



Elementi di  
telecomunicazioni



# I fenomeni oscillatori

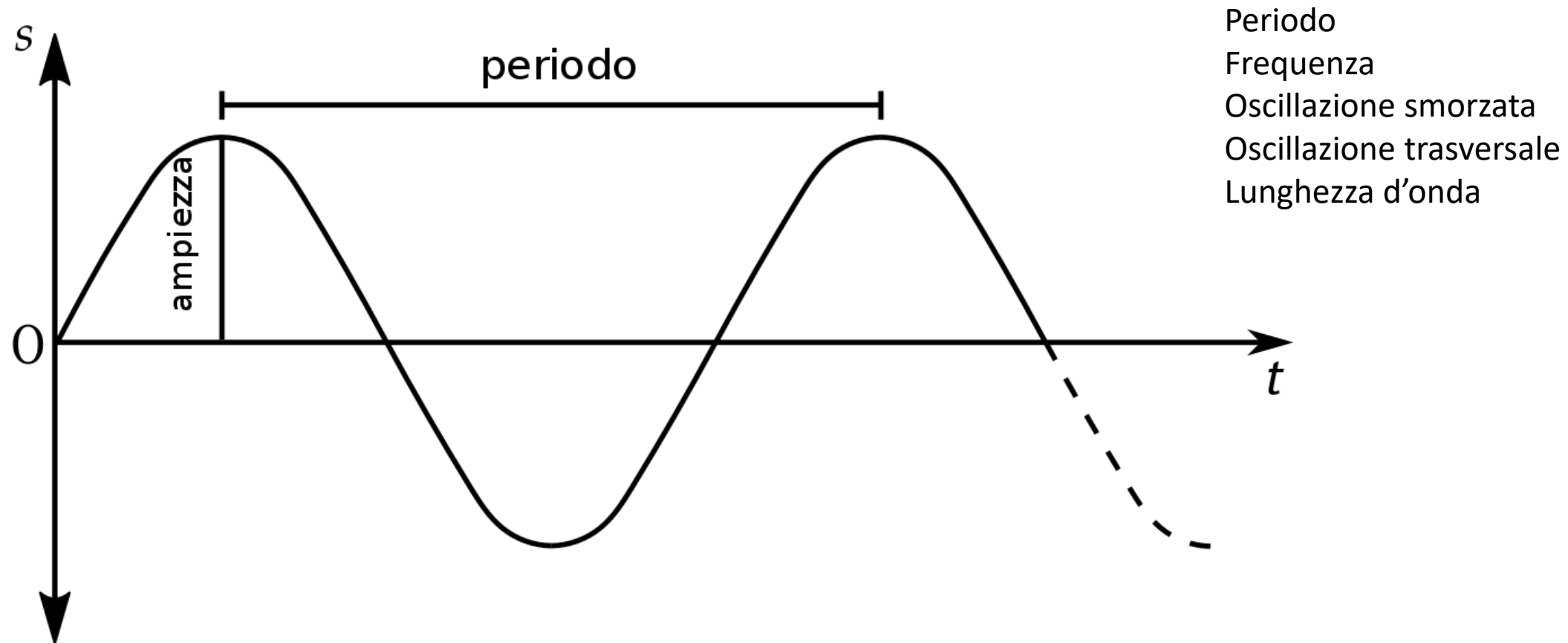
# Tipi di oscillazioni

Meccaniche

Sonore

Elettromagnetiche

# Meccaniche



# Sonore



Andamento sinusoidale



Onde longitudinali (stesso senso della propagazione)



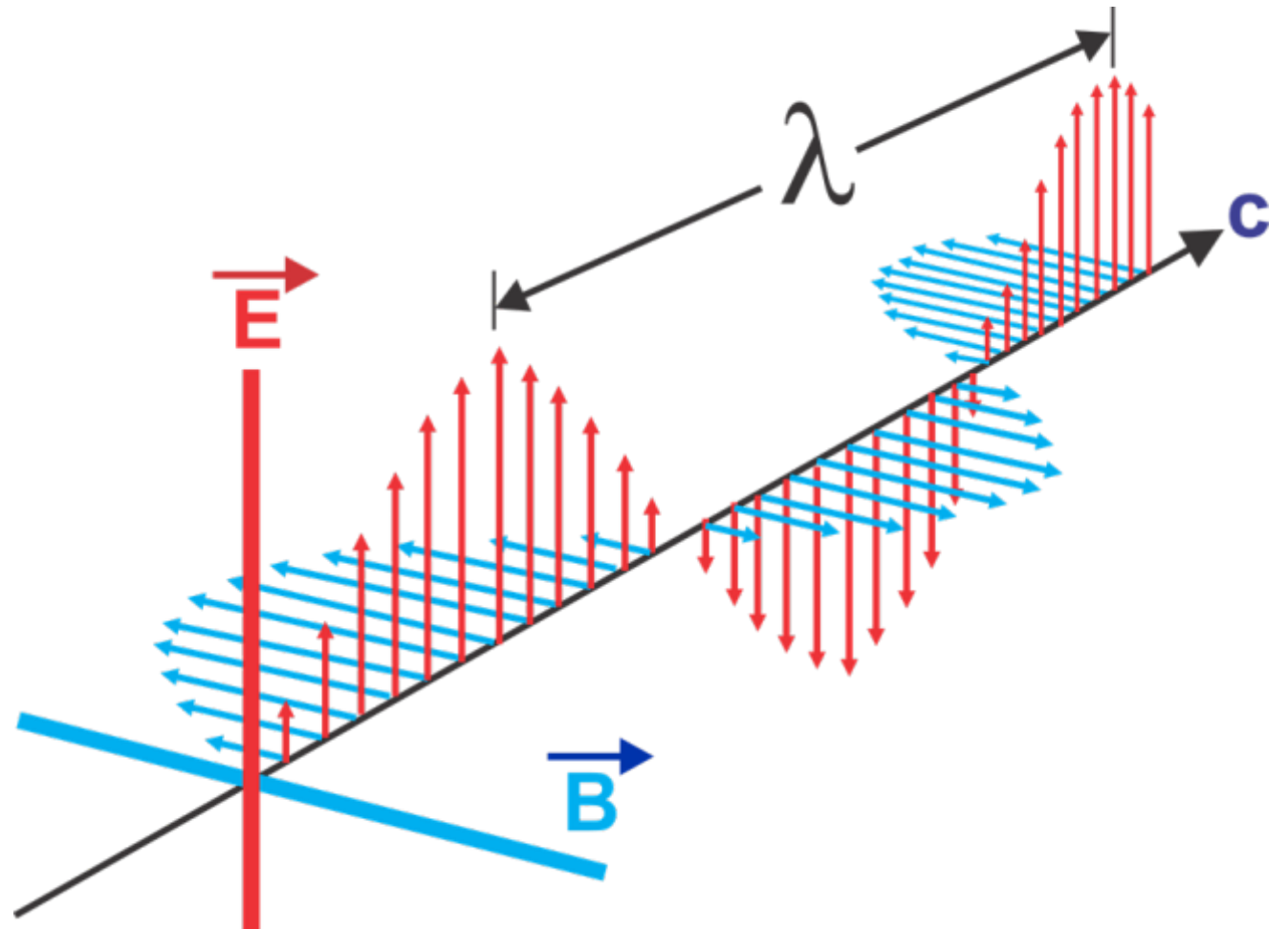
25 Hz – 15000 Hz



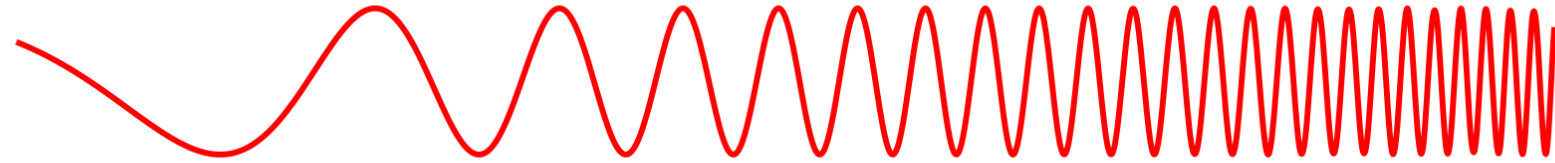
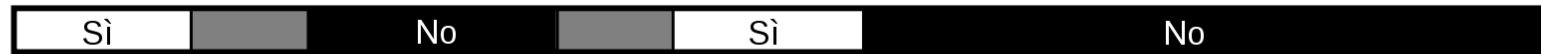
Velocità 330 m/s

# Elettromagnetiche

- Sia campo elettrico che campo magnetico (prodotto dal campo elettrico)
- Influenzate notevolmente dal mezzo
- Velocità di  $3 \times 10^8$  m/s per la luce
- Riflessione
- Rifrazione
- Diffrazione
- Diffusione
- Attenuazione



Penetra l'atmosfera terrestre?



Tipo di radiazione  
Lunghezza d'onda (m)

**Radio**  
 $10^3$

**Microonde**  
 $10^{-2}$

**Infrarosso**  
 $10^{-5}$

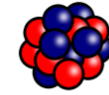
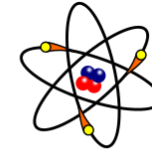
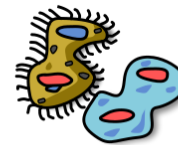
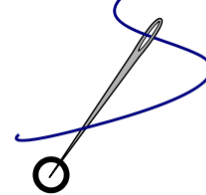
**Visibile**  
 $0.5 \times 10^{-6}$

**Ultravioletto**  
 $10^{-8}$

**Raggi X**  
 $10^{-10}$

**Raggi Gamma**  
 $10^{-12}$

Scala approssimativa  
della lunghezza d'onda



Edifici

Esseri umani

Farfalle

Punta di  
un ago

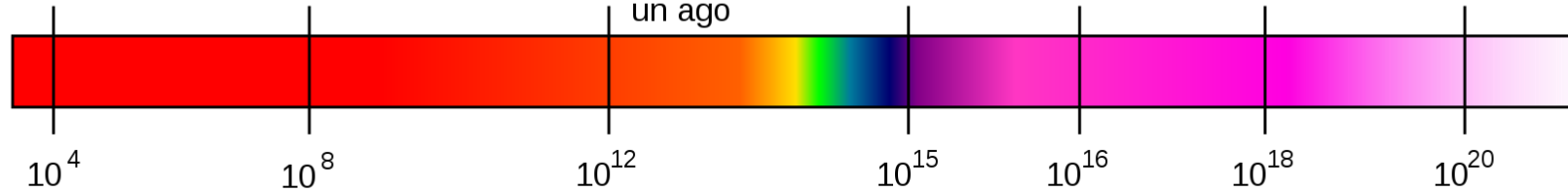
Protozoi

Molecole

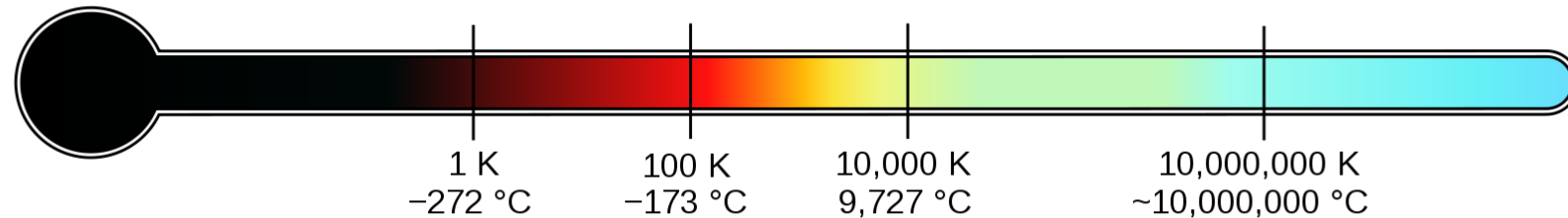
Atomi

Nuclei atomici

Frequenza (Hz)



Temperatura degli  
oggetti alla quale  
questa radiazione è  
la più intensa  
lunghezza d'onda  
emessa



nome	$f$ in Hz	$\lambda$ in m	indicazione	esempi
	$10^{-1}$			
		$10^9$		Oscillazioni di terremoti, maree, ponti, torri, grattacieli, pendoli di orologio
	$10^0$			
bassa frequenza	3 Hz	$10^8$		telescriventi
				frequenze industriali
BF	30 Hz	$10^7$		16 Hz 25 Hz 50 Hz
				16 Hz (frequenze acustiche BF) (orecchio umano)
	300 Hz	$10^6$		300 Hz telefono
				3,4 kHz
Very Low Frequencies VLF	3 kHz	$10^5$	onde miriametriche	
				20 kHz ultrasuoni
Low Frequencies LF	30 kHz	$10^4$		
			onde chilometriche	150 kHz onde lunghe
	300 kHz	$10^3$		285 kHz 525 kHz
Medium Frequencies MF			onde ettometriche	onde medie 1605 kHz
	3 MHz	$10^2$		radio 3,95 MHz
High Frequencies HF			onde decametriche	onde corte 26,1 MHz 40 MHz
Very High Frequencies VHF	30 MHz	$10^1$		47 MHz 30 MHz
			onde metriche	televisione 790 MHz
Ultra High Frequencies UHF	300 MHz	$10^0$		
			onde decimetriche	
Super High Frequencies SHF	3 GHz	$10^{-1}$		ipersuoni
			onde centimetriche	
Extremely High Frequencies EHF	30 GHz	$10^{-2}$		gamma infrarossi, luce e raggi x
			onde millimetriche	40 GHz ponti radio, radar
	300 GHz	$10^{-3}$		

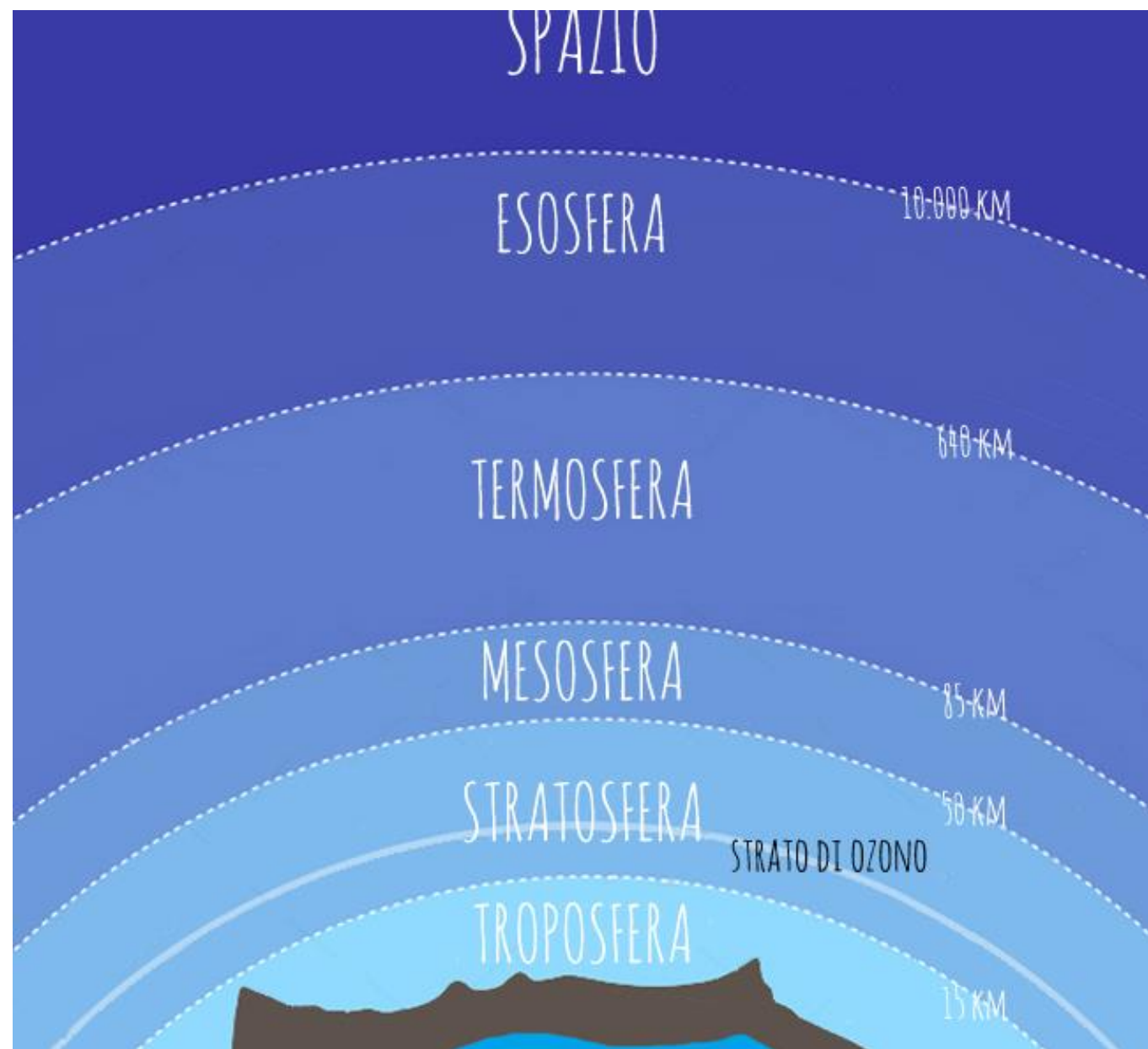


A dark blue, irregular ink splash or watercolor blotch serves as the background for the text. It has a textured, painterly appearance with some lighter blue and white areas visible within the splash. The text is centered within this splash.

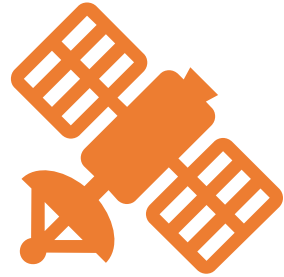
# Propagazione delle onde elettromagnetiche

# Atmosfera

Mezzo mutevole



# Tipi di propagazione



## Onda spaziale

Comunicazione a grande distanza



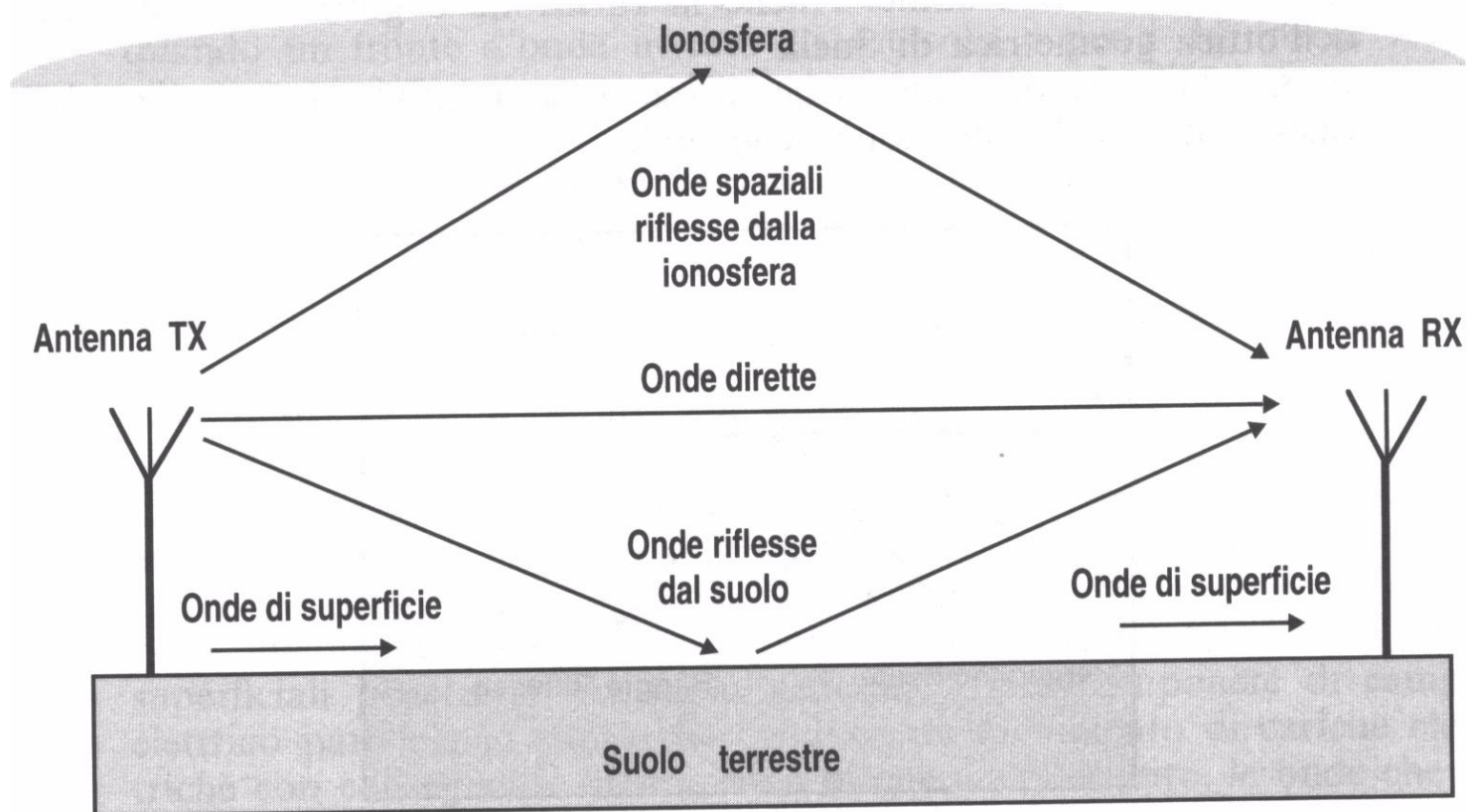
## Onda terrestre

Onda diretta

Onda riflessa

Onda di superficie

# Tipi di propagazione



# Onde terrestri

## Onda diretta

Assorbimento  
dipende da  
lunghezza d'onda

Stazioni in vista

## Onda riflessa

La terra riflette  
parte  
dell'irradiazione

## Onda di superficie

Onde lunghe  
scarsa  
attenuazione

Onde corte a  
brevi distanze

# Caratteristiche di propagazione



## **Frequenze basse (< 500kHz)**

Molto disturbate



## **Frequenze di radiodiffusione (500-1500 kHz)**

Attenuazione maggiore di giorno che di notte per la ionizzazione



## **Onde corte (1,5-3 mHz)**

No onda superficiale, usata per onda diretta, onda spaziale sotto certa distanza



## **Microonde (>30 mHz)**

Due antenne a distanza ottica



# Antenne e loro caratteristiche



# Antenna

- Permette di irradiare l'energia nello spazio e di captarla
- Fattori di progettazione
  - Frequenza onda da trasmettere
  - Potenza e rendimento
- Maggior attenzione alle trasmettenti che alle riceventi

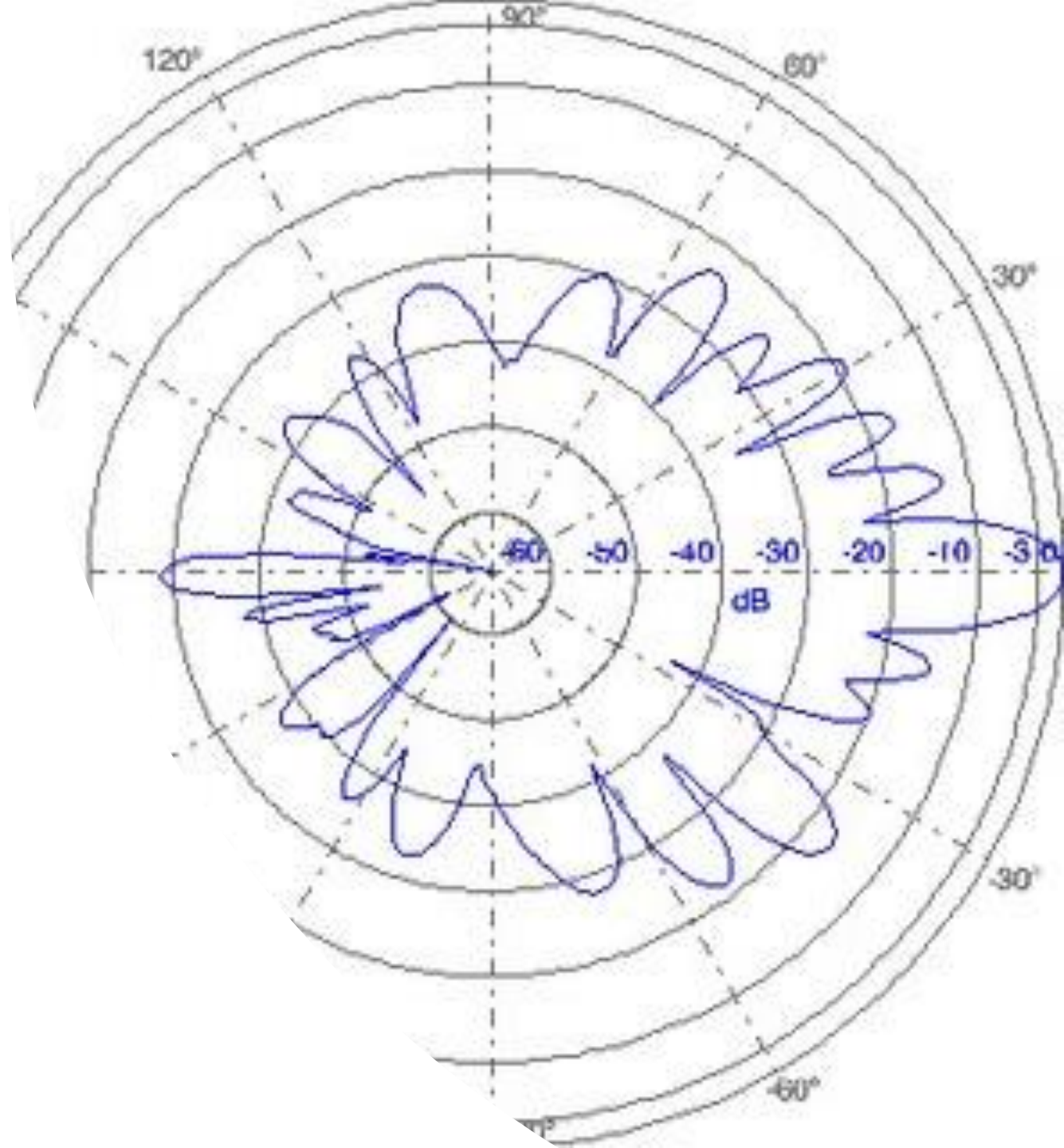


# Funzionamento antenna

- Conduttori alimentati da corrente alternata, si crea un campo elettrico poiché uno si carica negativamente e l'altro positivamente, che cambia con la stessa frequenza della tensione di alimentazione
- Ogni carica determina un campo magnetico
  - Campo indotto, quando tensione e corrente si invertono
  - Campo radiato, che viaggia nello spazio

# Diagramma di radiazione

- Un'antenna ideale (isotropa) irradia in tutte le direzioni, con legge sferica
- Nella realtà le antenne hanno una direzione privilegiata
  - Il guadagno è il rapporto tra la potenza in una direzione e la potenza isotropa
  - Fasci relativamente stretti
- Selettività e direttività

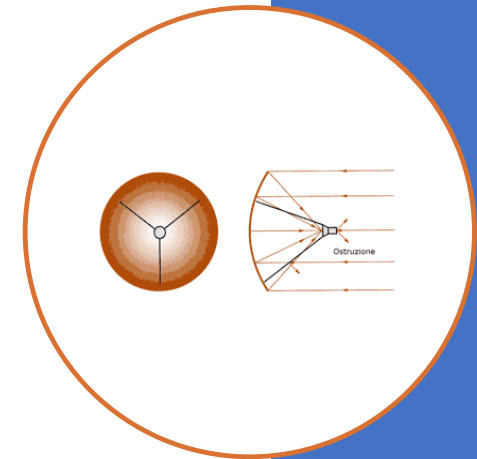


# Dipoli hertziani

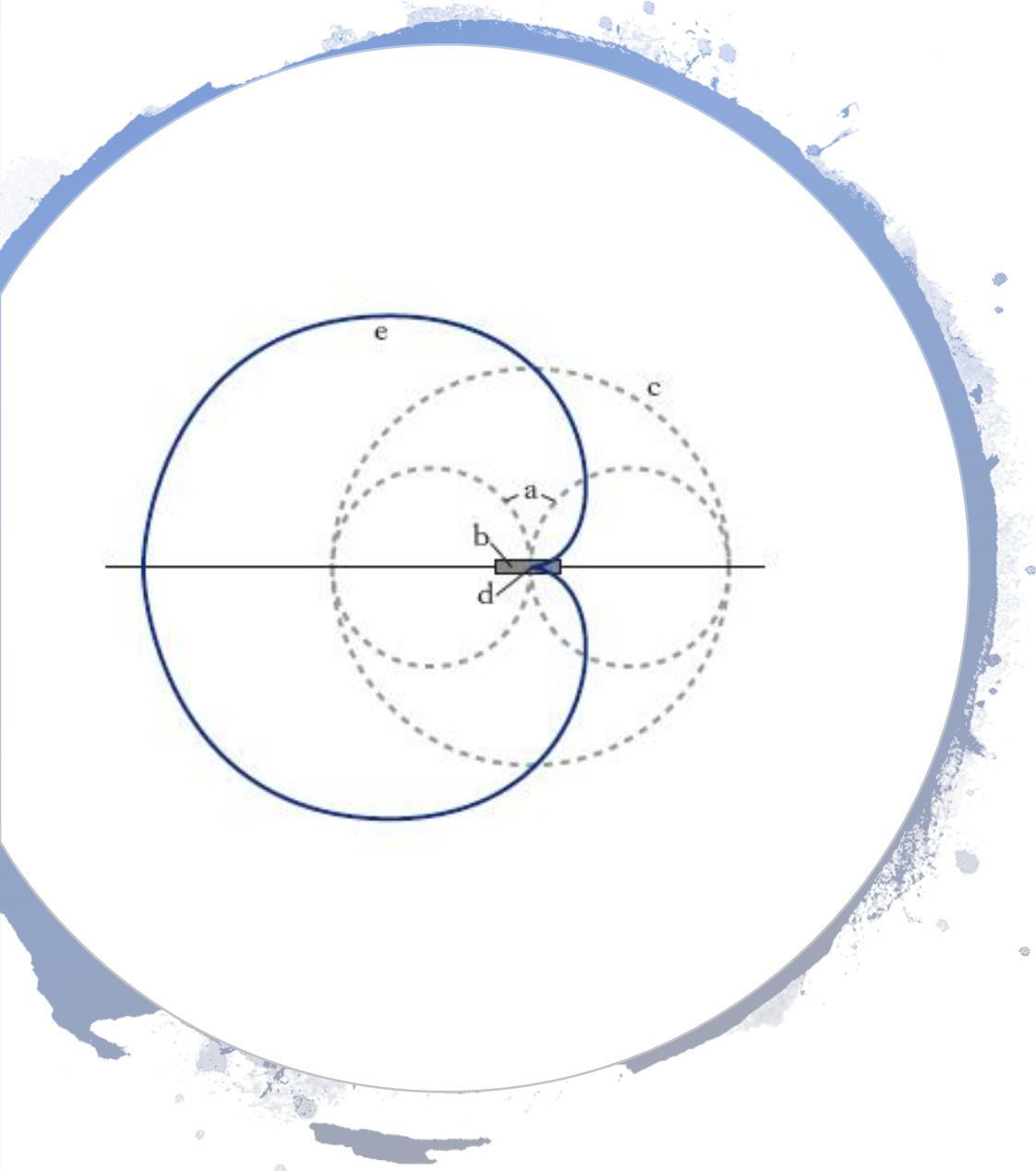
- Conduttore metallico con corrente alternata, RLC, distribuiti lungo il circuito → circuito oscillante aperto
- Frequenza di risonanza che dipende da distanza fra oscillatore e estremità a terra
  - Antenna marconiana →  $\frac{1}{4}$  di lunghezza d'onda
  - Antenna hertziana →  $\frac{1}{2}$  lunghezza d'onda
- Formano circuiti ad onde stazionarie in quanto gli elementi dissipativi sono trascurabili rispetto a reattanza e suscettanza
- Corrente al massimo alla base, tensione al massimo alla punta
- Antenna a filo → corrente massima in mezzo e minima ai due estremi, tensione alternata tra gli estremi

# Antenne direttive

- Irradiazione lobata, ossia racchiusa entro un dato angolo
- Riflettore parabolico
  - Paraboloide di rotazione metallico nel cui fuoco è presente un dipolo, schermato verso l'esterno
  - Raggi uscenti paralleli fra loro ed all'asse del paraboloide
  - La lunghezza d'onda deve essere molto bassa → onde ultra-corte o microonde (RADAR)



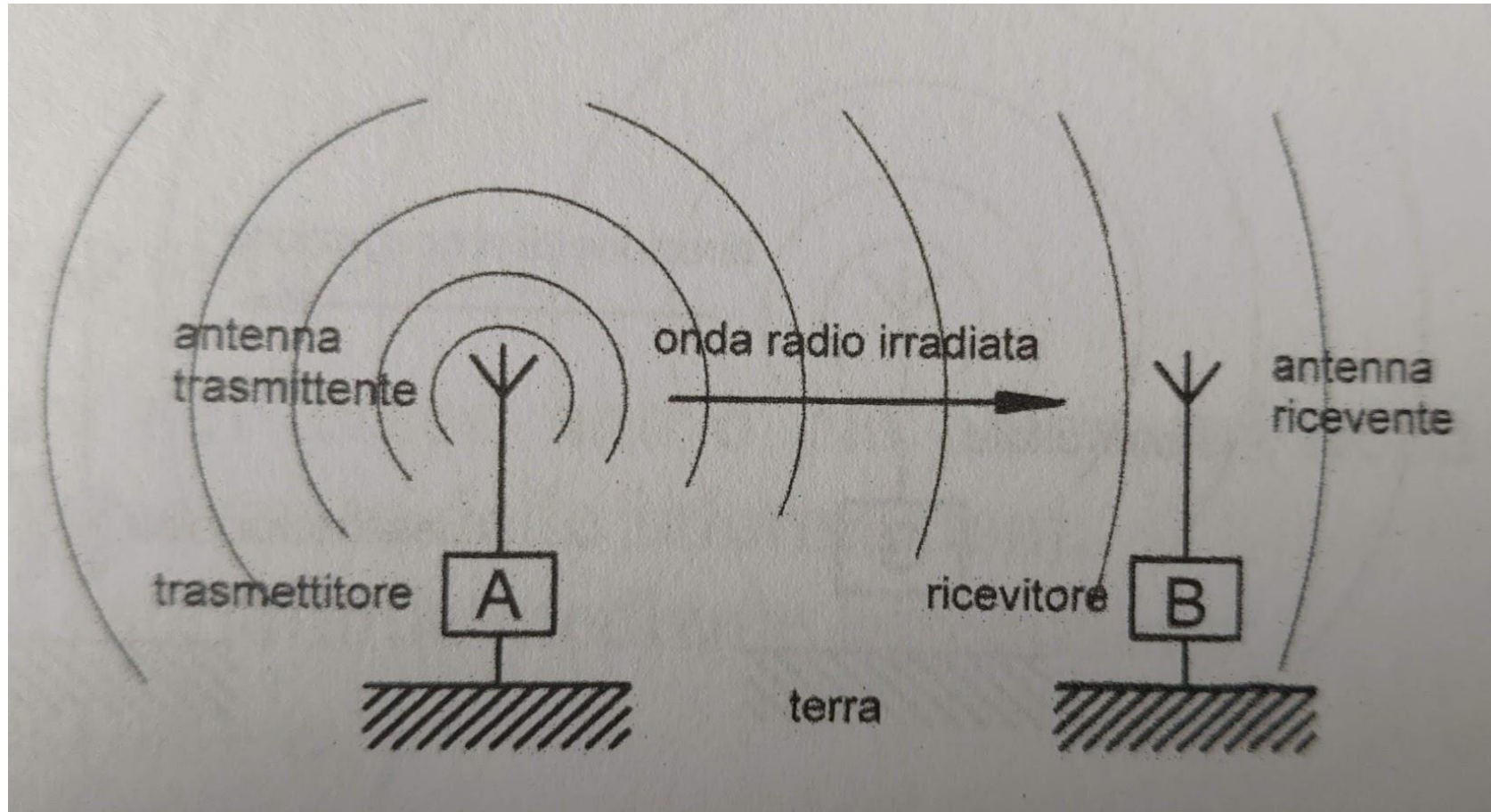
# Antenna a telaio



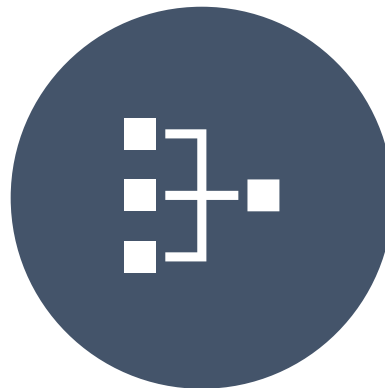
- Molto impiegate nella radiogonometria
- Normale circuito oscillatorio, con forma di spira rettangolare su piano verticale
  - La tensione indotta nell'antenna varia in funzione dell'angolo tra il piano dell'antenna e la direzione di incidenza dell'onda (zeri per  $90^\circ$  e  $180^\circ$ )
  - La direzione della stazione si cerca basandosi sul minimo segnale di ricezione
  - Per il verso si aggiunge un'antenna non direttiva → lo zero è ora solo sul piano del telaio

Radiotrasmissione

# Funzionamento generale



# Trasmettitore



OSCILLATORE CHE  
GENERA UNA PORTANTE



MODULATORE





Ricevitore

---

Rivelazione o  
demodulazione

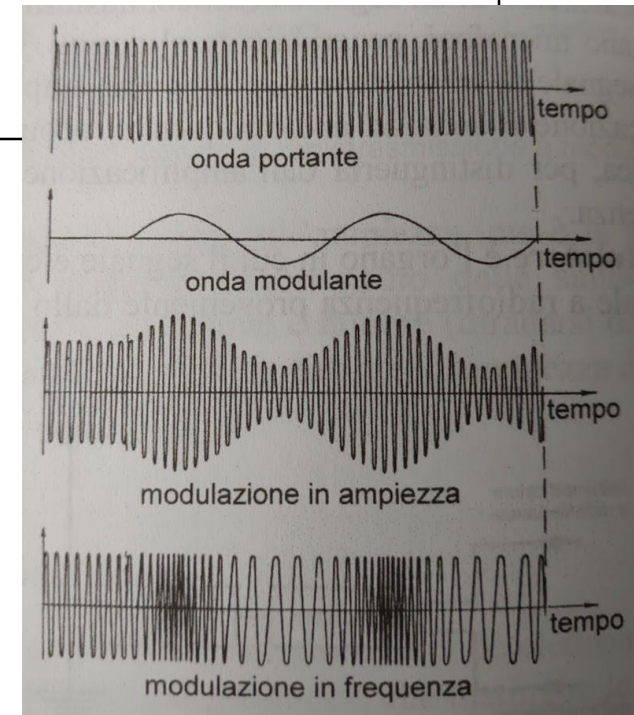
---

Dall'oscillazione modulata  
ricava una tensione simile  
a quella nel trasmettitore

# Modulazione

$$a = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

- Ampiezza  $\rightarrow$  cambia  $A$
- Frequenza  $\rightarrow$  cambia  $\omega$



# Radiotrasmettitore

- Generatore di tensione ad alta frequenza
- Trasduttore, capace di trasformare in grandezza elettrica il segnale che si vuole propagare nello spazio
- Modulatore, capace di sovrapporre alla tensione ad alta frequenza la tensione proveniente dal segnale
- Antenna, il cui compito è quello di irradiare le onde elettromagnetiche con una potenza sufficiente perché la propagazione raggiunga il radioricevitore

# Radoricevitore

- Ha il compito di rendere disponibile il segnale ricevuto dall'onda elettromagnetica che investe l'antenna
- Si fa passare la corrente ad alta frequenza in un raddrizzatore che taglia una semionda → corrente pulsata unidirezionale
- La corrente pulsata fa variare la magnetizzazione del nucleo della bobina ed attira o respinge la lamina

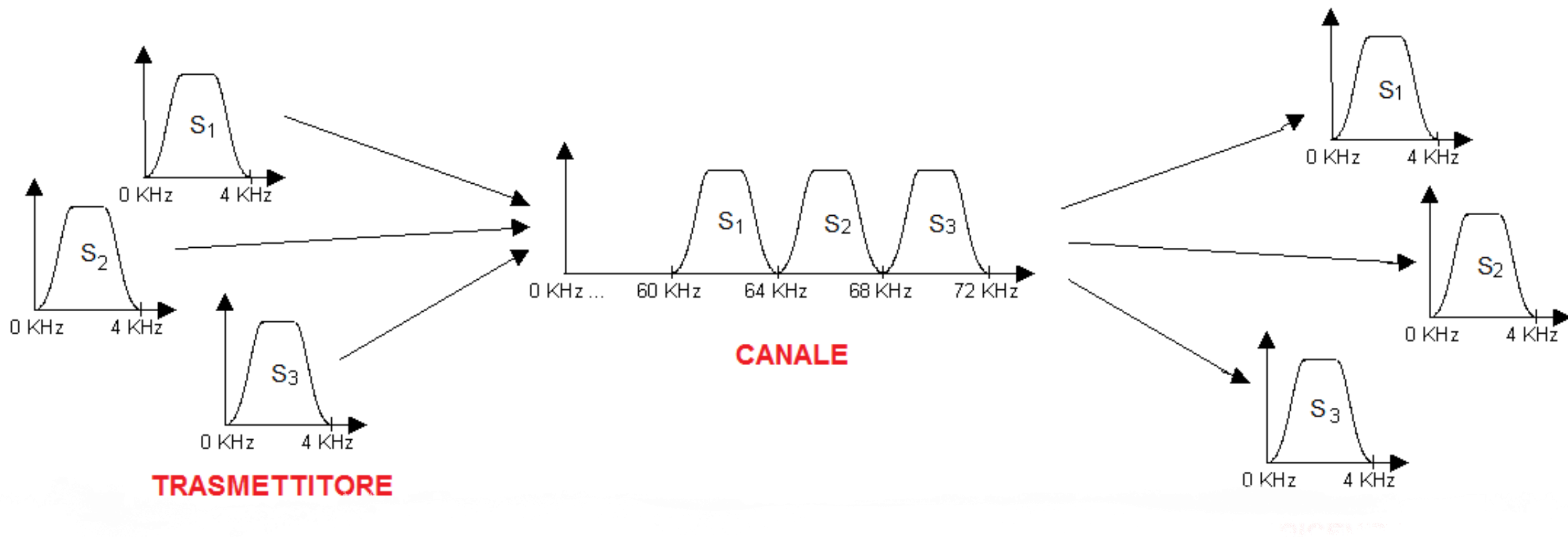
# Selezione del radioricevitore

- Antenna, che per le sue dimensioni può ricevere solo certe lunghezze d'onda
- Filtro (circuito risonante LC in parallelo)
  - Solo se la frequenza della corrente è pari a quella di risonanza del circuito allora il segnale passa
- Induttanza o condensatore dinamico per prendere più frequenze

# Multiplexing

# Multiplexing

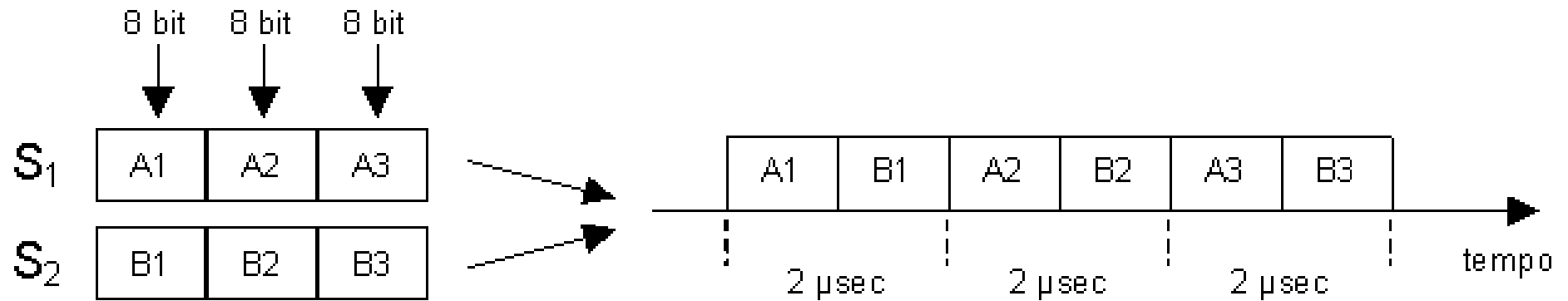
- Nasce per trasmettere più informazioni contemporaneamente
  - Di frequenza
  - Di tempo
  - Doppio



## Multiplexing per divisione di frequenza

- Informazioni trasmesse di continuo, senza interruzioni
- Tante frequenze, ossia canali, quante sono le informazioni da trasmettere → sottobande elementari





## Multiplexing per divisione di tempo

- Unica frequenza portante, mentre i segnali partono in istanti successivi
- Ognuno di essi imprime la modulazione per un tempo che è circa la metà dell'intervallo tra gli istanti stessi
- Campionatura tramite commutatore