

# Geofisica

## Scienze Geologiche

### AA 2018-2019

Corso di LT, Dip. Di Fisica e Scienze della Terra,  
Università di Ferrara.

Docente: Prof. Nasser Abu Zeid

Studio: studio 215, lab. 215, Il piano, Blocco B

E-mail: [a.nasser@unife.it](mailto:a.nasser@unife.it)

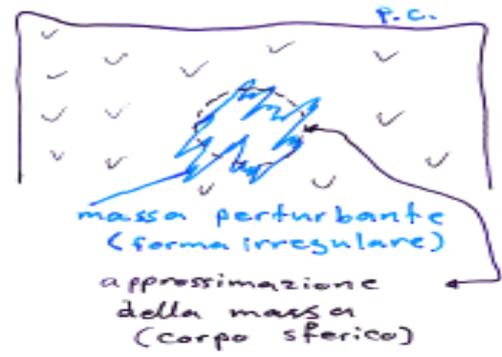
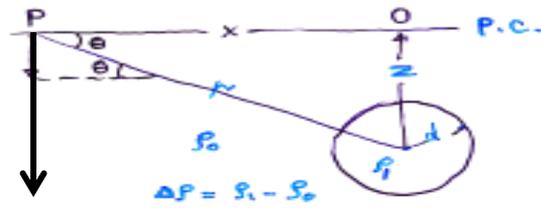
Orario di ricevimento: disponibile sempre previa appuntamento

Lunedì: 16.00-17.00

Martedì: 12.00-13.00

**metodi gravimetrici  
parte 6 (ultima)**

# Interpretazione quantitativa – calcolo diretto dell'effetto gravitazionali di modelli semplici: il caso della sfera



$$g_s = \frac{\gamma M}{r^2} \quad \gamma = G$$

$$M_{sfera} = \frac{4}{3} \pi d^3 \rho$$

$$\Delta m = \frac{4}{3} \pi d^3 \Delta \rho$$

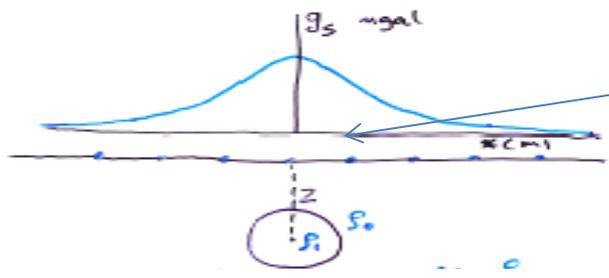
$$g_{s\text{verticale}} = g_s \cdot \sin(\theta)$$

$$= g_s \cdot \frac{z}{r}$$

$$= \frac{\gamma \Delta m}{r^2} \cdot \frac{z}{r}$$

$$= \frac{\gamma 4 \pi d^3 z}{3 r^3} \cdot \Delta \rho$$

$$= \frac{\gamma 4 \pi d^3 z}{3 (x^2 + z^2)^{3/2}} \cdot \Delta \rho$$



$\Delta g_B$ : assenza di anomalia

$\Delta g_B$ : presenza di anomalia

\* $\Delta \rho$ : contrasto di densità  
d: raggio sfera

Il calcolo diretto ci permette di determinare, senza dover effettuare misure sperimentali, la risposta gravitazionale di un corpo geologico assimilabile ad una sfera con densità, raggio e profondità note. Cioè i parametri del modello della sfera sono noti a priori.

Se abbiamo soltanto il profilo di dgz possiamo determinare tutti i parametri del modello: profondità, raggio e densità ?

La risposta è NO perche sia il raggio sia la densità concorrono alla stima della Massa quindi occorre assumere il raggio o la densità per poter risolvere questo problema di **NON UNICITA** della soluzione; un problema noto in tutti i campi della geofisica.

# Interpretazione quantitativa – profondità della sfera (centro di massa) – il metodo metà-valore massimo (Half maximum method)

## esempio

$dg_{max} = 0.3576 \text{ mgal}$   
 $dg_{1/2 max} = 0.1788 \text{ mgal}$

$X_{1/2} = 380 \text{ m}$  (p.es.) rispetto allo Zero coincidente con il massimo dell'anomalia di Bouguer

Quindi:

La profondità  $z$  al centro di massa  
 $= 1.305 * X_{1/2}$   
 $= 1.305 * 380$   
 $= 496 \text{ m}$



$$g_{max} \Big|_{x=0} = \frac{\gamma dM}{z^2}$$

$$\frac{1}{2} g_{max} = \frac{\gamma dM}{(x_{1/2}^2 + z^2)^{3/2}}$$

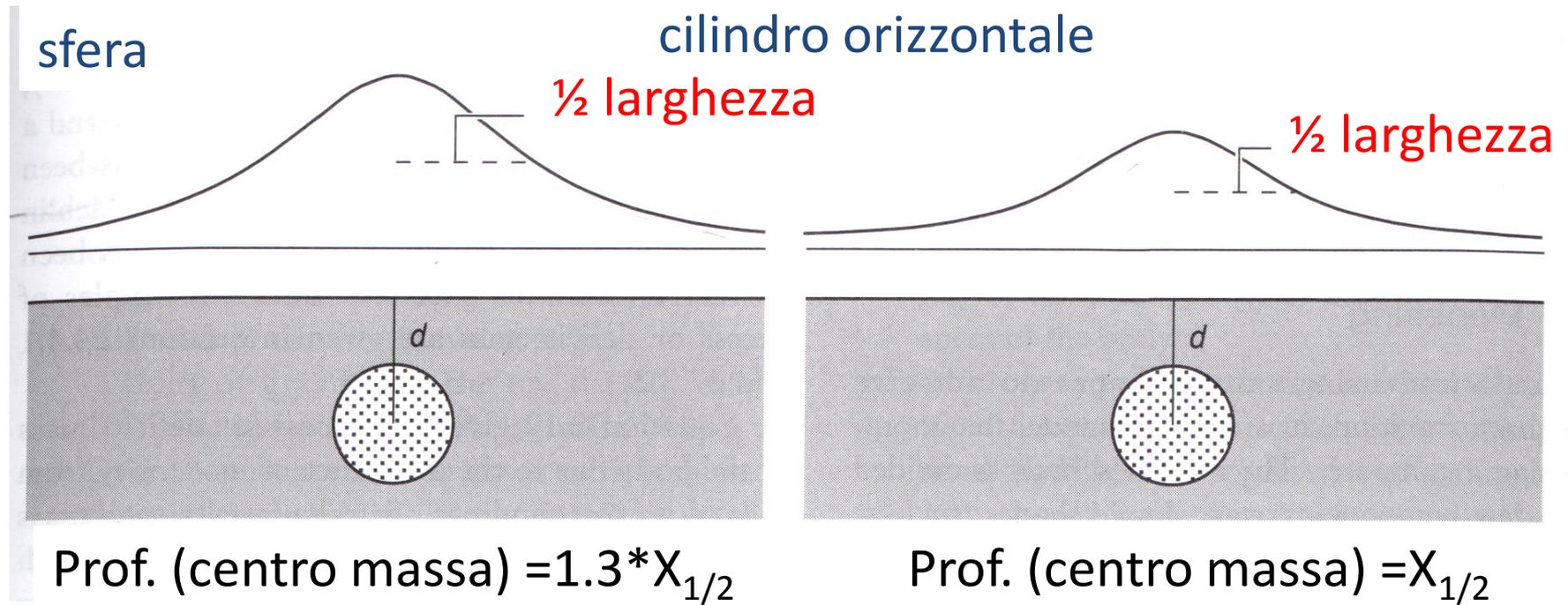
$$\frac{\gamma dM}{z^2} = \frac{\gamma dM}{(x_{1/2}^2 + z^2)^{3/2}}$$

$\gamma = G$

$\Rightarrow z = 1.305 x_{1/2}$  (m fino al centro della sfera)

$\Rightarrow dM = \frac{g_{max} * z^2}{\gamma}$  (eccesso di massa)

# Interpretazione quantitativa approssimativa – profondità della sfera (centro di massa) – il metodo metà-valore massimo (*Half maximum method*). Metodo basato sulla relazione tra lunghezza d'onda e profondità



# Interpretazione quantitativa – profondità della sfera (centro di massa) – il metodo metà-valore massimo (*Half maximum method*)

$$g = \frac{G4\pi d^3 \rho_c}{3 * r^2}$$

$$g_z = \frac{G4\pi d^3 \rho_c}{3 * r^2} \cdot \frac{z}{r} = \text{Sen}(\theta)$$

$$g_z = \frac{G4\pi d^3 \rho_c z}{3 * r^{3/2}}$$

$$g_{z_{\max}} = \frac{G4\pi d^3 \rho_c z}{3 * (z^2)^{3/2}}$$

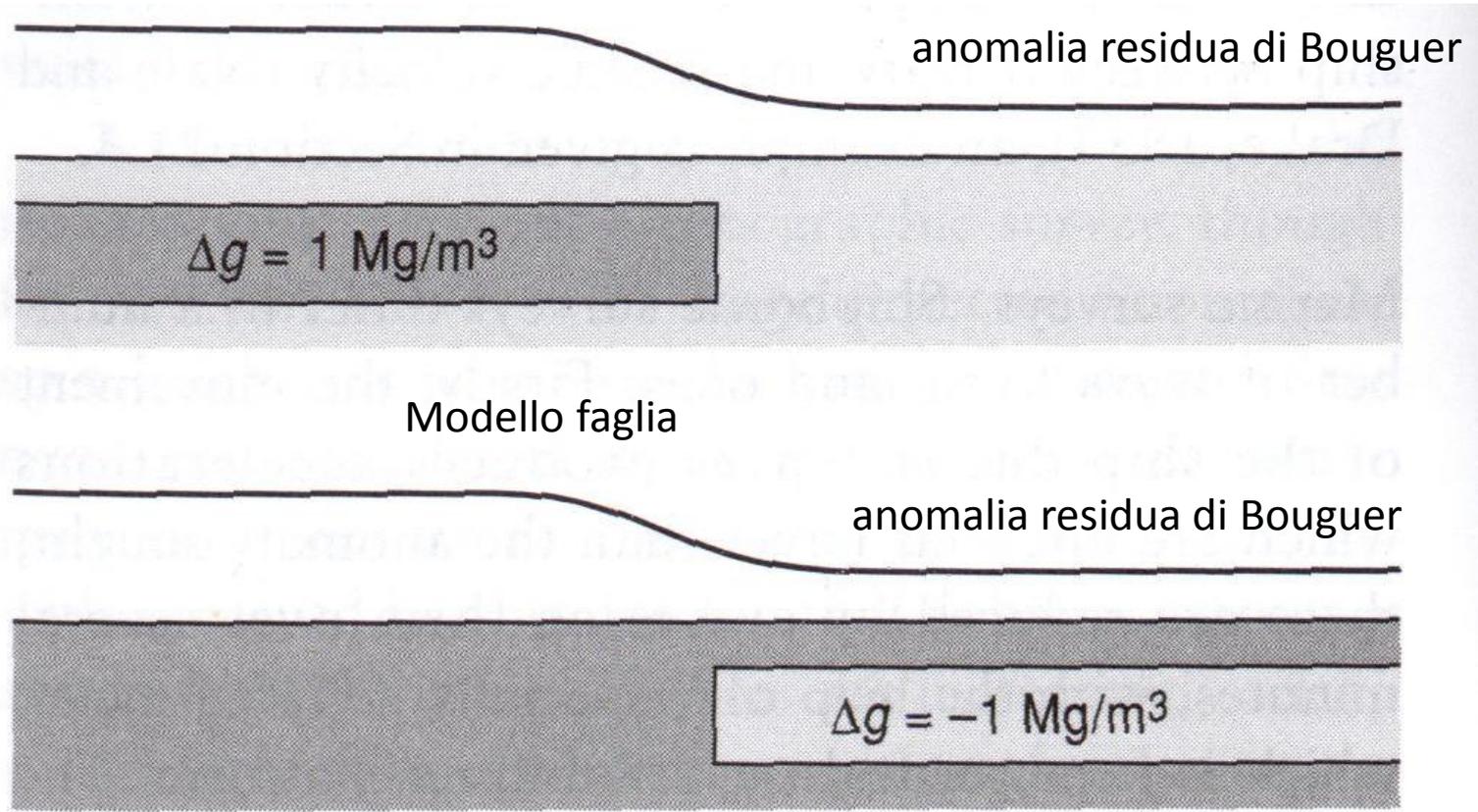
$$g_{z_{1/2 \max}} = \frac{1}{2} \left( \frac{G4\pi d^3 \rho_c z}{3 * (z^2)^{3/2}} \right) = \left[ \frac{G4\pi d^3 \rho_c z}{3 * (X_{1/2 \max}^2 + z^2)^{3/2}} \right]$$

$$= \frac{1}{2} \left( \frac{1}{(z^2)^{3/2}} \right) = \left[ \frac{1}{(X_{1/2 \max}^2 + z^2)^{3/2}} \right]$$

$$z = 1.305 X_{1/2 \max}$$

# Interpretazione dati gravimetrici- il problema dell'ambiguità o non unicità della soluzione geofisica.

l'interpretazione geologicamente realistica o fesibile dipende da informazioni indipendenti: carte geologiche, strutturali, indagine sismiche profonde,...cioè informazioni che permettono di ridurre gli nn. modelli corretti dal punto fisico in un numero ridotto di modelli realistici dal punto di vista geologico.



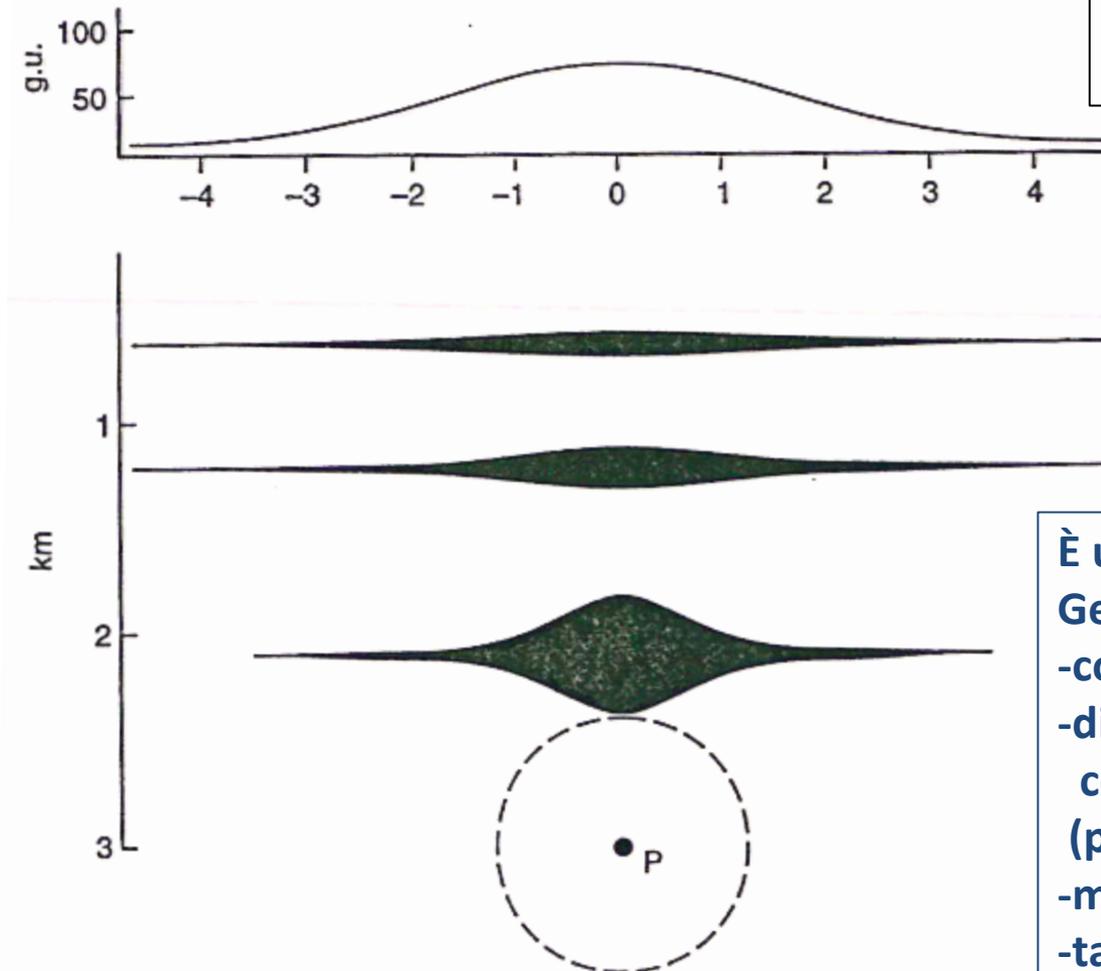
# Interpretazione dati gravimetrici- il problema dell'ambiguità o non unicità della soluzione geofisica

Tutti i modelli sono fisicamente corretti e producono anomalia di Bouguer Simile.

Corpo sferico (600 m)

Contrasto di densità ( $1 \text{ g/cm}^3$ )

$1 \text{ g.u.} = 10^{-1} \text{ mgal}$

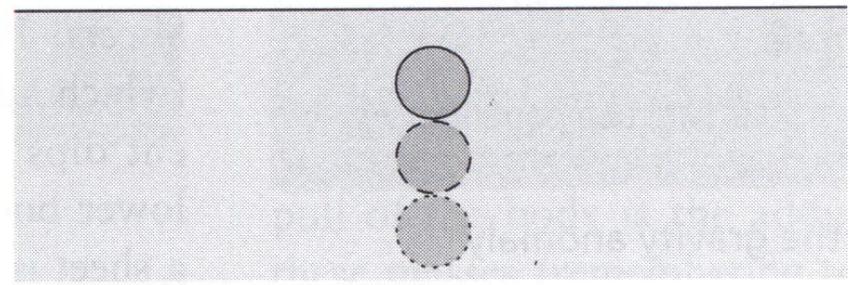
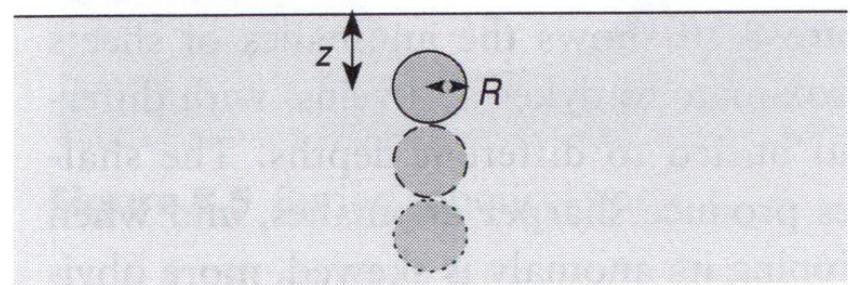
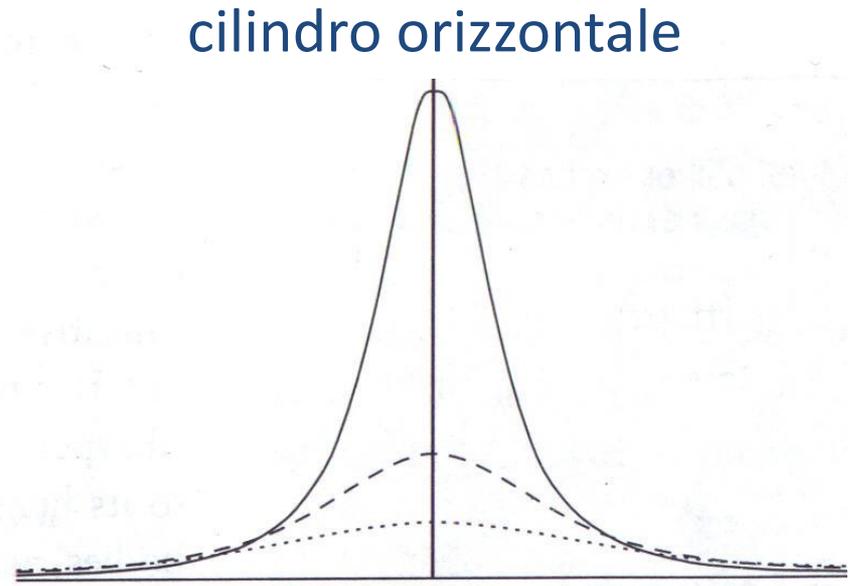
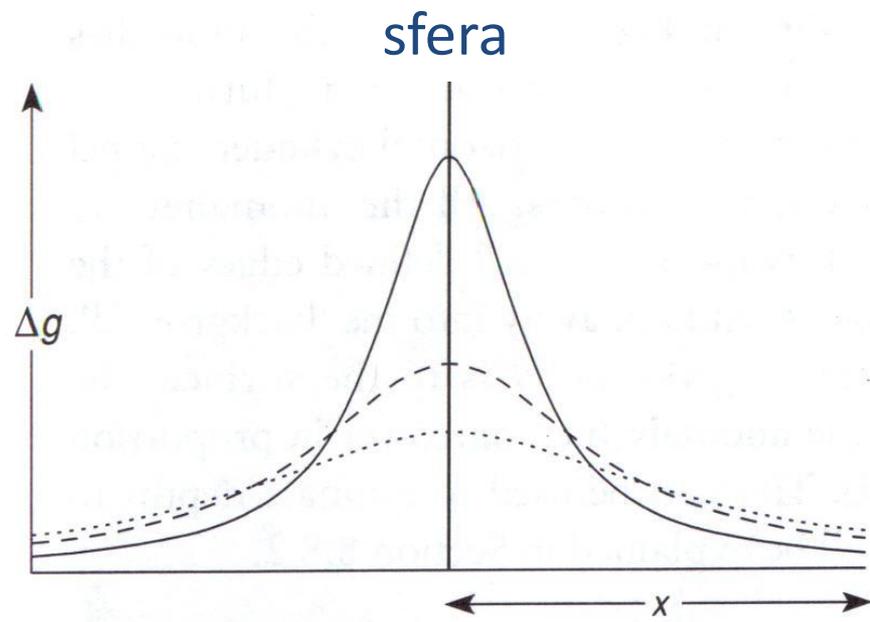


È un problema comune a tante tecniche Geofisiche. Come si risolve:

- conoscenze geologiche pregresse
- disponibilità di modelli geofisici ottenuti con l'utilizzo di altre tecniche geofisiche (p.es. elettriche, sismiche,...)
- modelli geologicamente accettabili
- taratura
- condizioni imposte ai modelli matematici

# Interpretazione dati gravimetrici- il problema dell'ambiguità o non unicità della soluzione geofisica.

Anomalie prodotte da corpi con geometria e densità note poste a profondità diverse



# Interpretazione quantitativa dati gravimetrici

## Calcolo inverso

È una tecnica per risalire alla  
Distribuzione dei parametri fisici  
di interesse nel sottosuolo a partire da  
Misure sperimentali

## Calcolo diretto (Forward modelin)

È una tecnica per calcolare dg (o g)  
Di una certa distribuzione di corpi a  
densità diverse nel sottosuolo

# **Esercizio 5:** calcolo diretto della risposta gravimetrica Di corpo semisferico posta a profondità diverse, di volume differenti (raggio diverso)

*Il foglio excel*

*Tabella\_6-6\_calcolo\_diretto\_Sfera\_Geo10\_IT.xls*

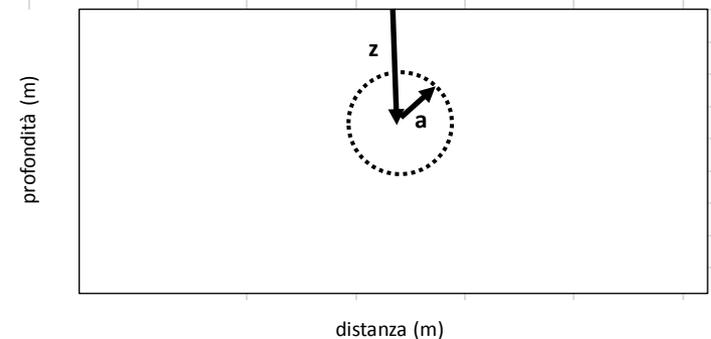
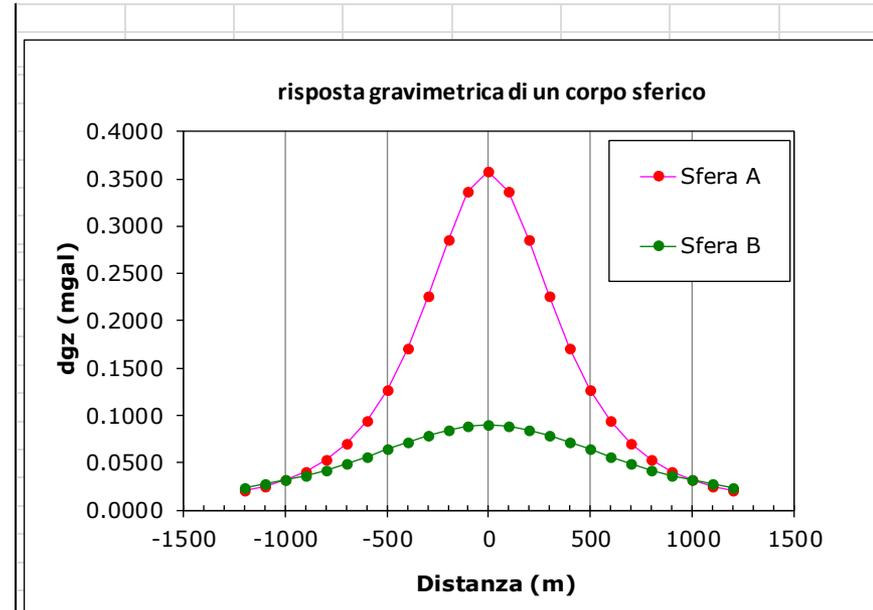
1. Calcola la risposta di un corpo semi-sferico avente le seguenti caratteristiche:
  - raggio: 2 metri, profondità centro massa: 5m
  - il corpo è una cavità vuota,
  - il corpo è una cavità riempita d'acqua,
  - il corpo è un corpo mineralizzato principalmente di (Pb)
2. Costruisce un grafico mettendo in relazione la risposta gravimetrica in funzione della profondità e del contrasto di densità commentandone il grafico.

# Esercizio 5: calcolo diretto della risposta gravimetrica

## Di corpo semisferico posta a profondità diverse, di volume differenti (raggio diverso)

corso di LT in Scienze Geologiche, UNIFE (aa 2018-2019)			
<i>GEO10 - Gravimetria</i>			
<b>Esercizio 5</b>		Sfera A	Sfera B
raggio sfera a (m)	<b>200</b>	raggio sfera (m)	<b>200</b>
profondità centro sfera z (m)	<b>500</b>	profondità centro sfera (m)	<b>1000</b>
contrasto di densità (g/cm <sup>3</sup> )	<b>0.4</b>	contrasto di densità (g/cm <sup>3</sup> )	<b>0.4</b>
campionamento lungo il profilo	<b>100</b>	campionamento lungo il profilo	<b>100</b>
Distanza (m)	Gravity (mGal)	Distanza (m)	dgz (mgal)
-1200	0.0203	-1200	0.0235
-1100	0.0253	-1100	0.0272
-1000	0.0320	-1000	0.0316
-900	0.0410	-900	0.0367

3. commenta il profilo gravimetrico se il passo di campionamento fosse di 400m anziché di 100m?



# Interpretazione quantitativa dati gravimetrici

## Calcolo inverso

**È una tecnica per risalire alla  
Distribuzione dei parametri fisici  
di interesse nel sottosuolo a partire da  
Misure sperimentali**

## Calcolo diretto (Forward modelin)

**È una tecnica per calcolare dg (o g)  
Di una certa distribuzione di corpi a  
densità diverse nel sottosuolo**

# Inversione dati gravimetrici: esempio di procedura di inversione dati gravimetrici variando lo spessore della piastra di Bouguer

## *Step 1:*

Datiero osservato: anomalia gravimetrica RESIDUA

## *Step 2:*

*Struttura ipotizzata del sottosuolo (parametri fisici della geometria) p.es.  
Piastra orizzontale di Bouguer*

## *Step 3:*

*Usiamo l'anomalia di Bouguer semplice*  $\delta g = \Delta h(0.3083 - 0.04192 \rho) mGal$

*$\delta g$ : nota;  $\Delta h$  e  $\rho$ : due incognite → sono necessarie due equazioni ma ne abbiamo solo una*

## *Step 4:*

Fissiamo il contrasto di densità assumendo che l'anomalia è dovuta soltanto alla variazione dello spessore della piastra di Bouguer

$$\delta g = \Delta h (0.3083 - 0.04192 \Delta \rho) mGal$$

## *Step 5:*

Calcola variazione di spessore  $\Delta h$

$$\Delta h = \delta g / (0.3083 - 0.04192 \Delta \rho) \text{ meter}$$

# Inversione dati gravimetrici: esempio di procedura di inversione dati gravimetrici variando lo spessore della piastra di Bouguer

## *Step 6:*

Se la differenza ( $\delta g_{calcolata} - \delta g_{sperimentale}$ ) è minima in termini di RMS <5% allora lo spessore  $h$  è una stima ragionevole **altrimenti** occorre modificare lo spessore e rifare il calcolo oppure modificare la densità e rifare il calcolo

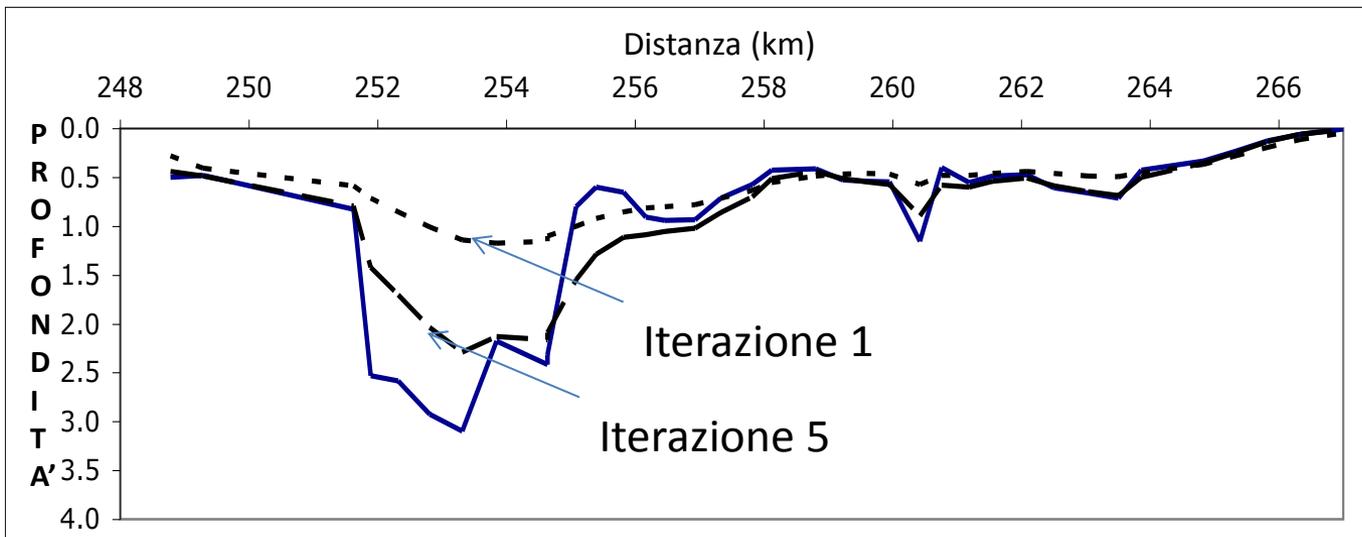
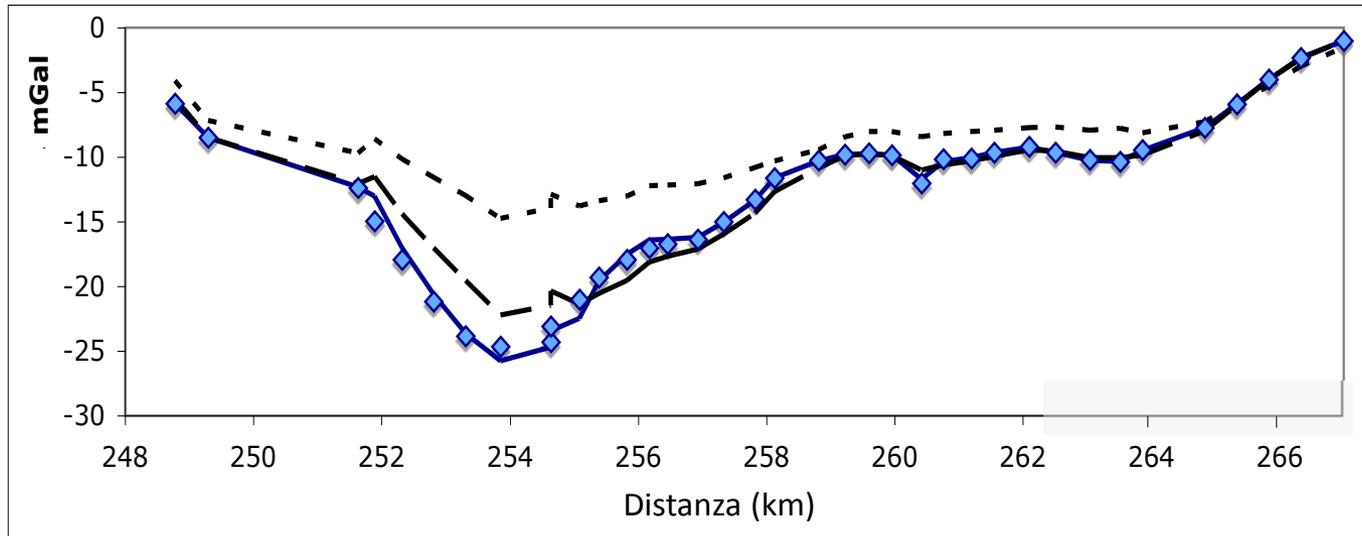
## *Note: il problema dell'ambiguità*

**L'ambiguità** significa che diversi parametri del modello (proprietà fisica: densità e geometria corpi) possono produrre risposte gravimetriche simili ovvero il dato teorico passa per la maggiore parte dei punti sperimentali.

**Soluzione:** per ridurre il numero dei modelli fisicamente corretti ad uno o pochi modelli bisogna avere informazioni indipendenti: carte geologiche, perforazioni, sezioni sismiche profonde,..etc.

Le indagini gravimetriche spesso sono associate ad indagini magnetiche i cui risultati possono contribuire alla riduzione dell'ambiguità.

# Il risultato dell'inversione – nota anche I risultati intermedi “iterazioni”



**metodi gravimetrici**  
**Fine parte 6 (ultima)**