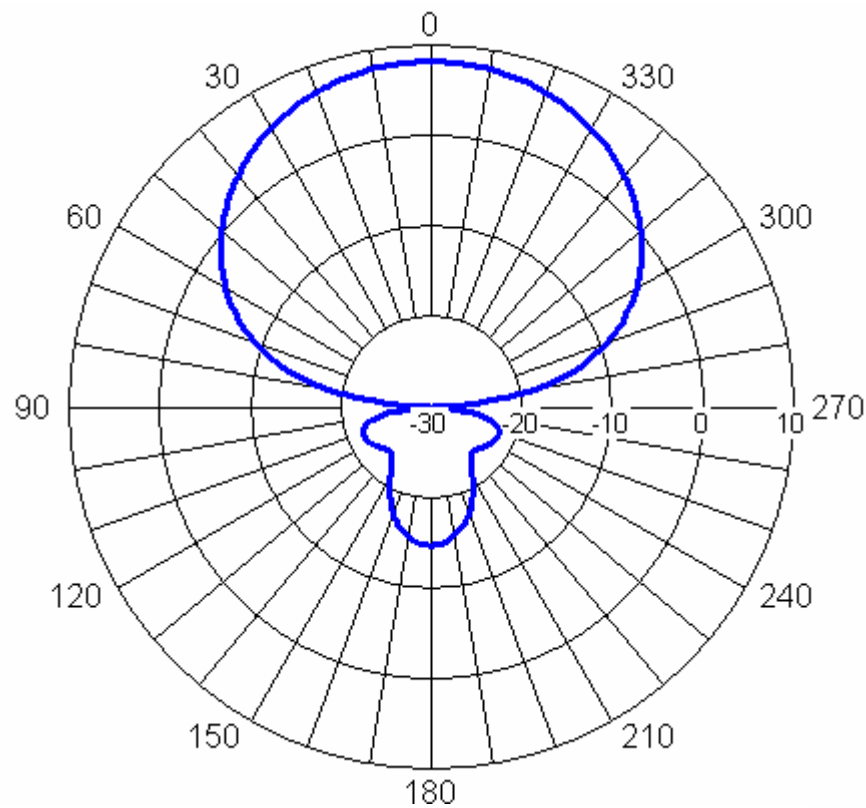


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*



## Antena kierunkowa







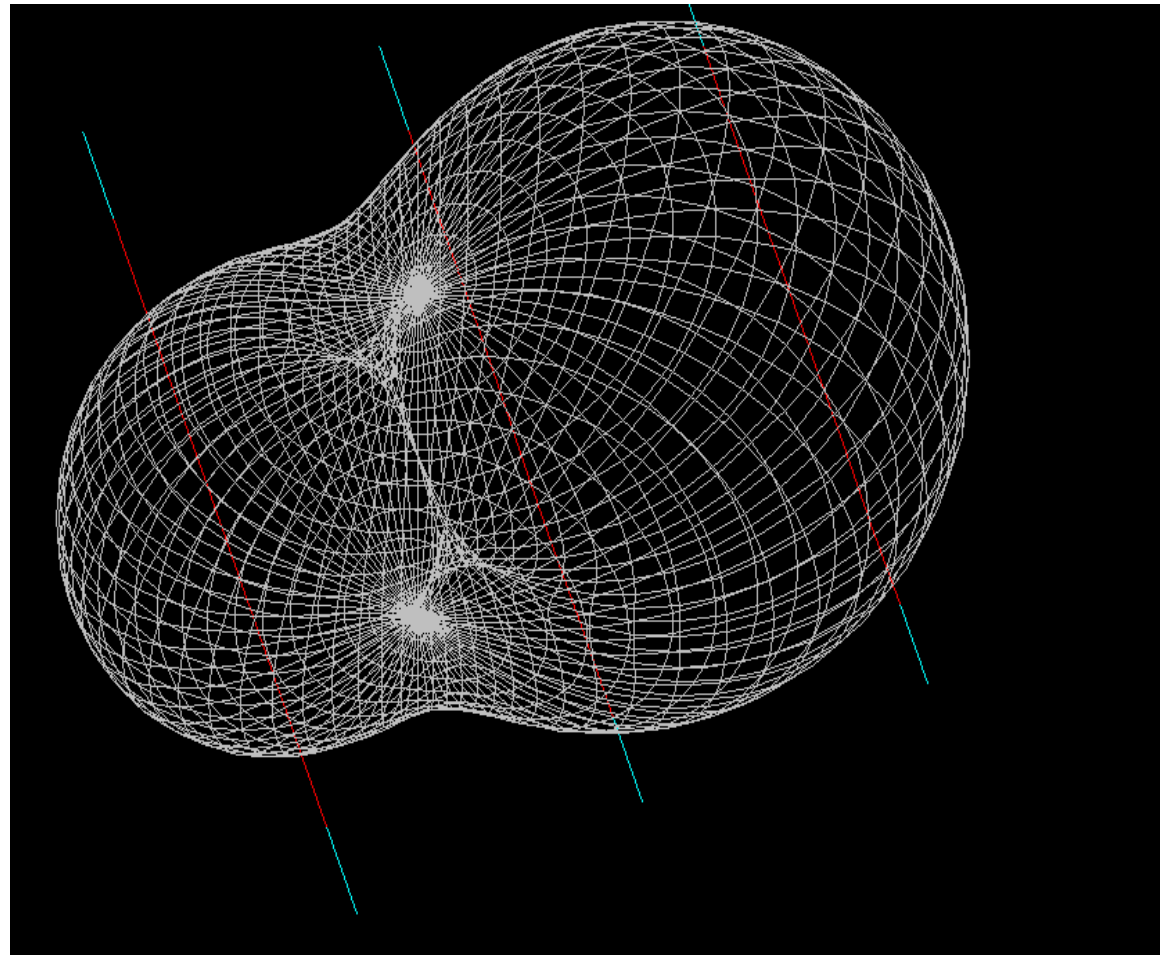
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Antena kierunkowa

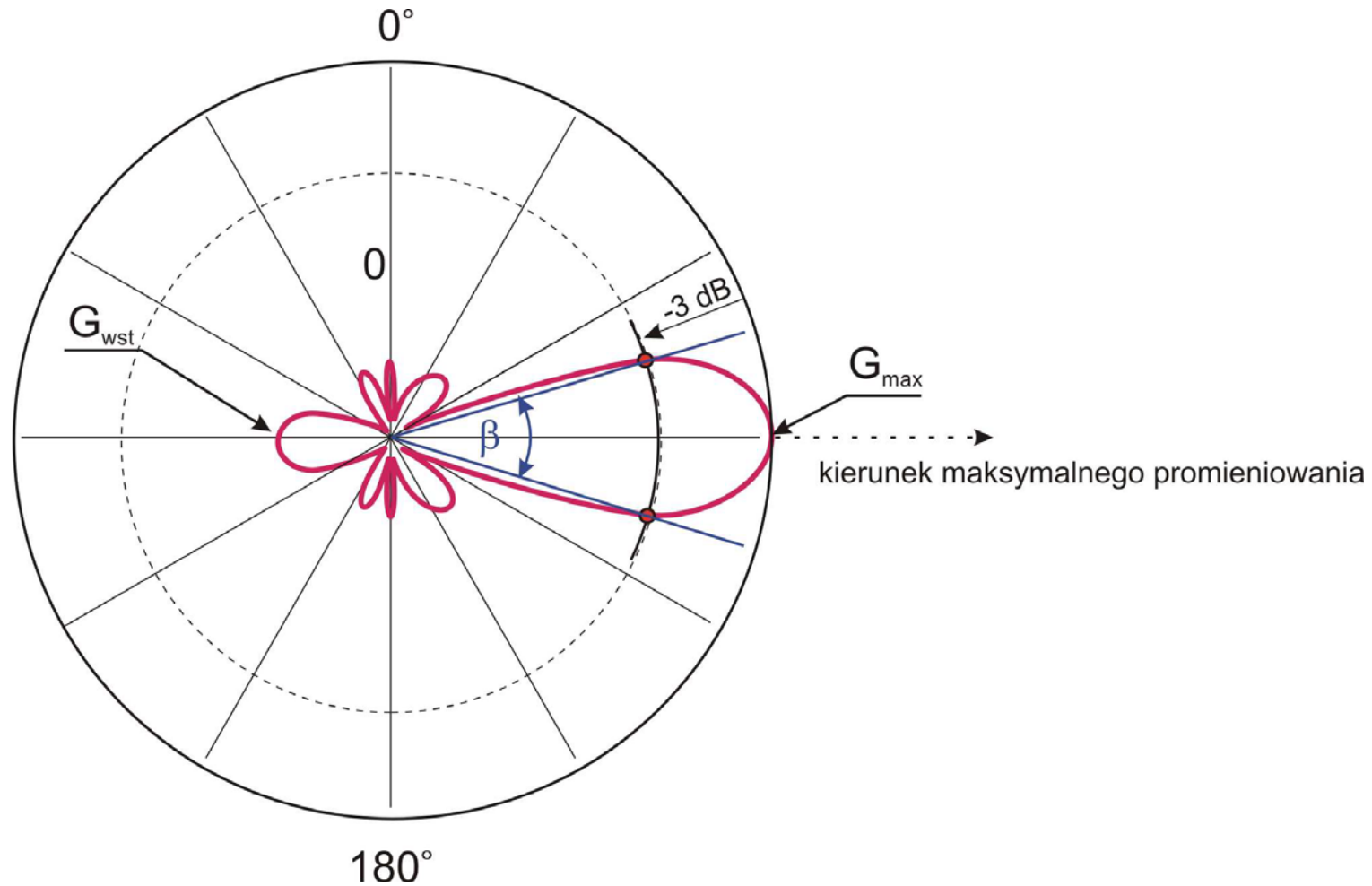


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2*



## Charakterystyka promieniowania





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Parametry określane na podstawie charakterystyki promieniowania

- Kierunek maksymalnego promieniowania
- Kąt połowy mocy (HP – ang. Half Power)
- Szerokość wiązki między zerami (BWFN – ang. Beam Width between First Null)
- Stosunek promieniowania głównego do wstecznego:  
 **$FBR [dB] = G_{max} [dB] - G_{wst} [dB]$**
- Poziom pierwszego listka bocznego





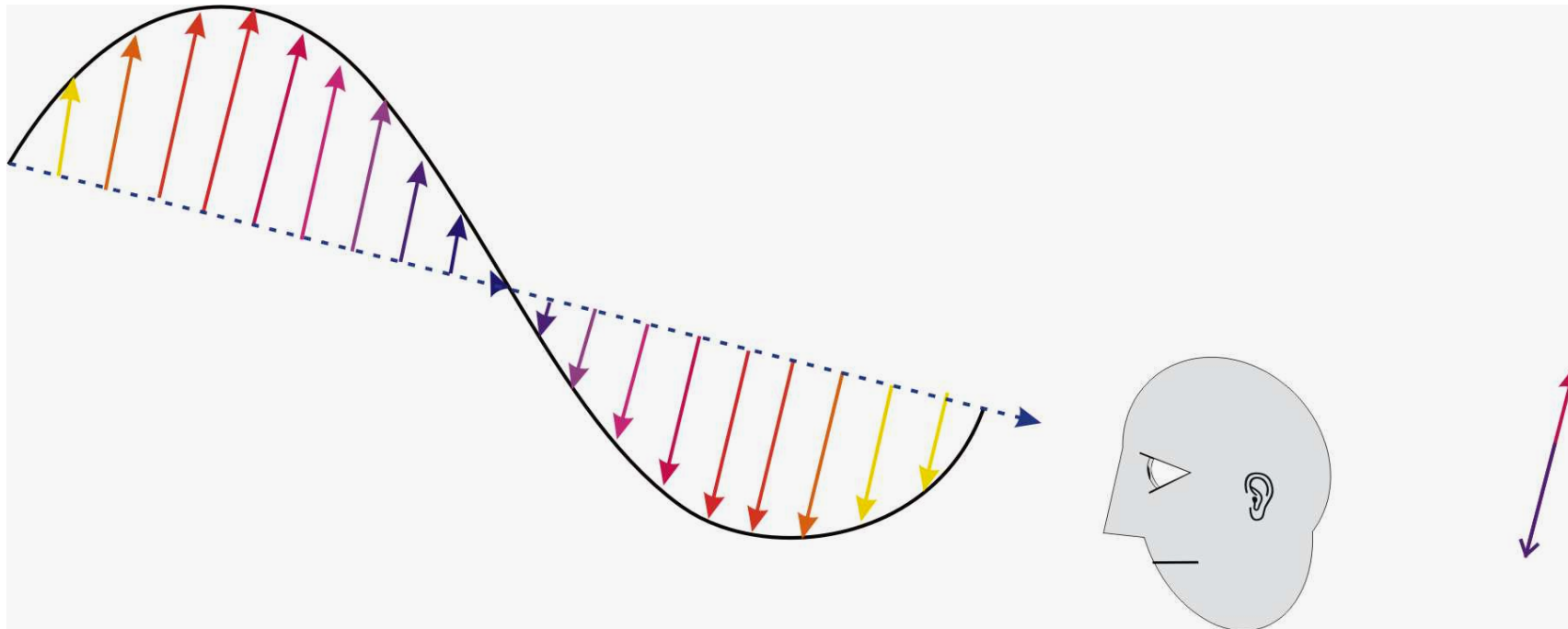
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Polaryzacja fali elektromagnetycznej



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2



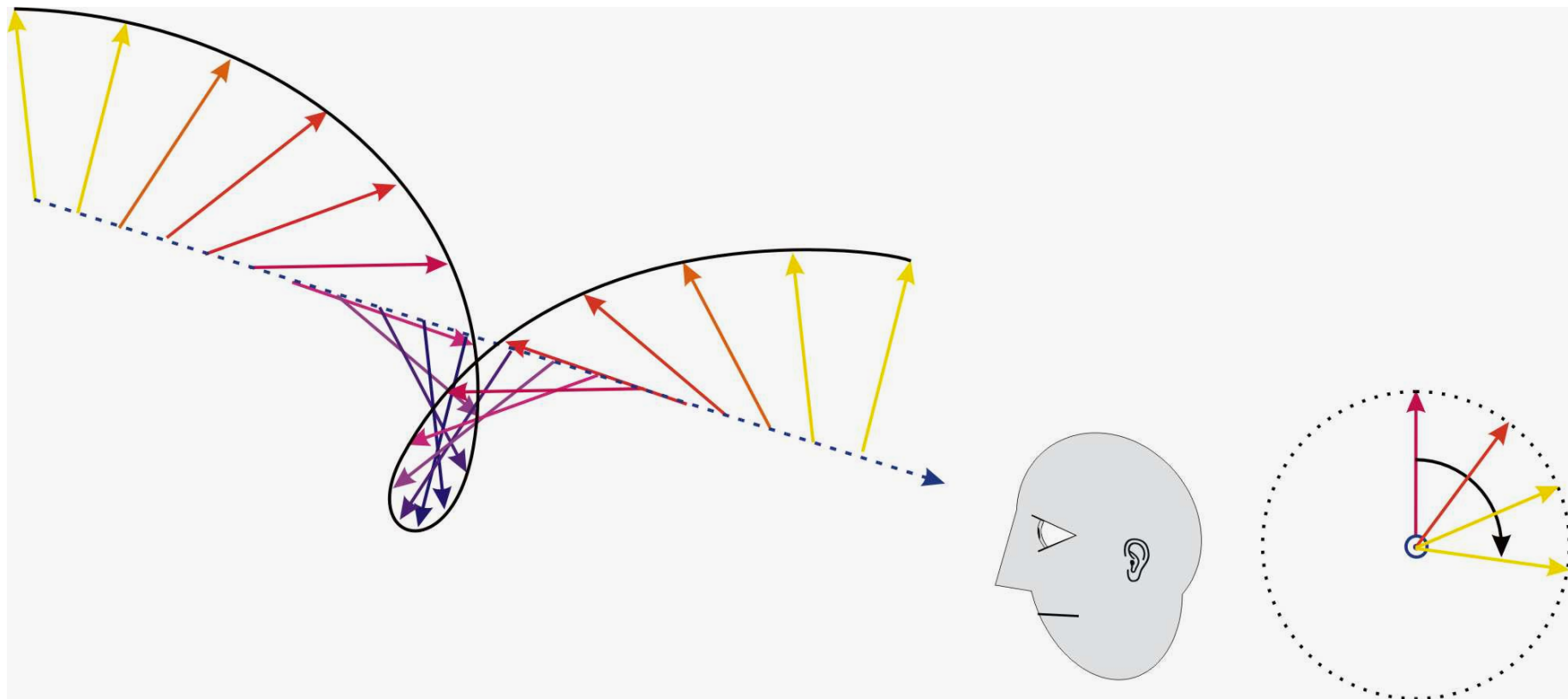
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Polaryzacja fali elektromagnetycznej



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2



## Polaryzacja anteny

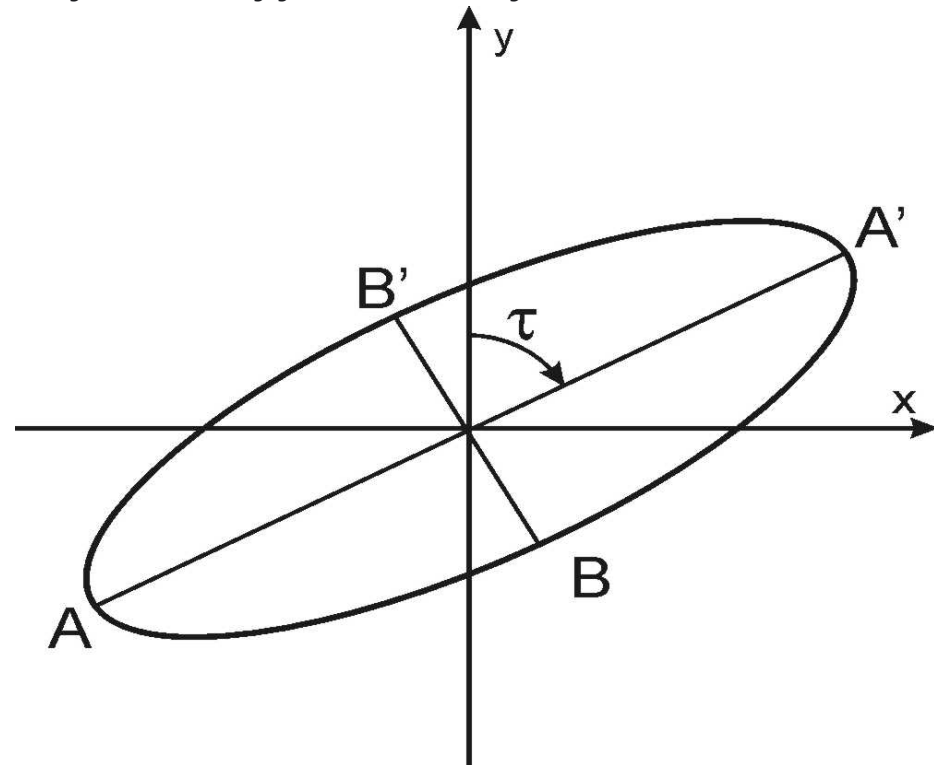
- Polaryzacja anteny określa polaryzację wytworzonej przez nią fali elektromagnetycznej.
- Zwykle polaryzacja anteny nie zmienia się w obrębie wiązki głównej.
- Polaryzacją podstawową nazywamy polaryzację jaką antena nadaje falam niosącym największą część energii.
- Polaryzacje liniową, określa się dodatkowo przez podanie orientacji płaszczyzny polaryzacji względem anteny (pionowa – płaszczyzna polaryzacji jest równoległa do osi  $z$ , pozioma – płaszczyzna polaryzacji jest równoległa do osi  $x$  i  $z$ ).
- Polaryzacje eliptyczną (w szczególności kołową) określa się skrętność polaryzacji dla określonego kierunku w przestrzeni.



## Polaryzacja anteny

- Współczynnik osiowy polaryzacji  $AR$  – eliptyczność
- $\tau$  jest kątem nachylenia elipsy polaryzacyjnej
- Eliptyczność w przypadku polaryzacji kołowej jest równa jedności.

$$AR = \frac{AA'}{BB'}$$





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

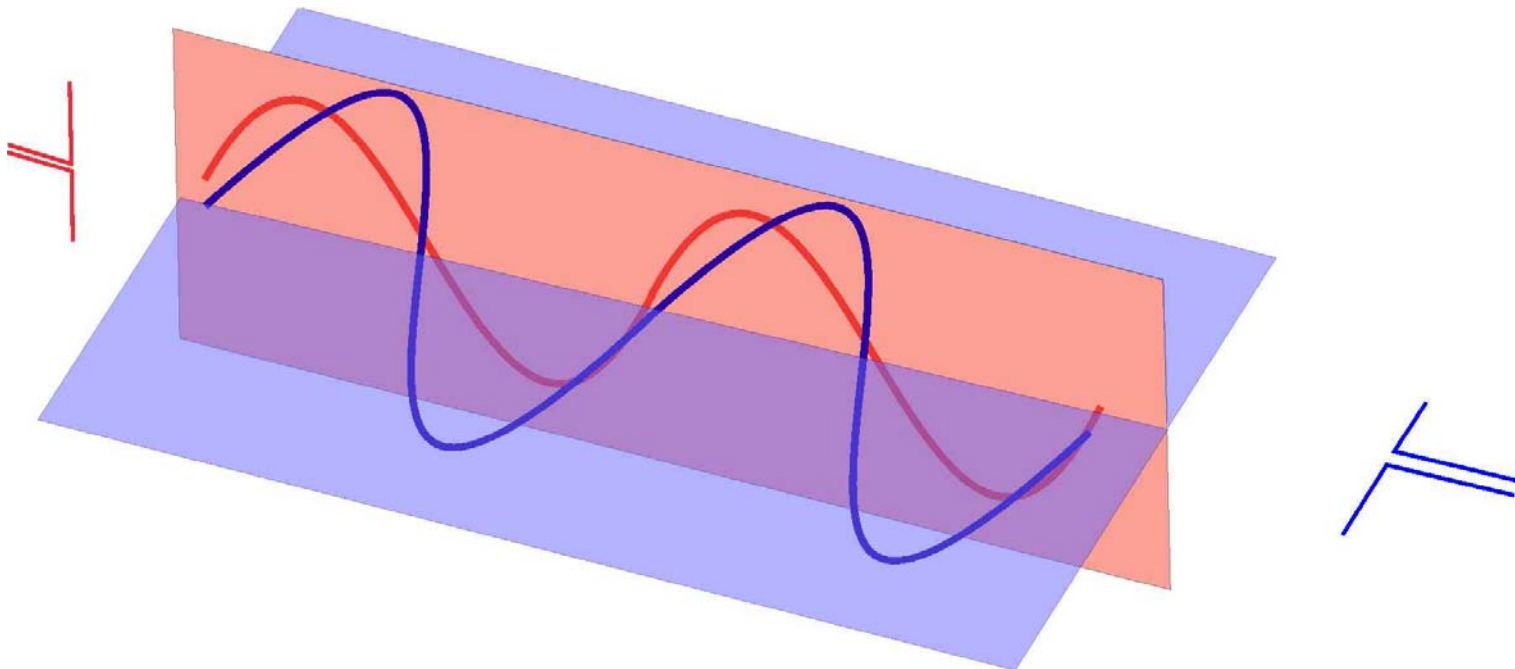
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Sprzężenie polaryzacyjne anten

- Polaryzacja ortogonalna
- Minimalne sprzężenie



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

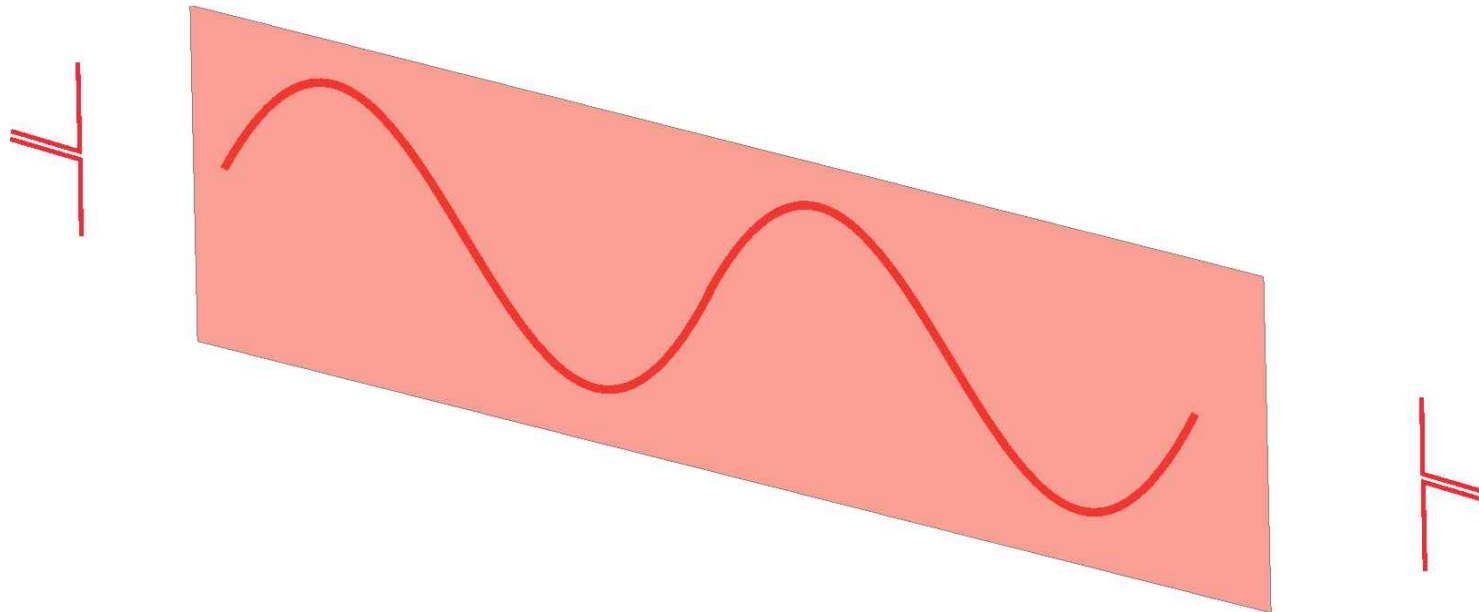
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Sprzężenie polaryzacyjne anten

- Polaryzacja zgodna
- Maksymalne sprzężenie

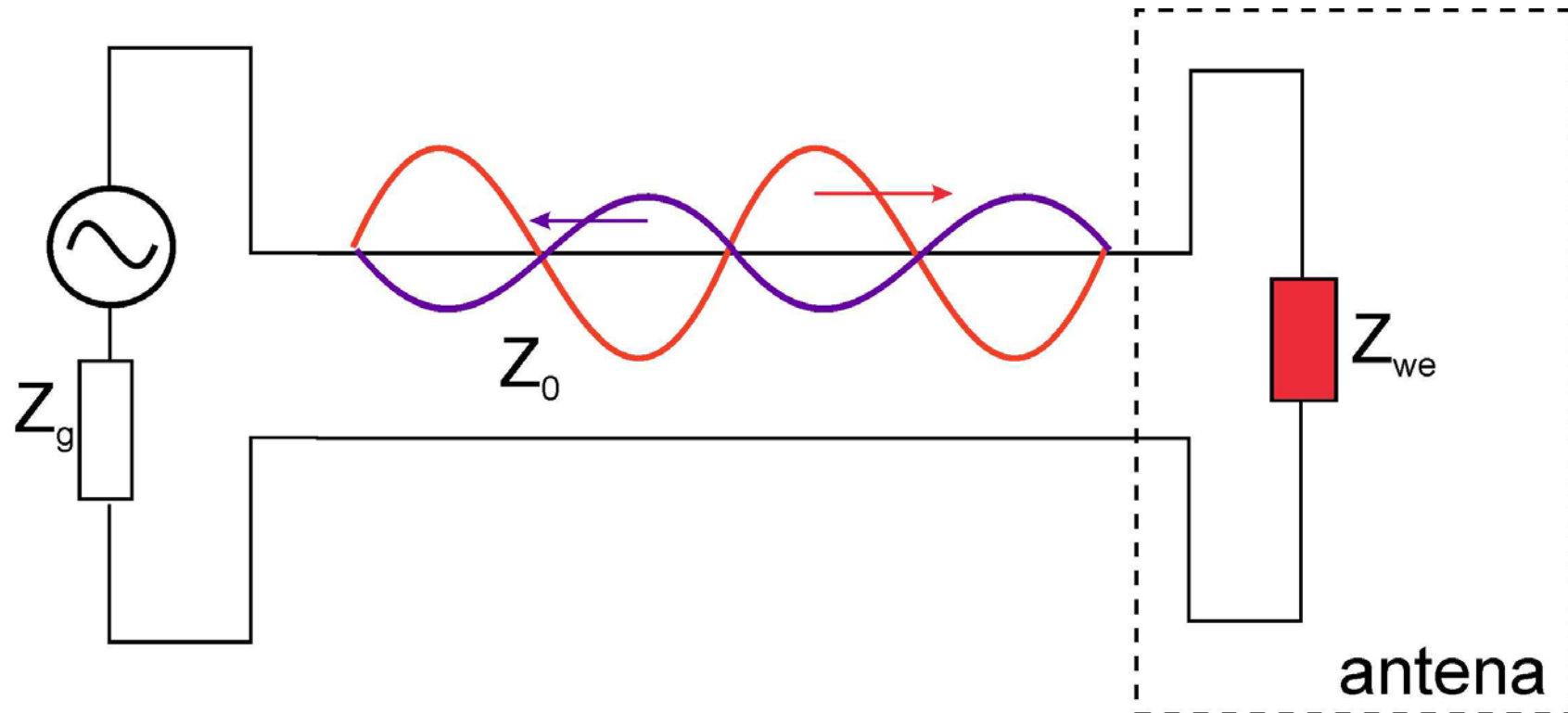


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1 i 2

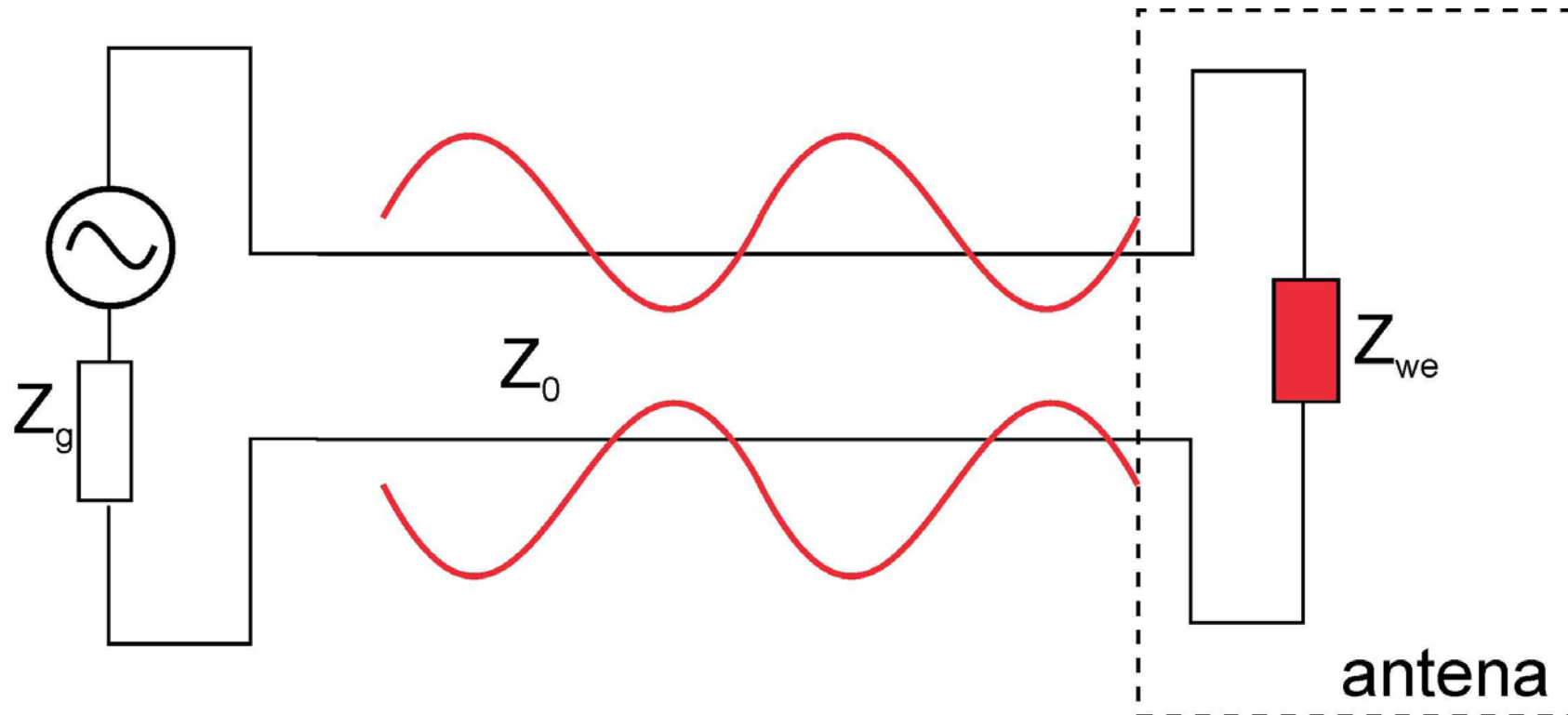


## Fale w linii zasilającej





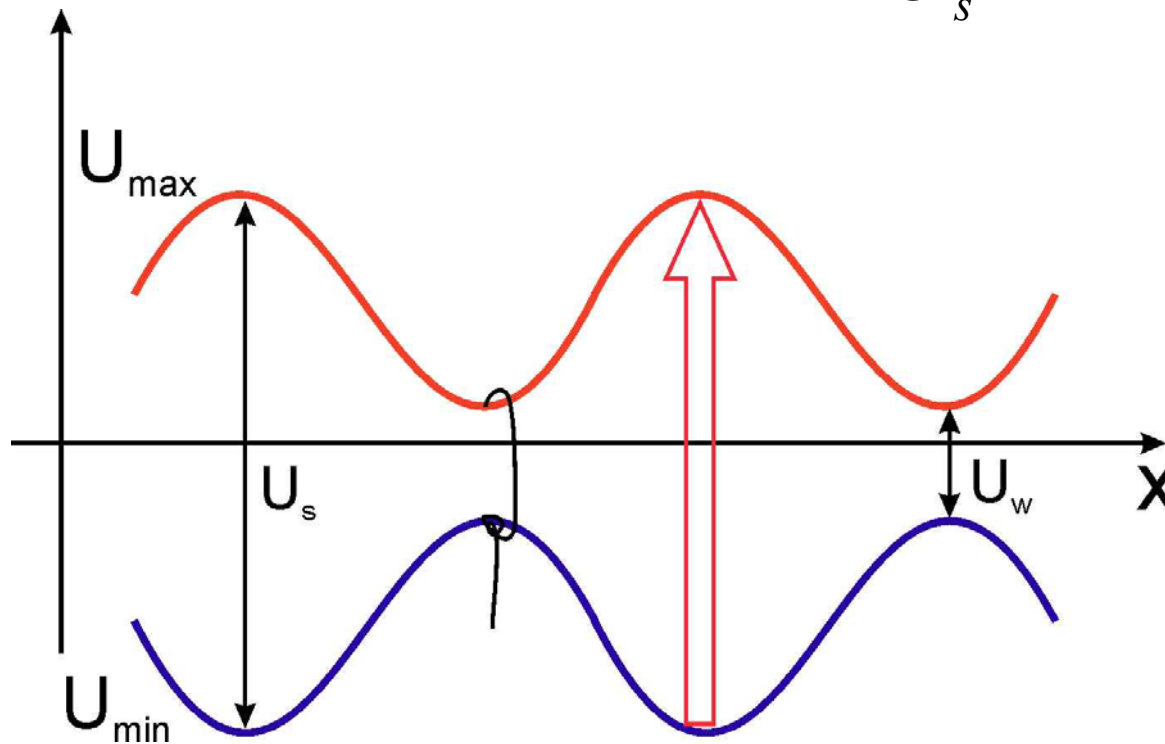
# Fala stojąca





## Współczynnik fali stojącej

$$WFS = \frac{U_w}{U_s}$$





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

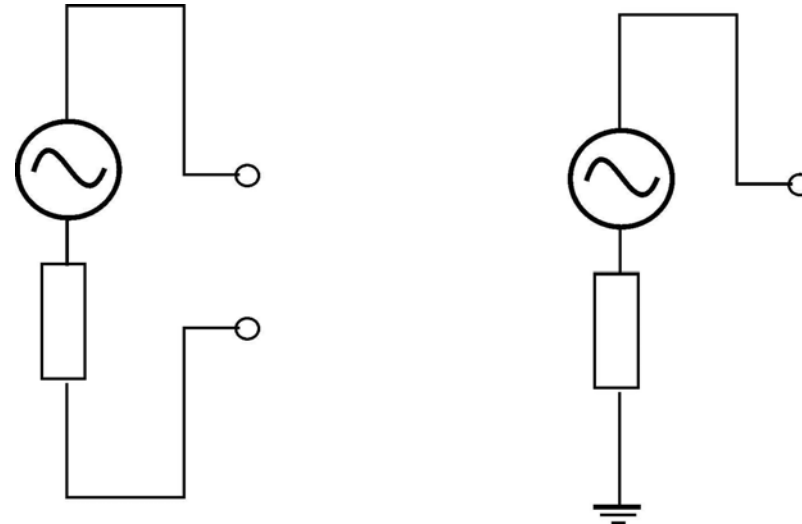
## Współczynnik fali stojącej

- Opisuje odstrojenie impedancyjne anteny
- Zakres zmian:  $1 \leq WFS \leq \infty$
- Wykorzystywany do definiowania pasma impedancyjnego anteny
- WFS określa się dla wszystkich elementów toru antenowego



## Parametry elektryczne

- Temperatura szumowa
- Maksymalna moc wejściowa
- Maksymalne napięcie wejściowe
- Sposób doprowadzenia zasilania:
  - Symetryczne
  - niesymetryczne
- Typ złącza mikrofalowego:
  - N
  - SMA
  - SMB
  - DIN
  - BNC
  - UHF





## EIRP

- Parametr opisujący nadajnik wyposażony w antenę, emitujący określoną moc
- EIRP - Effective Isotropic Radiated Power - moc promieniowania równoważną mocy wypromieniowywanej przez antenę izotropową
- $EIRP = P - L + G$  [W]
  - P – moc nadajnika
  - L – straty w linii zasilającej
  - G – zysk anteny





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Co należy zapamiętać

- Co to jest antena
- Parametry obwodowe:
  - Impedancja wejściowa
  - WFS
- Pasma anteny
- Parametry promieniowania
  - Charakterystyka promieniowania
  - Zysk
- Polaryzacja anten





Łukasz Januszkiewicz

## Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej

---

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Bezprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”

Dziękuję za uwagę



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna  
współfinansowana przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego  
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń  
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –  
zarządzanie Uczelnią,  
nowoczesna oferta edukacyjna  
i wzmacniania zdolności do zatrudniania  
osób niepełnosprawnych”*



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,  
tel. 042 631 28 83  
[www.kapitalludzki.p.lodz.pl](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)