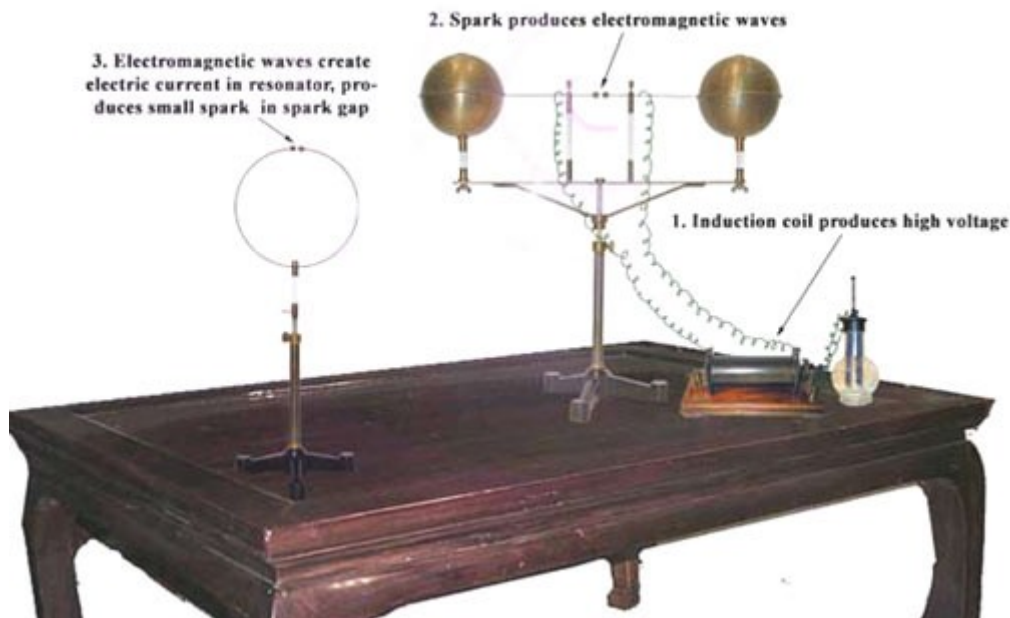


# L'esperienza di Hertz sulle onde elettromagnetiche

## INTRODUZIONE

Heinrich Hertz (1857-1894) nel 1886 riuscì per la prima volta a produrre e a rivelare le onde elettromagnetiche di cui Maxwell aveva previsto l'esistenza. Secondo la teoria maxwelliana, le onde elettromagnetiche avrebbero dovuto essere prodotte dalle oscillazioni di cariche elettriche lungo un circuito.

Hertz ebbe l'idea di alimentare attraverso un rocchetto di Ruhmkorff (in pratica un trasformatore con un elevatissimo rapporto di spire tra secondario e primario) un sistema costituito da due aste metalliche allineate, con le estremità interne affacciate e le estremità esterne terminate con due sfere metalliche (vedi figura): tale circuito prende il nome di "dipolo hertziano".



Il primario del rocchetto di Ruhmkorff era collegato ad una batteria, mentre il secondario era collegato ai due bracci del dipolo. Ogni volta (e solo quando) il primario del rocchetto veniva collegato alla batteria, o scollegato da questa nel secondario e quindi tra i due bracci del dipolo appariva una differenza di potenziale sufficientemente alta da far scattare una scintilla tra le estremità affacciate del dipolo. Tale scintilla non è altro che un moto violento (scarica) di cariche le quali, oscillando, producono radiazione elettromagnetica che si propaga nello spazio circostante con la velocità della luce. Tale impulso di radiazione risulta essere caratterizzato da una distribuzione continua in frequenza, con un picco ad una frequenza determinata dalla geometria del dipolo. Tale dipolo è infatti equivalente ad un circuito oscillante RLC.

L'impulso di radiazione così generato era rilevato da un sistema costituito da un pezzo di conduttore terminato con due sferette metalliche, chiuso su se stesso in modo da formare un anello interrotto all'altezza delle due sfere, tra loro affacciate e separate da qualche millimetro. Quando tale anello risulta immerso in un campo elettrico esterno variabile, in esso appare una forza elettromotrice indotta che crea tra le due sferette una differenza di potenziale. Se questa è sufficientemente alta, tra le sfere immerse in aria scatta una scintilla. Anche questo sistema è equivalente ad un circuito RLC a costanti distribuite.

Hertz variò le dimensioni della spira fino ad ottenere un massimo per la scintilla indotta e riuscì a calcolare la frequenza di risonanza. Sebbene questi calcoli implicassero molte approssimazioni, Hertz trovò una frequenza di circa 100 MHz.

Il sistema utilizzato per produrre l' impulso è detto "oscillatore", il sistema di rivelazione "rivelatore".

### DESCRIZIONE DELL'APPARATO

Non è difficile mettere a punto un'attrezzatura sperimentale simile a quella di Hertz. Nel nostro caso, il dipolo oscillatore e il dipolo rivelatore sono identici : due aste metalliche di circa 35 cm di lunghezza con le estremità interne a punta tra loro affacciate e separate da pochi millimetri, che fungono da spinterogeno (generatore di scintilla). Le estremità esterne sono collegate a due piastre metalliche quadrate da 15 cm di lato, come mostrato nella figura 1. L' alta tensione viene realizzata con un trasformatore commerciale T per lampade a fluorescenza alimentata dalla tensione alternata di rete a 220V-50 Hz che alimentato da una tensione sinusoidale a 50 Hz fornisce in uscita 3000 V. Per aumentare il valore dell' alta tensione, il segnale sinusoidale della tensione di rete viene fortemente distorto, perché fatto passare attraverso un componente commerciale, un variatore di intensità luminose per lampade.

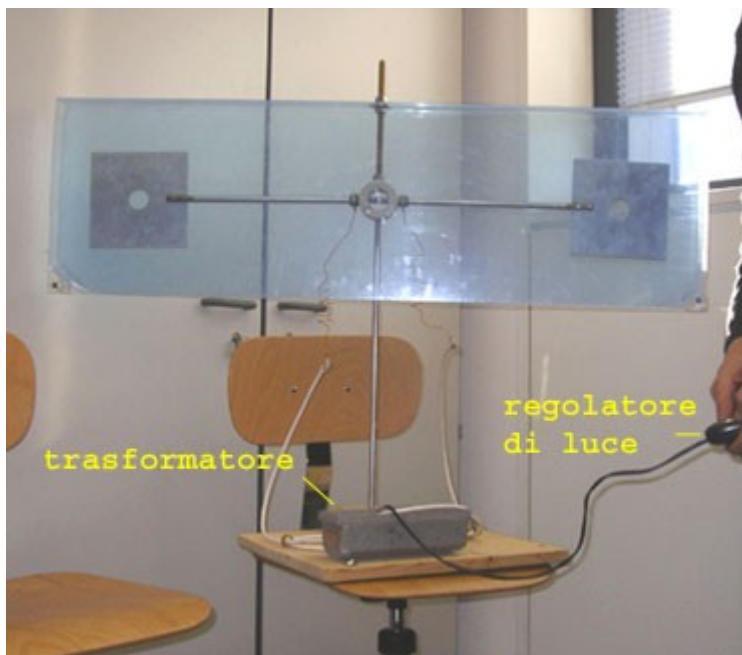
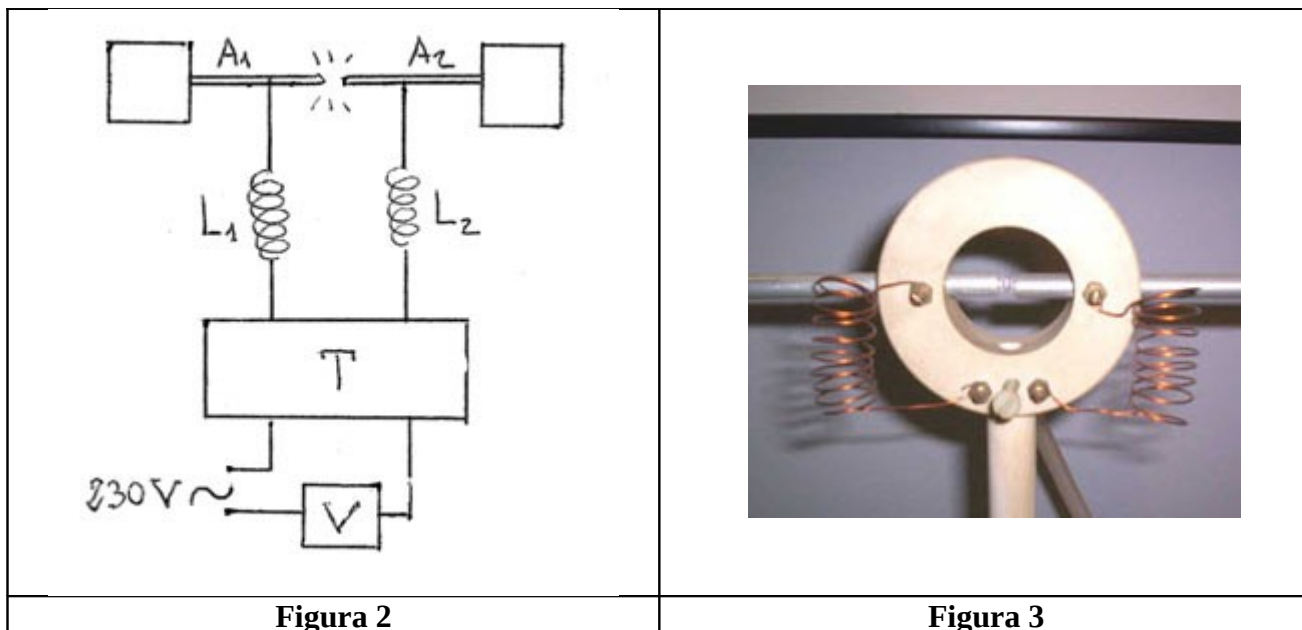


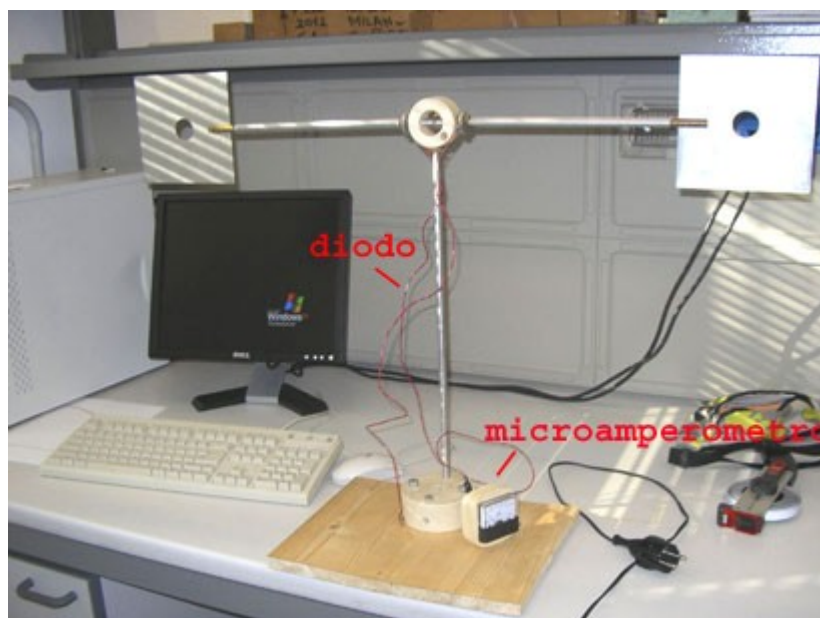
Figura 1

Tale variatore distorce l' andamento sinusoidale della tensione presente sul primario del trasformatore T trasformandola in una successione di picchi di tensione che variano più rapidamente nel tempo di quanto avverrebbe con la sinusoide. Ciò produce sul secondario picchi di tensione superiori ai 3000 V originali, tanto più alti quanto più "rapida" è la distorsione. In pratica, si regola il variatore finché si raggiungono picchi di tensione sul secondario, e quindi sul dipolo dell' oscillatore, sufficienti ad innescare la scarica tra le punte dello spinterogeno. Una volta raggiunta questa condizione, il sistema produce in continuazione impulsi di radiazione. (Val la pena di ricordare che la "rigidità" dell' aria secca è circa 3000V/mm)

Lo schema elettrico del sistema è mostrato nella figura 2.  $A_1$  e  $A_2$  sono le due asticelle che costituiscono il dipolo. Tra le loro estremità affacciate scocca la scintilla. Esse sono collegate tramite una linea bifilare al trasformatore T.



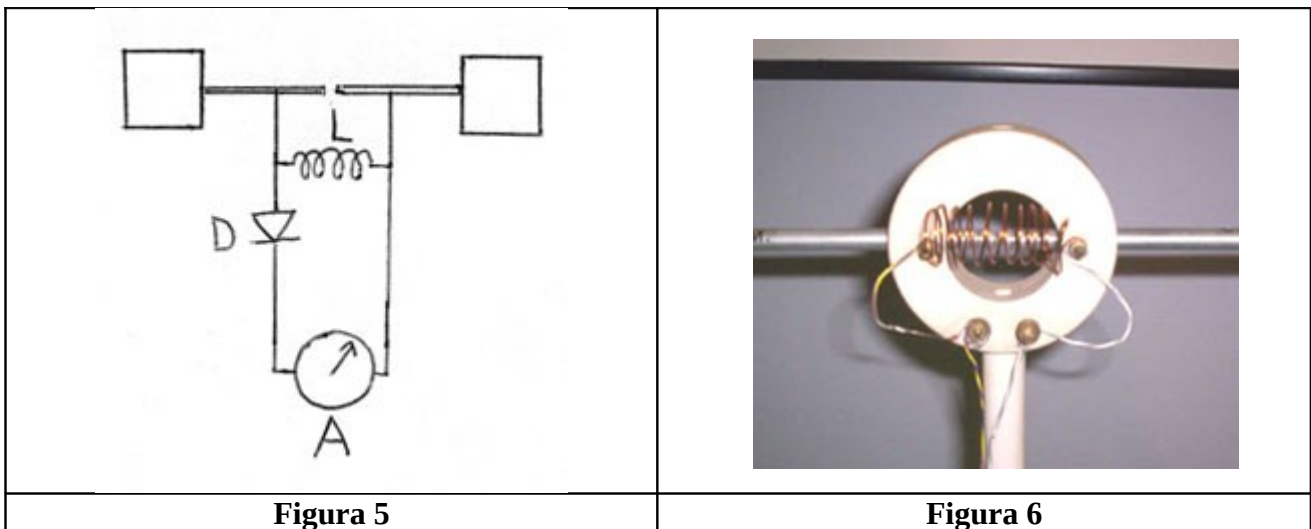
Tra le asticelle e il secondario del trasformatore sono presenti due induttanze  $L_1$  e  $L_2$  dette di “zavorra” costituite da otto avvolgimenti di circa 1.5 cm di diametro di filo di rame smaltato di 1mm di diametro (vedi figura 3). La loro reattanza  $X = \omega L$  è tale da lasciar passare correnti a bassa frequenza (50 Hz), e bloccare correnti ad alta frequenza. Quando scocca la scintilla la corrente oscillante sul dipolo è di frequenza tanto alta da non riuscire ad attraversare le induttanze e tornare indietro lungo la linea bifilare danneggiando il trasformatore. Il segnale a bassa frequenza proveniente dal trasformatore che alimenta il dipolo continua invece a fluire dal trasformatore al dipolo.



**Figura 4**

L'apparato ricevitore è costituito da un dipolo identico a quello usato nel trasmettitore (figure 4, 5 e 6). Anziché da una scintilla tra le estremità affacciate del dipolo, la presenza della forza elettromotrice indotta dal campo variabile dell' onda elettromagnetica che investe il dipolo viene

messa in evidenza per mezzo di un circuito costituito da un diodo, che “raddrizza” il segnale di corrente variabile prodotto dall’ onda e lo manda ad un micro-amperometro.



Per produrre scintille sarebbe necessario aumentare la potenza del trasmettitore e/o ridurre la distanza tra dipolo trasmettitore e dipolo ricevitore, fino ad un punto tale per cui la forza elettromotrice indotta dall’ onda nel dipolo sia tanto elevata da far scattare la scintilla fra le due punte del dipolo.

### **MODALITA’ DI SVOLGIMENTO DELL’ESPERIMENTO**

Disporre il sistema trasmettitore ed il sistema ricevitore sul banco con i due dipoli paralleli e distanti circa 2 m l’ uno dall’ altro. Collegare il trasformatore alla rete e regolare il “variante” fino a che si vede scoccare una scintilla tra le punte dello spinterometro del sistema trasmettitore. A questo punto leggere il segnale presente ai capi del microamperometro del rivelatore. Se questo fosse zero, avvicinare il sistema ricevitore al sistema trasmettitore e/o aumentare ulteriormente nel tramettitore la tensione agendo sul “variante”.

Una volta raggiunta questa condizione, osservare e registrare la dipendenza del segnale misurato con il microamperometro da:

- distanza trasmettitore – ricevitore;
- angolo tra le direzioni dei due dipoli;
- influenza di materiali isolanti posti tra i due dipoli;
- influenza di parti metalliche poste vicino a (ma senza toccare) prima il dipolo trasmettitore e poi quello ricevitore;
- effetto della presenza di persone e/o materiali nello spazio immediatamente circostante ciascuno dei due dipoli (ovviamente senza arrivare a toccare i due dipoli).

E’ importante evitare di toccare i dipoli.

# TRASMETTITORE E RICEVITORE DI HERTZ

## SCHEDA STUDENTE

### Attività 1. Spettro del segnale radio emesso da trasmettitore

L'onda elettromagnetica generata non ha una frequenza ben definita, ma il suo spettro è molto ampio. Cerca di stabilire l'ampiezza di tale spettro ponendo una radio accesa nelle vicinanze del trasmettitore che copra la banda delle onde lunghe, onde medie, onde corte e FM. Cerca di stabilire in quale banda le interferenze provocate dal trasmettitore hertziano sono più intense.

.....

.....

.....

### Attività 2. Dipendenza dell'intensità del segnale ricevuto dalla distanza dal trasmettitore

Collocare il trasmettitore e il ricevitore in un ampio locale dove le pareti in muratura sono sgombre da impianti elettrici e possibili strutture metalliche conduttrici. Variare la distanza del ricevitore dal trasmettitore mantenendo fissa la direzione del dipolo. Verificare la dipendenza dell'intensità del campo elettrico dalla distanza. In particolare nelle vicinanze il campo elettrico è proporzionale all'inverso del quadrato della distanza, mentre a distanze superiori è proporzionale all'inverso della distanza.

.....

.....

.....

### Attività 3. Polarizzazione dell'onda elettromagnetica generata

Orientando l'antenna ricevente in modo che la direzione delle aste sia perpendicolare a quella del trasmettitore verifica lo stato di polarizzazione della componente elettrica del campo.

.....

.....