

# ESPERIMENTAZIONI DI FISICA II A

calendario esperienze A.A. 2004/2005

Novembre 2004								
gruppi	5	3	8	10	15	17	22	24
	venerdì	mercoledì	lunedì	mercoledì	lunedì	mercoledì	lunedì	mercoledì
1	A		B		C		D	
2	B		C		D		A	
3	C		D		A		B	
4	D		A		B		C	
5	A		B		C		D	
6	B		C		D		A	
7	C		D		A		B	
8	D		A		B		C	
9		A		B		C		D
10		B		C		D		A
11		C		D		A		B
12		D		A		B		C
13		A		B		C		D
14		B		C		D		A
15		C		D		A		B
16		D		A		B		C

Esperienze:

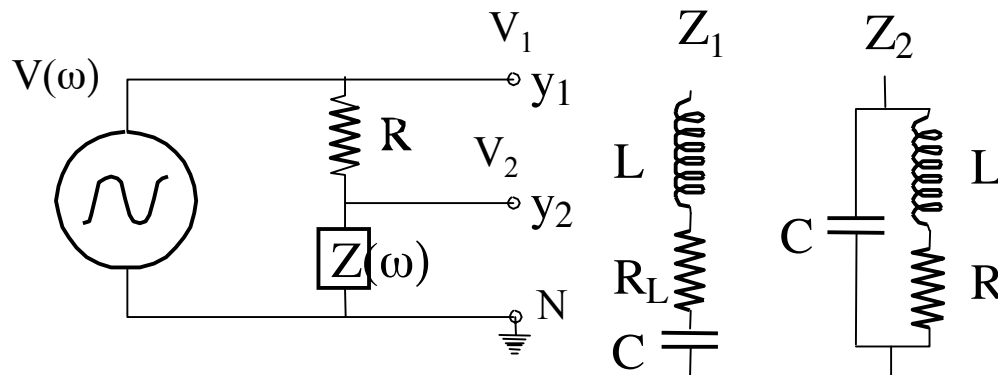
- A Multimetri e Ponti in c.c.
- B Misure con oscilloscopio
- C Divisore di tensione
- D Ponti in c.a.

# ESPERIMENTAZIONE FISICA II A

a.a. 2004/2005

<b>Gruppo 1</b> Michelagnoli Caterina Tognazzi Stefania	<b>Gruppo 2</b> Faggi Sara Frosini Maddalena Mariani Paolo	<b>Gruppo 9</b> Manzi Pierpaolo De Martino Silvia Francioli Chiara	<b>Gruppo 10</b> Bruschi Andrea Papini Mandeka Meucci Marco
<b>Gruppo 3</b> Tinti Leonardo Banchi Leonardo Nardini Cesare	<b>Gruppo 4</b> Caneschi Emiliano Porri Flavio Gabrieli Riccardo	<b>Gruppo 11</b> Del Sette Niccolo' Cai Lucia Ravegnani Sandra	<b>Gruppo 12</b> Massai Maddalena Bernabo' Piercesare Bisogni Susanna
<b>Gruppo 5</b> Tossani Daniel Costanzo Luca Duccio Micela	<b>Gruppo 6</b> Franchetti Guido Possidente Francesca Gori Letizia	<b>Gruppo 13</b> Cucinotta Giuseppe Restuccia Cosimo	<b>Gruppo 14</b> Valoriani Veronica Bernardini Francesco Alocchi Serena
<b>Gruppo 7</b> Gori Valentina Saracco Fabio Becheri Stefano	<b>Gruppo 8</b> Fossetti Francesco Rosi Gabriele Papini Emanuele	<b>Gruppo 15</b> Caselli Niccolo' Nerattini Rachele Pratesi Filippo	<b>Gruppo 16</b> Cortese Lorenzo Nistri

# Frequenza risonanza con oscilloscopio



Il generatore fornisce la tensione  $V(\omega)=V_1$  tra i terminali  $y_1$  ed N; inviamo questo segnale e quello  $V_2$  ai canali 1 e 2 di un oscilloscopio. La relazione tra  $V_1$  e  $V_2$  e':

$$V_2 = V_1 \frac{Z(\omega)}{R + Z(\omega)}$$

Per  $\omega$  qualsiasi  $V_1$  e  $V_2$  non sono in fase, quindi per gli spostamenti  $y_1$  e  $y_2$  del fascio luminoso sullo schermo e'

$$\begin{cases} y_1 = y_{10} \cos \omega t \\ y_2 = y_{20} \cos(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

con  $y_{10}, y_{20}$  proporzionali alle ampiezze  $V_1$  e  $V_2$  e con  $\phi$  fase di  $Z(\omega)/(R + Z(\omega))$ ; eliminando  $t$  dalle precedenti

equazione di un'ellisse

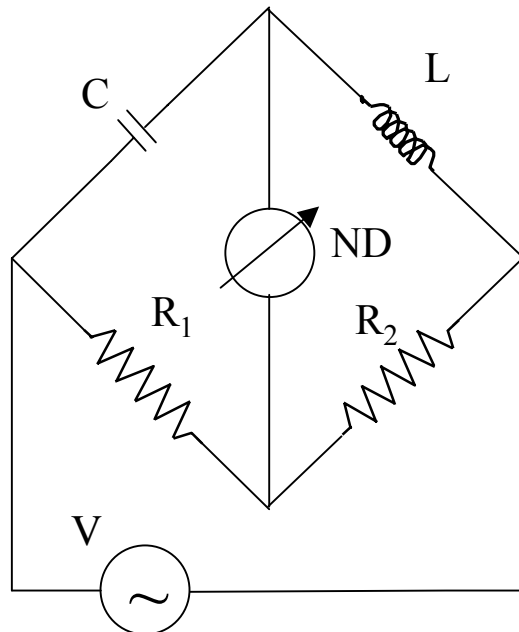
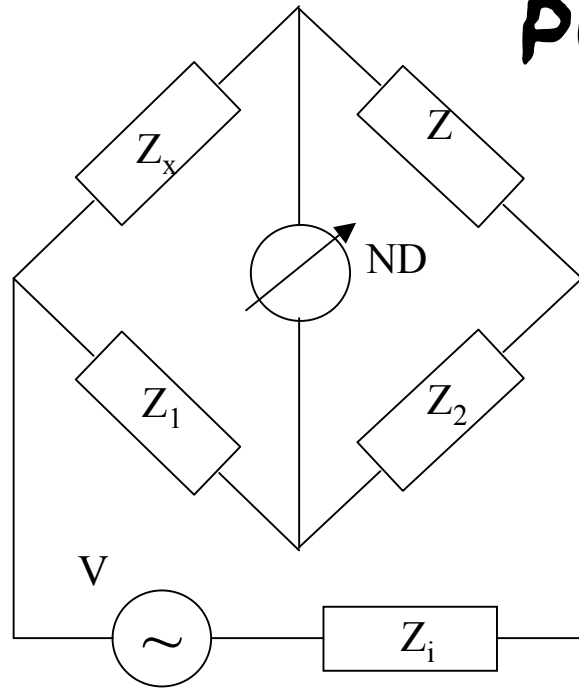
$$\frac{y_1^2}{y_{10}^2} + \frac{y_2^2}{y_{20}^2} - 2 \frac{y_1 y_2}{y_{10} y_{20}} \cos \varphi = \sin^2 \varphi$$

Se si ha risonanza e'  $\phi=0$  e l'ellisse degenera in un segmento di pendenza  $y_{20}/y_{10}$

$$\frac{y_1^2}{y_{10}^2} + \frac{y_2^2}{y_{20}^2} - 2 \frac{y_1 y_2}{y_{10} y_{20}} = \left( \frac{y_1}{y_{10}} - \frac{y_2}{y_{20}} \right)^2 = 0$$

sensibilita' di rivelazione migliore per pendenza  $\sim 45^\circ$ , selezione con scale dei canali oscilloscopio

# Ponti in alternata



Così come con il ponte di Wheatstone, supponiamo di avere delle **impedenze complesse**.

ND è un rivelatore di zero, praticamente un voltmetro in alternata. Quando ND rivela corrente nulla, entro la sua sensibilità, si trova una relazione analoga a quella del ponte di Wheatstone per le  $Z$ :

$$Z_1 Z = Z_x Z_2$$

$$Z_x = (Z_1 / Z_2) Z$$

Le grandezze sono complesse e quindi si hanno 2 relazioni per parte reale ed immaginaria.

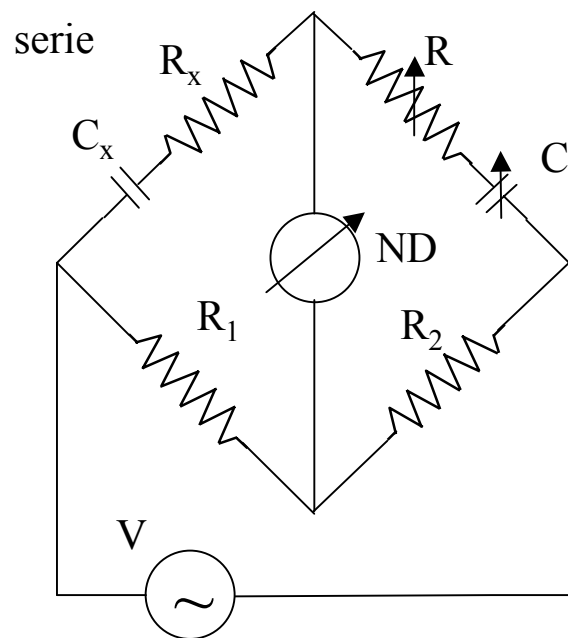
Per pure resistenze l'azzeramento del ponte è sempre possibile.

Nel caso di impedenze complesse, poiché il coefficiente dell'immaginario può essere  $\neq 0$ , si può verificare che il sistema di due equazioni nel campo reale associato alle precedenti non ammetta soluzioni.

Esempio **ponte non equilibrabile**

Ponti classificati a seconda della natura (resistiva, capacitiva, induttiva o mista) di  $Z, Z_1, Z_2$ .

# De Sauty serie e parallelo



Di solito la scelta per  $R_1$  e  $R_2$  e' quella di un partitore.  
All'azzeramento sara':

$$\begin{cases} R_x = \frac{R_1}{R_2} R \\ C_x = \frac{R_2}{R_1} C \end{cases}$$

Se  $R_x C_x = \tau_x$  e  $RC = \tau$  le precedenti divengono  $\tau_x = \tau$ .

Le condizioni di equilibrio non dipendono dalla frequenza (componenti ideali).

Per l'accuratezza della misura si ha:

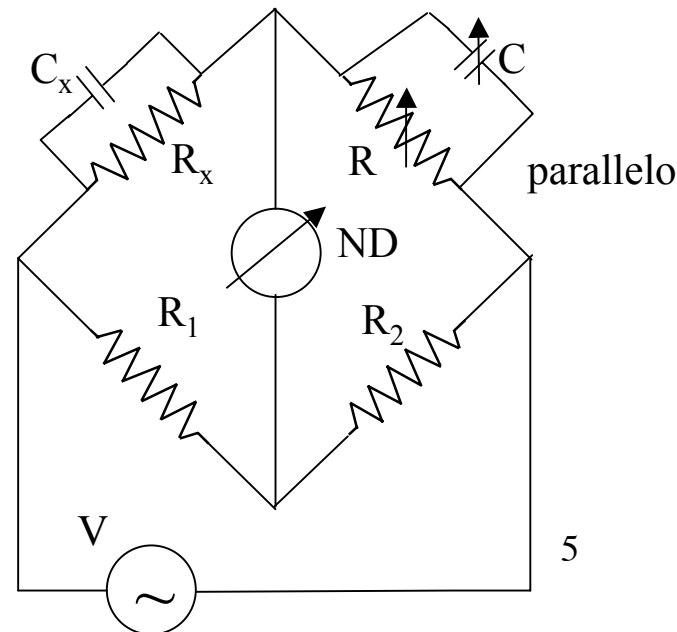
$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta \frac{R_1}{R_2}}{\frac{R_1}{R_2}} + \frac{\Delta R}{R}$$

Il primo termine a secondo membro ha il valore che dipende da come viene determinato: se  $R_1$  e  $R_2$  sono misurati indipendentemente esso sara' dato da :

$$\Delta R_1/R_1 + \Delta R_2/R_2$$

Per il circuito parallelo valgono le stesse relazioni e considerazioni.

e analoga per  $\frac{\Delta C_x}{C_x}$



# Rivelatore di zero



Non può andare bene un galvanometro con periodo  $\sim s$ , poiché se sollecitato da termine forzante a media nulla con periodo breve ( $10^{-3} s$ ) non mostra deflessione.

Per frequenze audio ( $< 20 \text{ KHz}$ ) la cuffia telefonica è stata per lungo tempo il rivelatore di zero più usato. Ampiezza segnale sonoro udibile nella cuffia è proporzionale alla corrente che vi circola.

In laboratorio si ha un **μvoltmetro in alternata** accordabile in frequenza. Consiste di amplificatore la cui uscita, trattata opportunamente (per dare una ddp proporzionale al valore efficace della tensione misurata), comanda uno strumento in continua (galv).

guadagno amplificatore (sensibilità) può essere regolato con continuità.

La caratteristica forse più importante è la **sintonizzabilità**: si può massimizzare la risposta per una certa frequenza (oscillatore a  $1 \text{ KHz}$ ), tramite regolazione esterna. Per far questo occorre, prima di azzerare il ponte, **massimizzare l'indicazione dello strumento agendo sulla sintonia (tuning)**.

Dopo questo controllo non va più toccato (sintonizzazione indipendente da guadagno).

Il guadagno decresce, allontanandosi dal massimo, abbastanza rapidamente (al 2% alla seconda armonica); si seleziona bene la frequenza di interesse (es.  $1 \text{ KHz}$ ) rimuovendo disturbi a frequenze diverse.

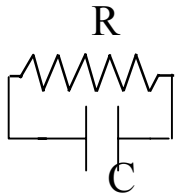
# componenti reali

Per i componenti circuitali (R,L,C) c'è una dipendenza dalla frequenza !

Le **resistenze** hanno piccole componenti induttive da considerare ad alte frequenze:

Es.  $R=100\Omega$  con induttanza spuria  $L\sim 1\mu\text{H}$  per  $\nu=\omega/2\pi=16\text{ MHz}$ ,  $L$  contribuisce con induttanza pari a  $R$ .

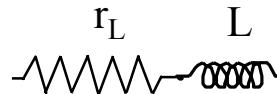
Per **C** l'isolante tra i conduttori non è perfetto, ci sono perdite; si tiene conto con  $R\parallel C$



$$\bar{Z} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C} = \frac{1}{j\omega C} \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega RC}}$$

$$D = \frac{1}{\omega RC} \quad (10^{-2}-10^{-3}) \text{ fatt. dissipazione}$$

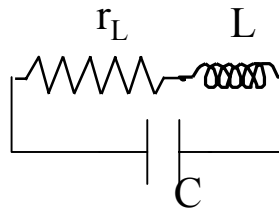
Per **L**, come già detto, si deve considerare la resistenza del conduttore



$$Q = \omega L / r_L \text{ merito (purezza di L)}$$

$r_L$  aumenta con  $\omega$

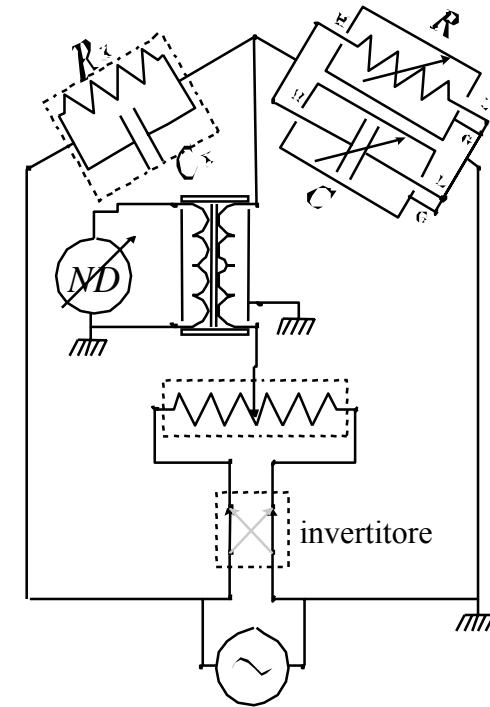
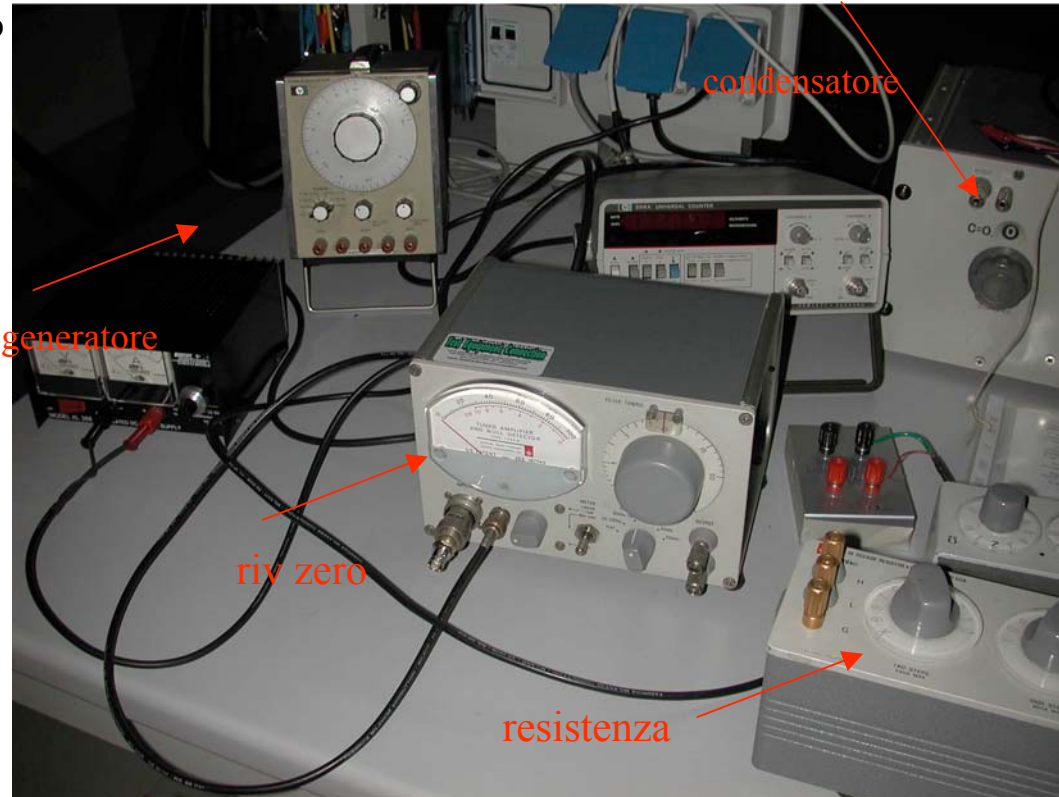
Altra perdita è l'accumulo di carica nelle capacità parassite tra spira e spira, quindi



# Esperienza D

## Ponte di De Sauty parallelo

Si monti il ponte di *De Sauty parallelo* utilizzando il potenziometro per formare i due rami resistivi e collegandolo attraverso l'invertitore in modo da poter scambiare la posizione delle resistenze senza dover ricablare il circuito



Acceso il generatore (12 V) e l'alimentatore del rivelatore di zero, si proceda a *sintonizzare* quest'ultimo ruotando la manopola del controllo frequenza fino a ottenere il **massimo** segnale sullo strumento. Si regoli la sensibilità del rivelatore in modo che l'ago sia prossimo al fondo-scala

Fissato il rapporto di partizione del potenziometro, si azzeri il ponte operando alternativamente sulla cassetta di condensatori C e quella di resistenze R. Via via che l'ago del rivelatore scende, si aumenti la sensibilità'.



## Esperienza D(2)

Si proceda finché' possibile, ossia fino al punto in cui il rivelatore comincia a risentire pesantemente di ogni minima modifica intorno al circuito (movimenti dell'operatore).

Per valutare la sensibilità' (vedi note), si determinino gli intervalli di C e R entro i quali non si osserva una crescita apprezzabile del segnale sul rivelatore. Siano  $C^I$  e  $R^I$  i valori centrali di questo intervallo.

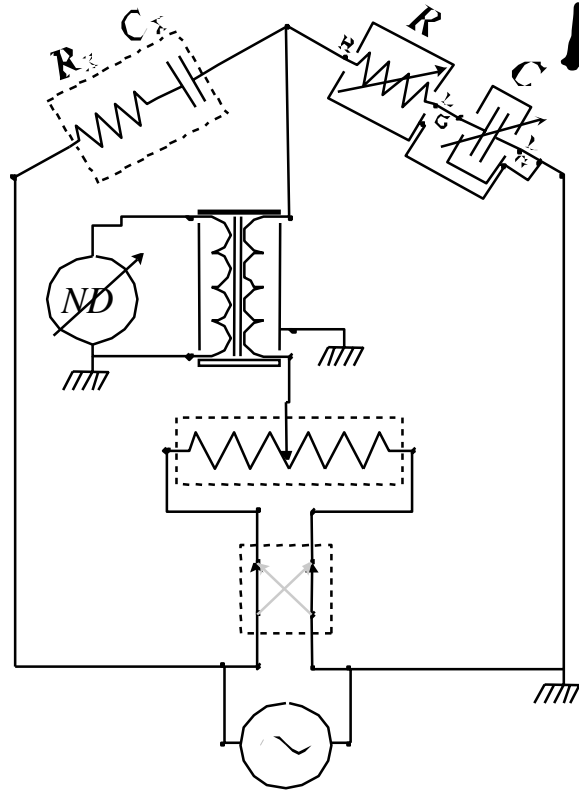


Si scambino le resistenze del potenziometro e si ripeta il procedimento di azzeramento ottenendo i nuovi valori  $R^{II}$  e  $C^{II}$ .

Si determinino i valori di  $R_x$  e  $C_x$  dalle formule:

$$R_x = \sqrt{R^I R^{II}} \quad C_x = \sqrt{C^I C^{II}}$$

Si verifichi l'uguaglianza delle costanti di tempo:  $R^I C^I = R^{II} C^{II}$   
Eventualmente si ripeta la misura per valutarne la riproducibilità'.



## Esperienza D(3)

Si ripeta il procedimento per il ponte di *De Sauty serie*.

### NOTE

Il rivelatore di zero e' alimentato da un alimentatore in corrente continua che *deve rimanere impostato su 12 V*.

La cassetta campione di condensatori ha le manopole che ruotano liberamente: arrivati al valore  $X(=10)$  se si ruota ulteriormente si torna al valore 0. **La cassetta di resistenze ha invece manopole che ruotano solo nell'intervallo 0-- $X$ : se si va oltre si danneggia la cassetta** (la cosa non e' improbabile, visto che l'operatore manovra non guardando la manopola ma l'ago del rivelatore)! Pertanto, **usare solo due dita per ruotare le manopole e fermarsi appena si sente resistenza**.

Per valutare l'errore di sensibilita' sui campioni basta individuare, alla fine del processo di azzeramento, il campo di valori entro cui la lettura non cresce apprezzabilmente, prendendo come valore il centro dell'intervallo e come errore di sensibilita' la meta' dell'intervallo stesso.