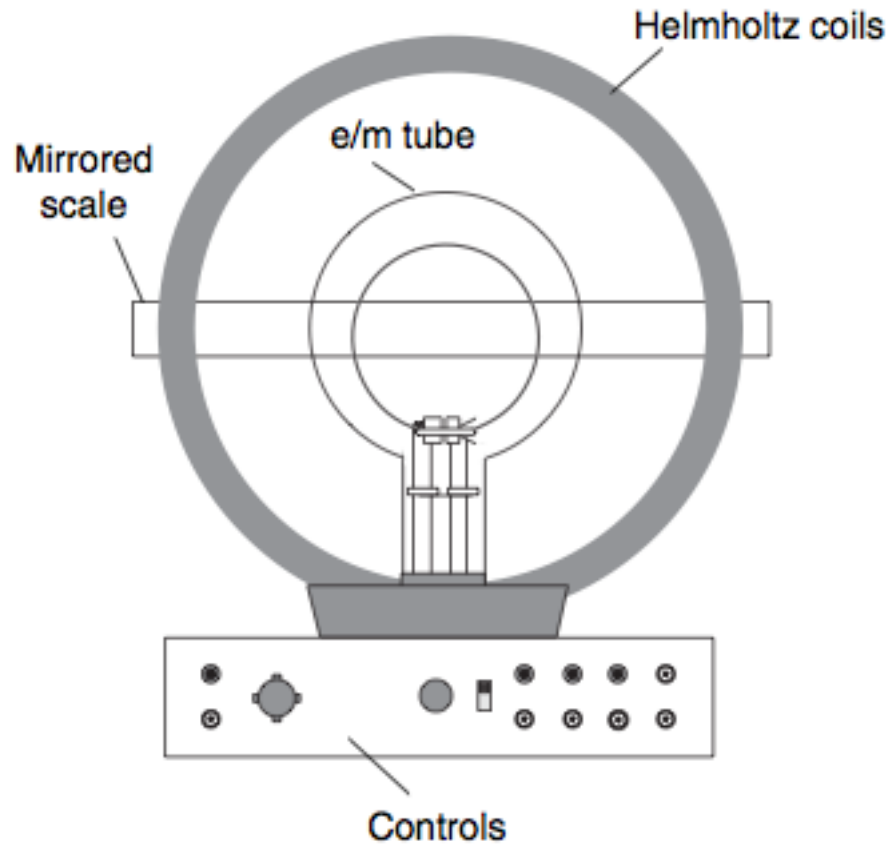


# Esperienza: misura del rapporto $e/m$



Lab. III - a.a. 2014-1015

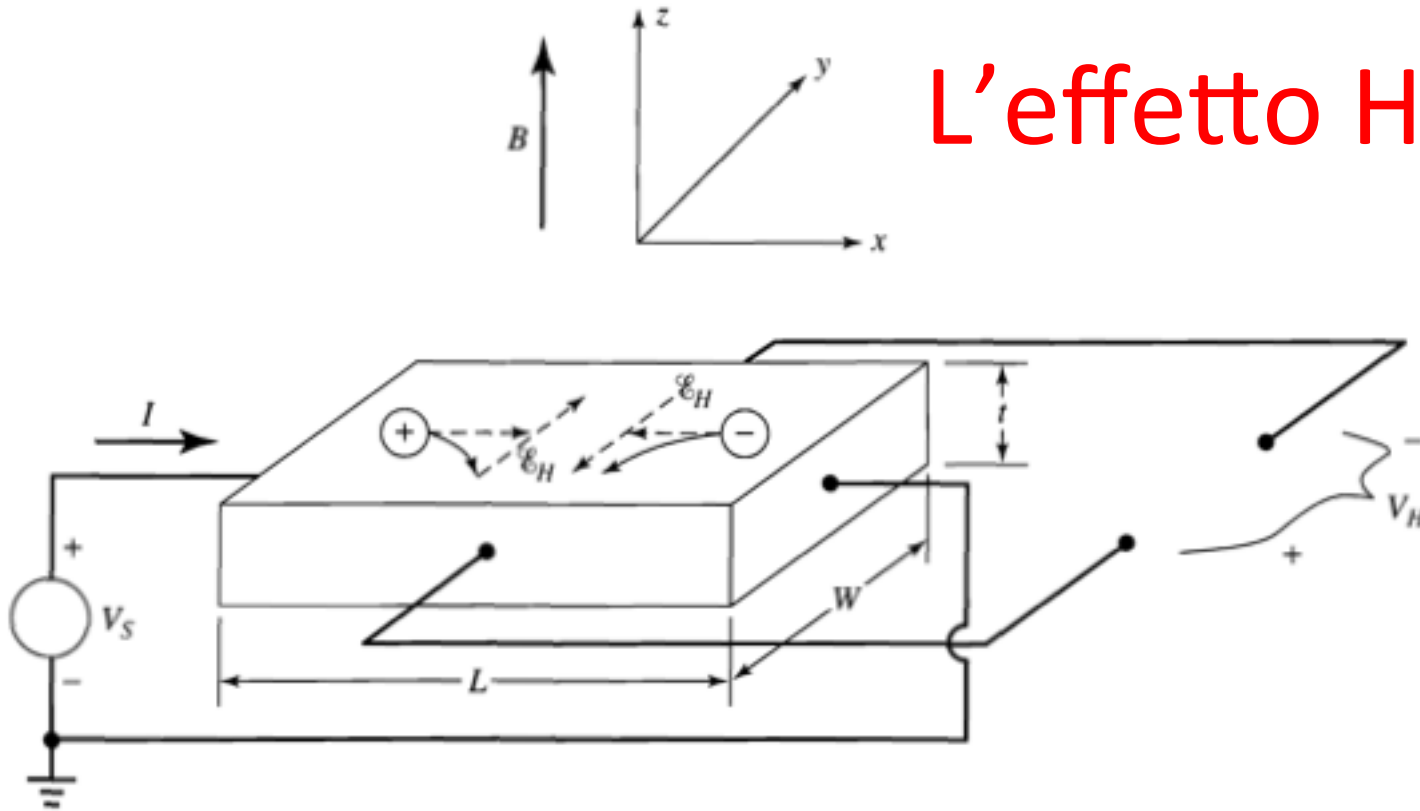
# L'esperienza

- Scopo: misura del rapporto tra (il valore assoluto del-) la carica “e” e la massa “m” dell’elettrone.
- Metodo:
  - si accelerano elettroni mediante una d.d.p.  $V_{\text{acc}}$  :
$$\frac{1}{2} m v_e^2 = e V_{\text{acc}}$$
  - due bobine di Helmholtz creano un campo  $\mathbf{B}$  uniforme; sugli elettroni agisce  $\mathbf{F}_L = -e \mathbf{v}_e \times \mathbf{B}$
  - $F_{\text{c.peta}} = F_L = m v_e^2 / r = e v_e B_z$
  - si misura il raggio  $r$  della traiettoria circolare:
$$e/m = v_e / (B_z r)$$

# Strumentazione

- Sonda ad effetto Hall con circuito di ampl.
- Multimetro digitale
- Righello
- Bussola
- Bobine di Helmholtz
- Tubo catodico
- Alimentatori
- Scala graduata retro-illuminata
- Macchina fotografica digitale con cavalletto

# L'effetto Hall



Semiconduttore (poco) drogato: per esempio n. Viene iniettata una corrente  $I = J W t$ .  
 I portatori (maggioritari) vengono deflessi dalla forza di Lorentz  $\mathbf{F}_L = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$  in dir  $y$ .  
 Nello stato stazionario si stabilisce un campo elettrico  $\parallel y$ ,  $E_H = V_H / W$  che annulla la forza magnetica, in modo da avere  $v_{el} \parallel x$ :

$$-e V_H / W = -e v_{el} B_z$$

$$J = n (-e) v_{el} = I / (W t)$$

$$V_H = - I B_z / (e n t) < 0$$

N.B.: drogaggio tipico  $\sim 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

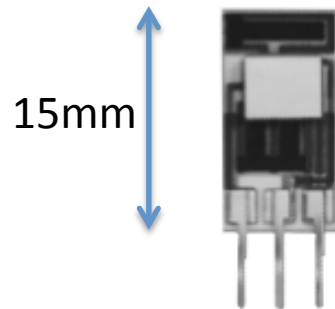
Nel caso di drogaggio p:

$$e V_H / W = -e v_h B_z$$

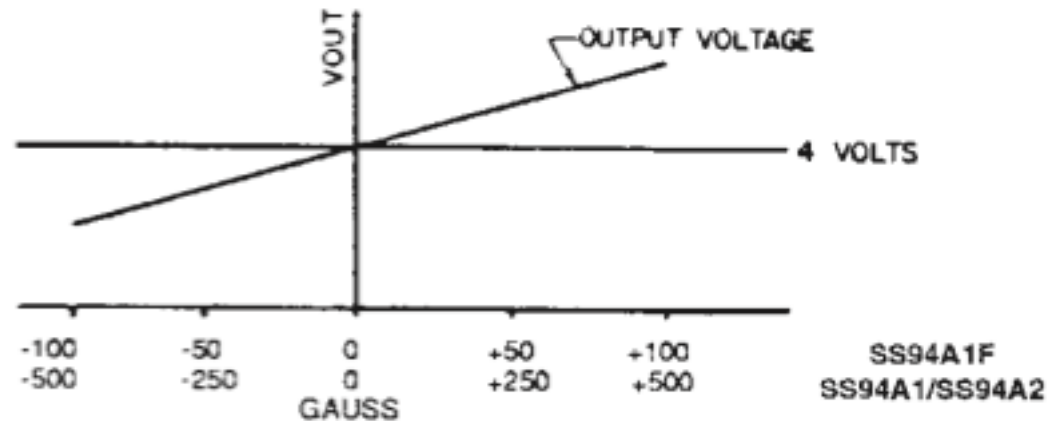
$$J = p e v_h = I / (W t)$$

$$V_H = I B_z / (e p t) > 0$$

# Il sensore ad effetto Hall



Sensibile alla componente di **B** ortogonale al piano del sensore.

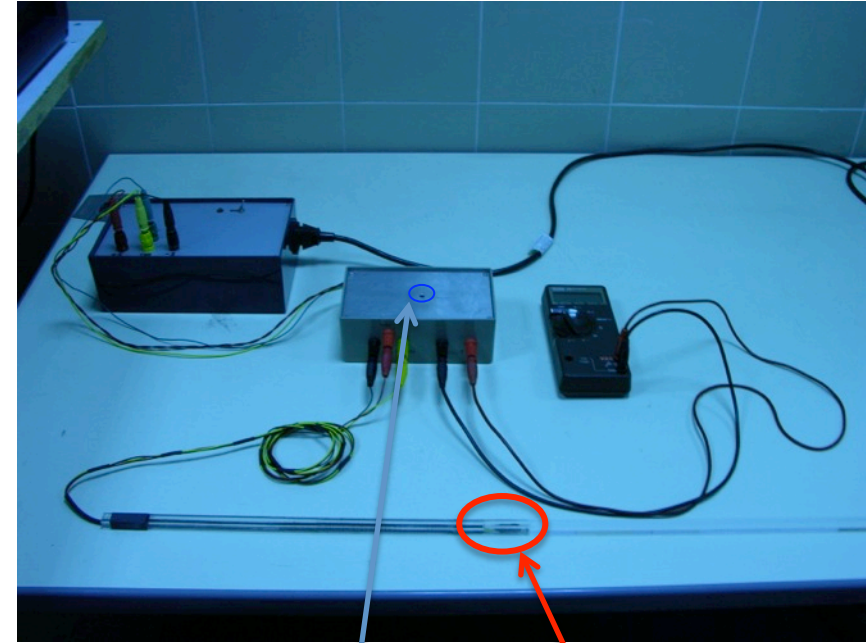
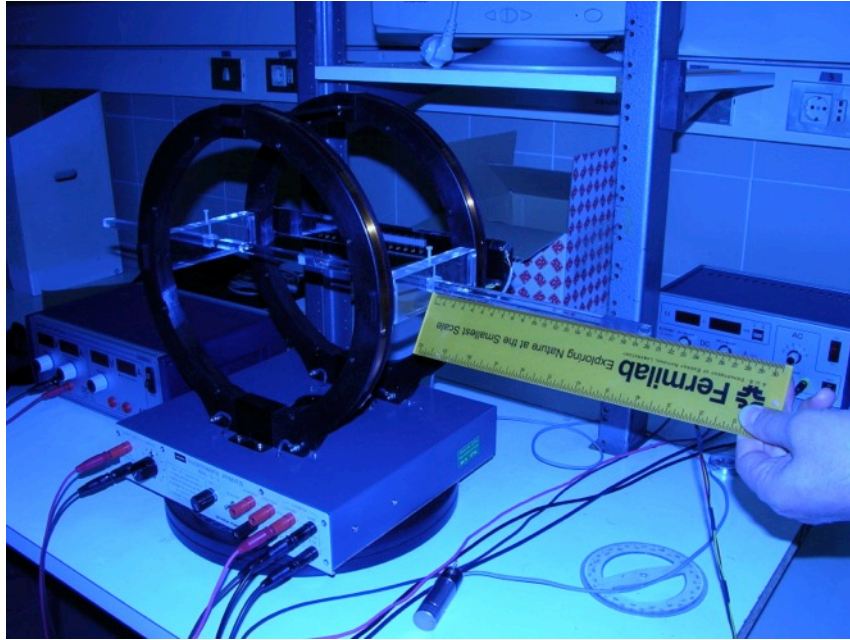


## FEATURES

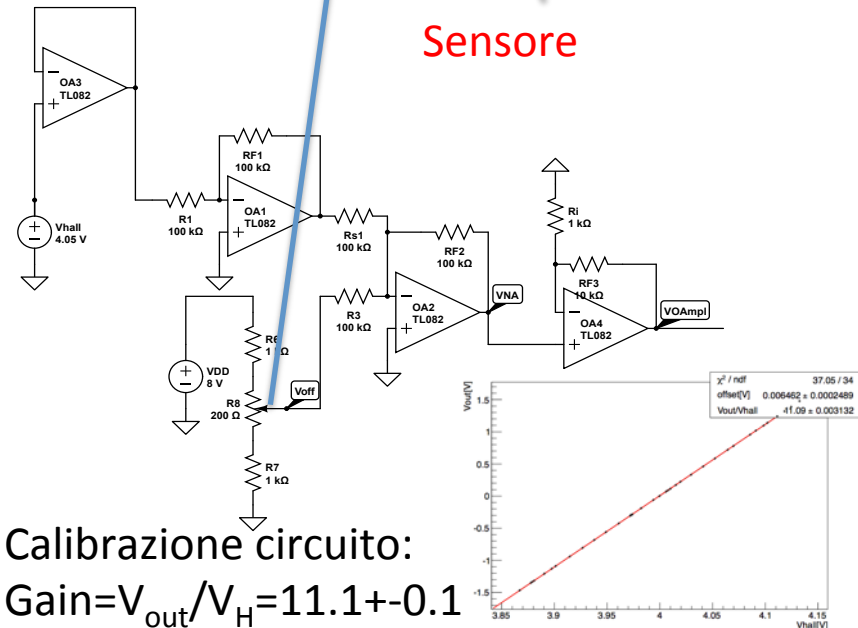
- Single current sinking or current sourcing linear output
- Improved temperature stability
- Three pin in-line printed circuit board terminals
- Standard .100" mounting centers
- Laser trimmed thin film and thick film resistors minimize sensitivity variations and compensate for temperature variations
- Flux range of  $\pm 100$  to  $\pm 2500$  gauss

Catalog Listing	SS94A1
Main Feature	Gen. purpose
Supply Voltage (VDC)*	6.6 to 12.6
Supply Current (mA)**	13 typ. 30 max.
Output Current (mA) Sinking or Sourcing	1 max.
Response Time ( $\mu$ sec.)	3 typ.
Magnetic Characteristics*** Span*	.625 $V_s$
Range (gauss)*	-500 to +500
Sensitivity (mV/gauss @ 25°C)	5.0 $\pm$ .1
Linearity† (% span)	-0.8 typ. -1.5 max.
Vout (0 gauss @ 25°C)***	4.00 $\pm$ .04V
Temperature Error (all %s reference 25°C value)*	
Null (%/°C)	$\pm$ .02
Gain (%/°C)	$\pm$ .02

# La sonda



Sensore



Per annullare l'offset ( $V_{DD}/2$ ), in modo da avere  $V_{out}=0$  per  $B=0$ , ed amplificare il segnale viene utilizzato il circuito →

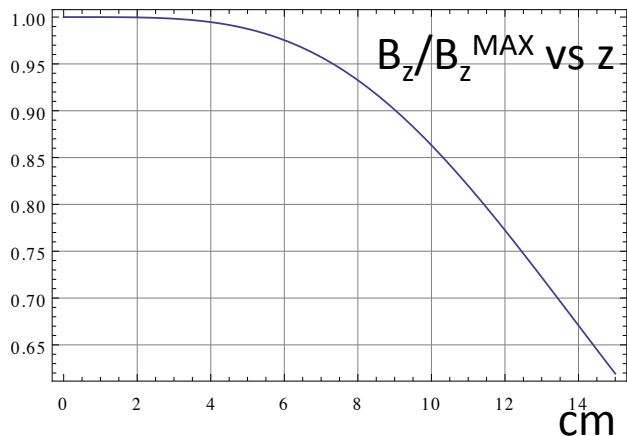
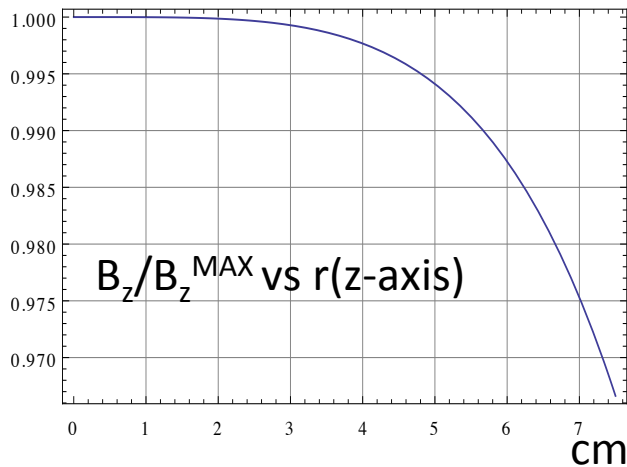
Operativamente: agire sul **potenziometro** in modo da avere due letture opposte ruotando la sonda di  $180^\circ$ .

Inserire la bacchetta dentro le guide e (per un valore di  $I_{coil}$ ) misurare  $B_z$  vs  $r$ , in modo da verificarne l'uniformità ed il valore di  $B_z^{MAX}$ .

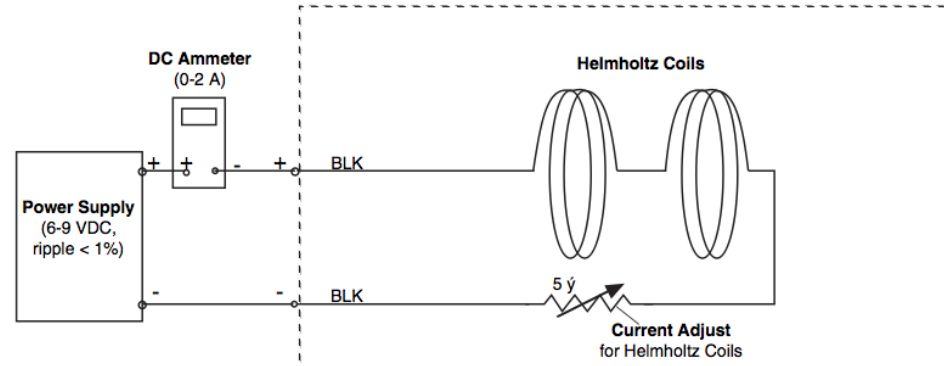
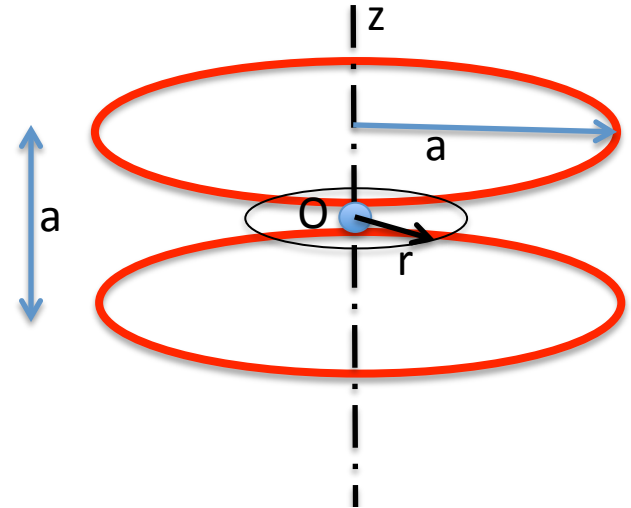
# Le bobine di Helmholtz

E' noto (Fisica II ) che mettendo 2 spire di raggio a poste a distanza a si ottiene un campo "uniforme":

Andamento Teorico:



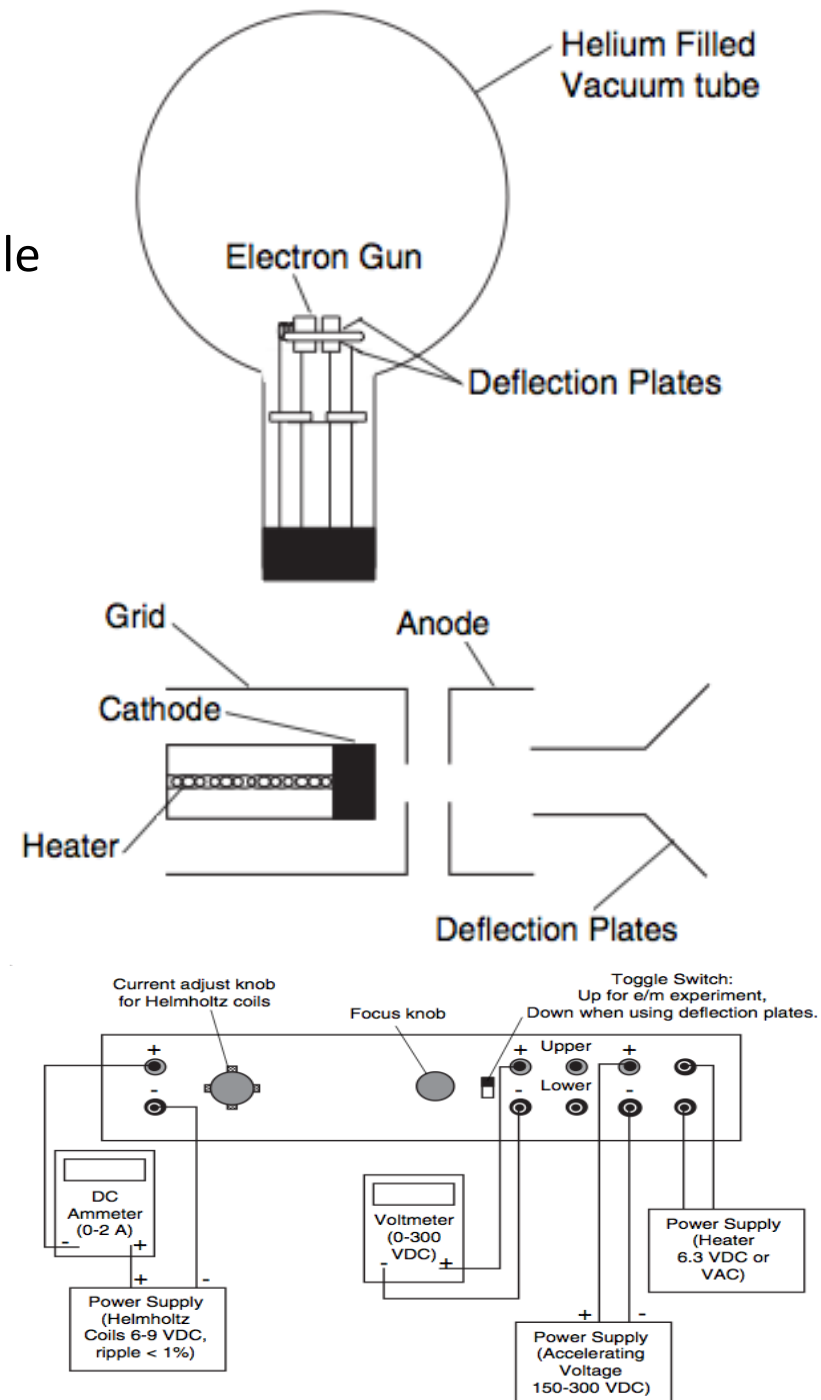
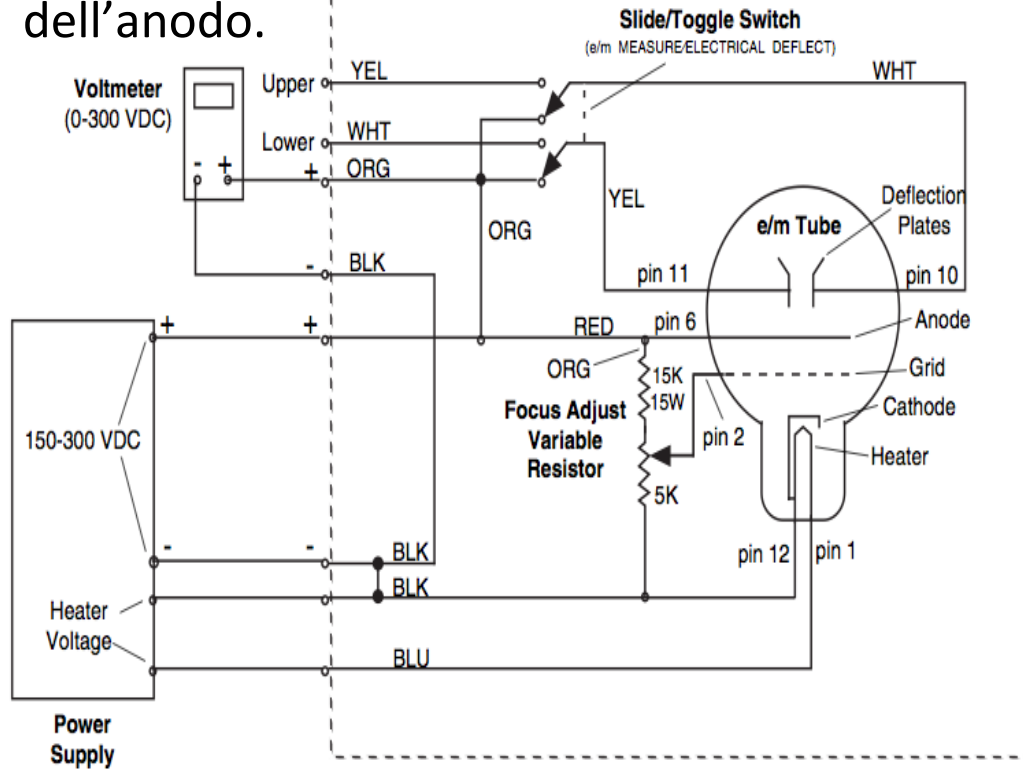
Per le nostre bobine (130 spire,  $a=15$  cm)  
 $B_z^{MAX}(T) = 7.80 \cdot 10^{-4} I_{coil}(A)$





# Il tubo catodico

Posizionare lo switch su e/m: le placche di deflessione vengono messe allo stesso potenziale dell'anodo.

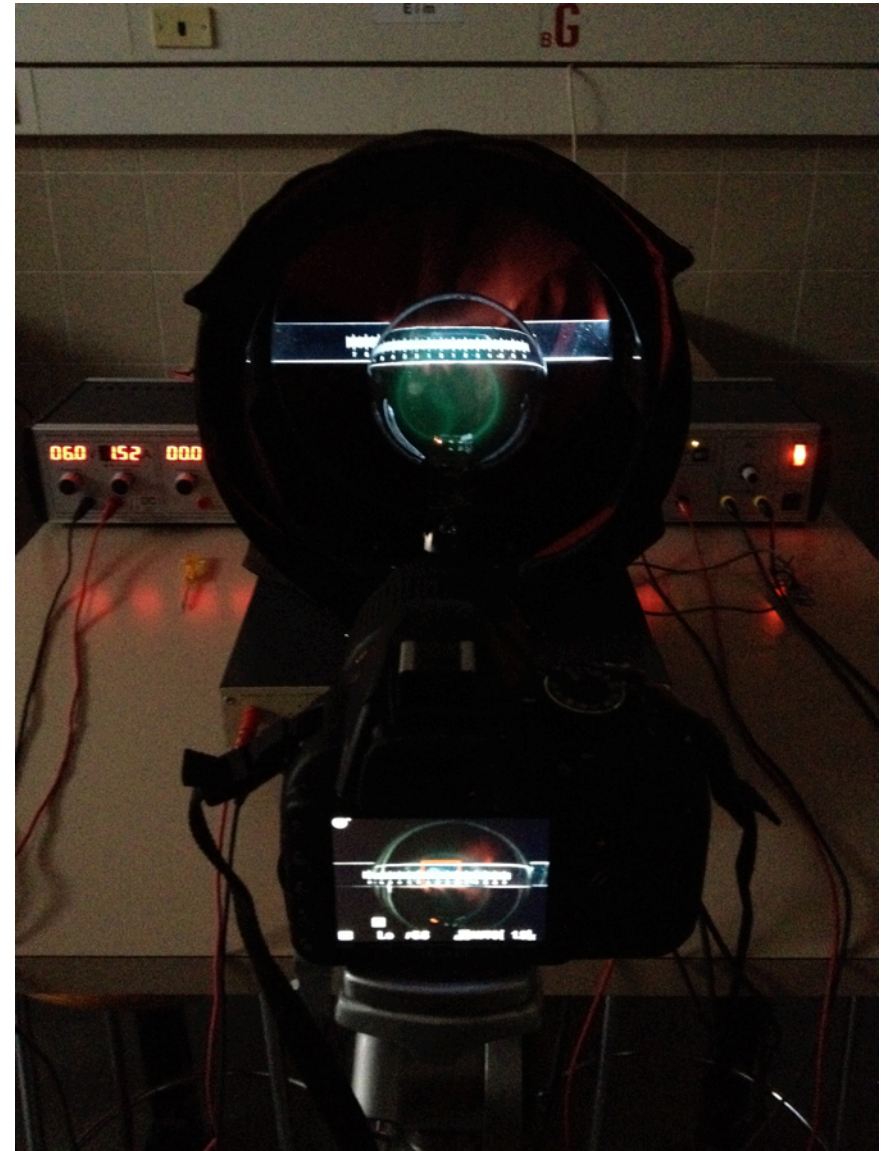




# Fasi dell'esperienza

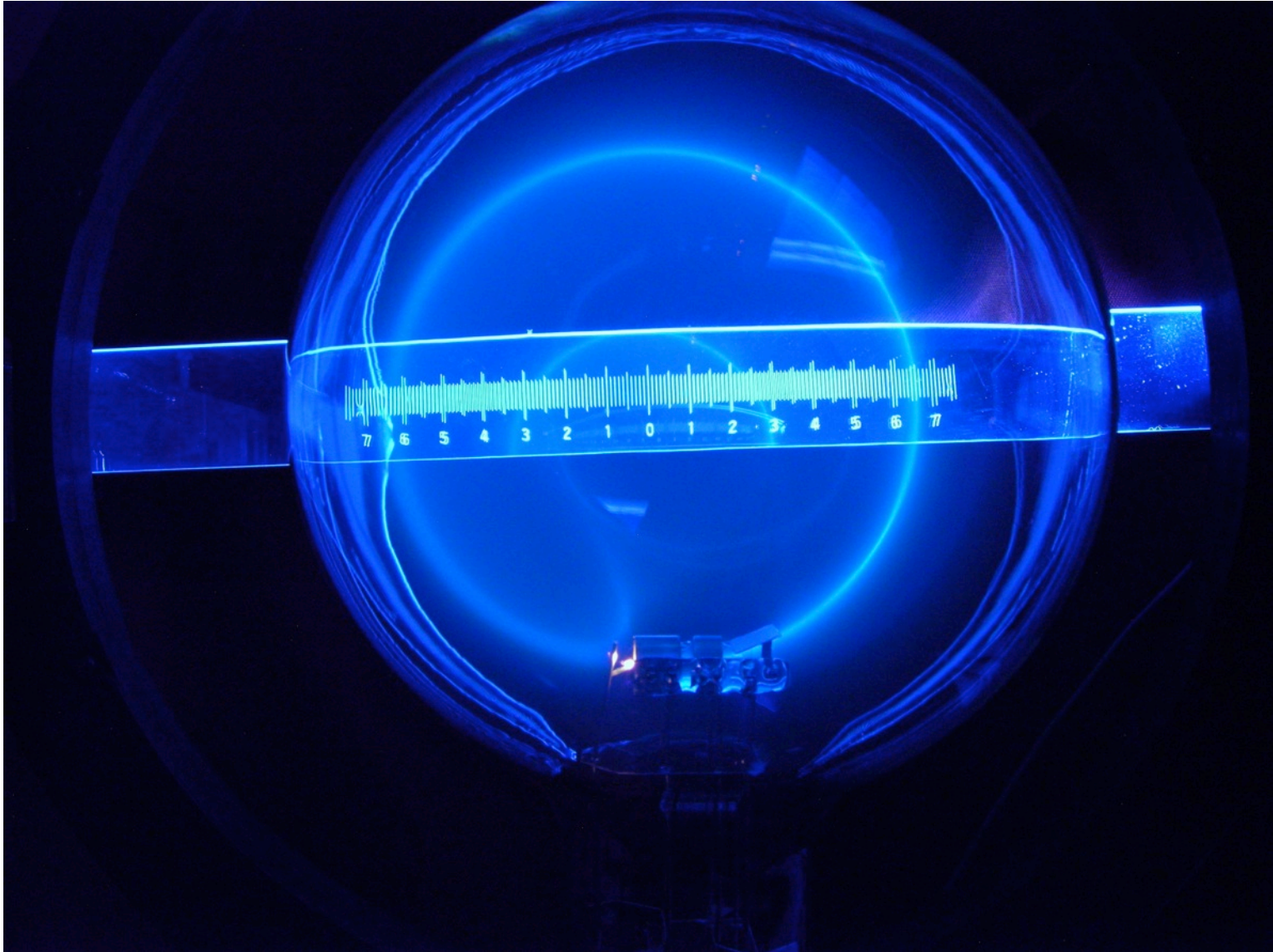
1. Orientazione rispetto al campo magnetico terrestre (l'apparecchiatura è appoggiata su una base rotante).
2. Mappatura del campo magnetico  $B_z$  generato dalle bobine mediante sonda ad effetto Hall.
3. Variare  $V_{acc}$  ( $150 \rightarrow 300V$ ) e  $I_{coil}$  ( $V_{coil} : 6 \rightarrow 9V$ ) in modo da misurare  $r$ :
  - Ottimizzare condizioni di acquisizione: foto digitali
4. Ricavare  $r$  (fit cerchio o intercetta normali a 2 corde) dalla digitizzazione delle immagini
5. Correzione per effetto di geom. proiettiva
6. Analisi dati: ricavare  $\langle e/m \rangle$  con l'errore stat.
7. Valutazione effetti sistematici

# Macchina Fotografica

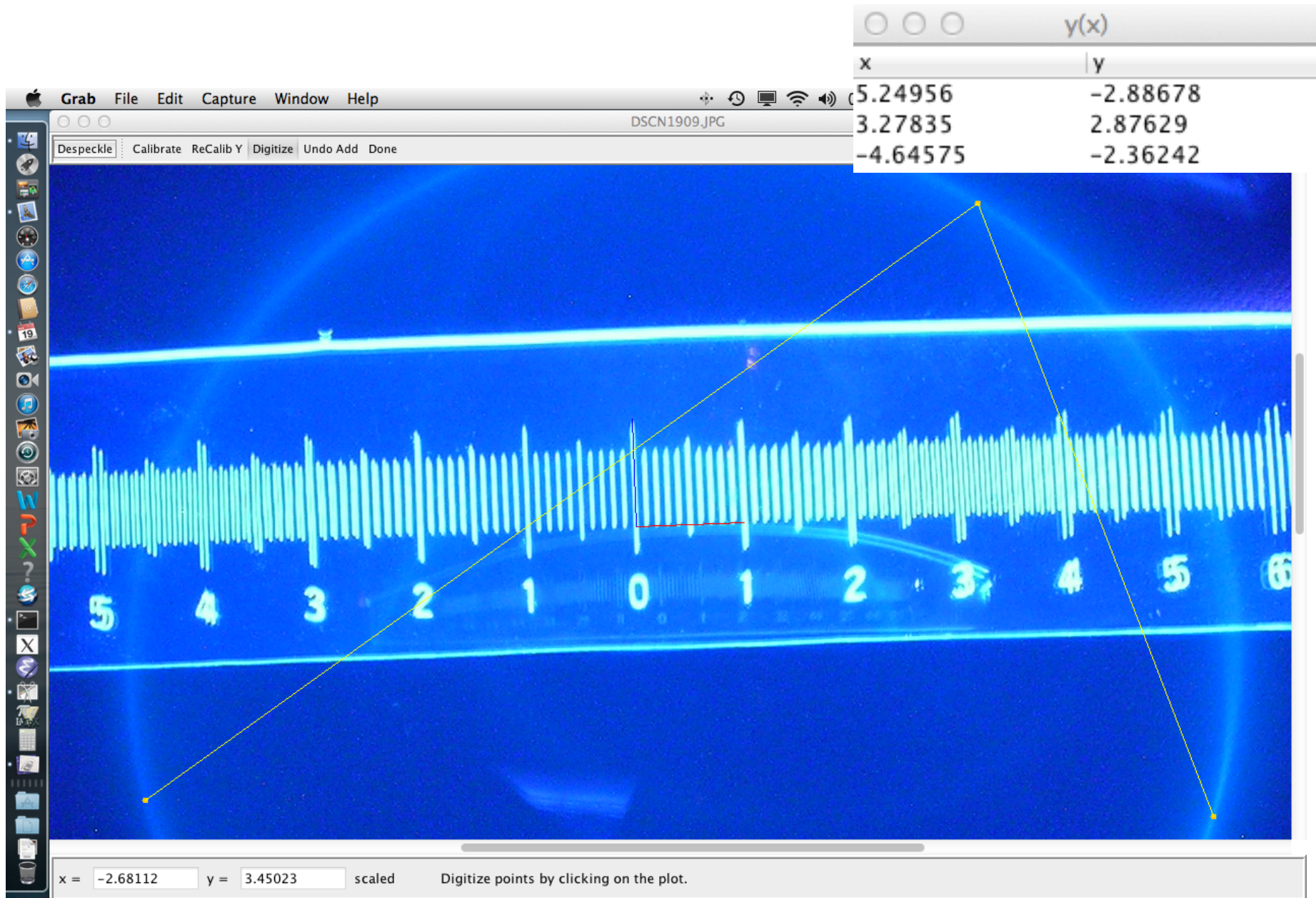




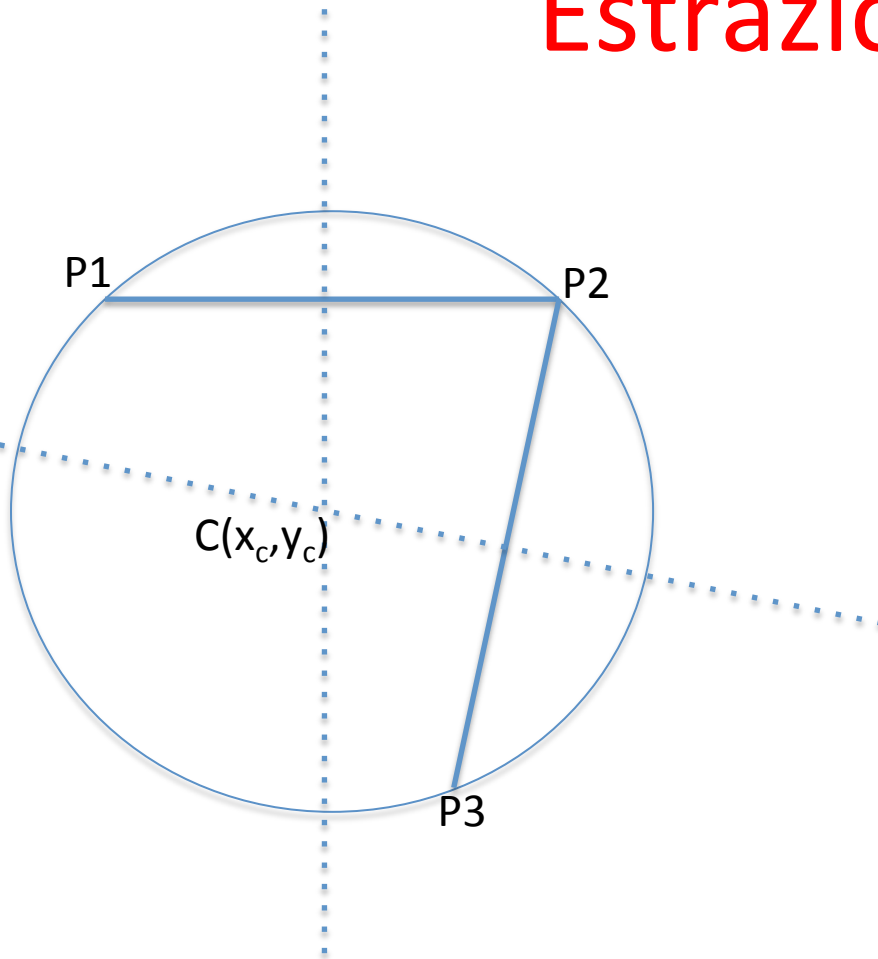
# Acquisizione tipica



# Digitizzazione immagini

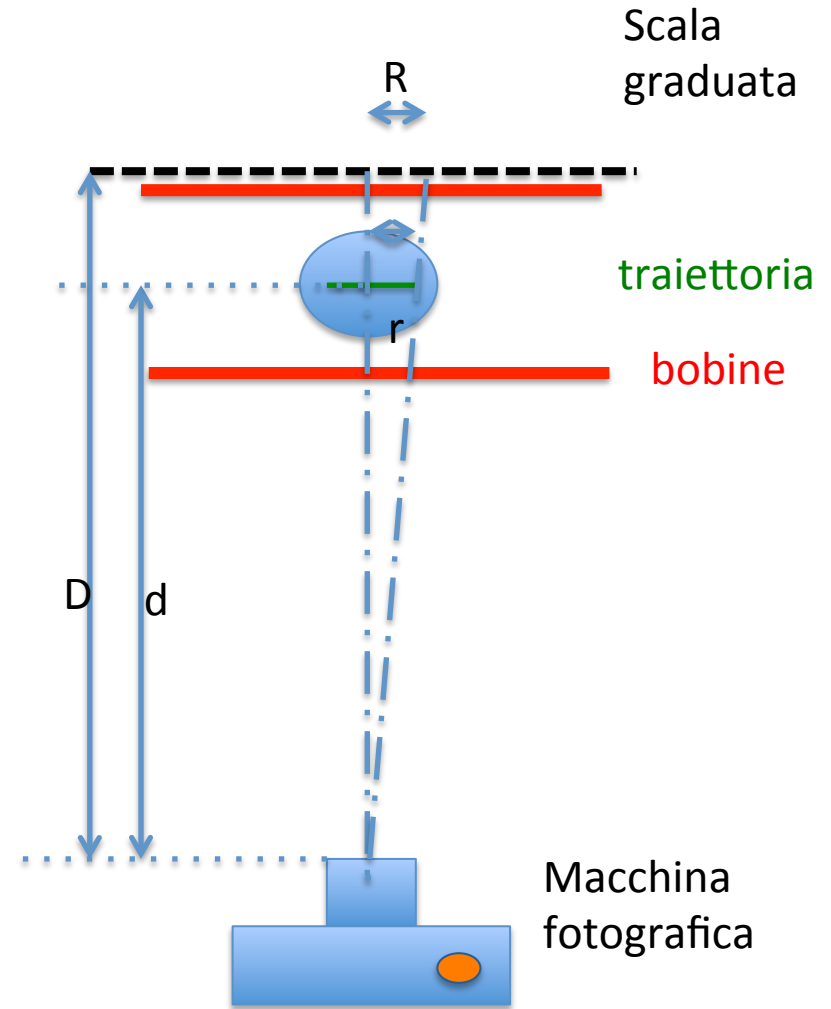


# Estrazione di r



Metodo delle 2 corde:  
trovato il centro C come intersezione  
delle rette normali,

$$R^2 = 1/3 * \sum_{i=1,2,3} [(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2]$$



Effetto geometria proiettiva



# Sicurezze

- Indossare un paio di occhiali durante l'esperimento, per proteggersi in caso di (improbabile!) implosione del bulbo.
- Quando viene applicata la d.d.p.  $V_{acc}$  (150→300V DC), fare attenzione a non toccare assolutamente il circuito.
- Rispettare i limiti sulle tensioni massime!
- Operare in modo “ragionevole”:
  - azzerare (agendo sui potenziometri) la  $V_{acc}$  e la  $V_{coil}$  prima di spegnere i relativi alimentatori