

Luciano Buggio

# L'ANOMALIA DEL POTENZIALE DI NEWTON

Venezia, estate 2010

<http://www.lucianobuggio.altervista.org>  
buggiol@libero.it

## 1 - Equazione generale del potenziale centrale.

Consideriamo il potenziale centrale la cui equazione sia la derivata prima di:

$$y = -a \ln x + \frac{a}{m(4^{k+1})} [(16^{k-b})^2]^{-(x-2^b)^2}$$

Il primo termine della somma è la funzione logaritmica, il secondo la gaussiana.

Quindi la nostra funzione di potenziale è la somma della derivata della logaritmica (cioè la funzione iperbolica) con la derivata della gaussiana.

Si disegna la curva di tale potenziale (col programma Graphmatica) attribuendo ai parametri i seguenti valori arbitrari:

$$a=50$$

$$m=0.347$$

$$k=3.5$$

$$b=3$$

A tale scopo l'equazione di partenza va scritta coi simboli che il programma sa leggere.

$$y=-a*\ln(x)+a/(m(4^{(k+1)}))*((16^{(k-b)})^2)^{-(x-2^b)^2}.$$

Sostituendo con i valori scelti, avremo:

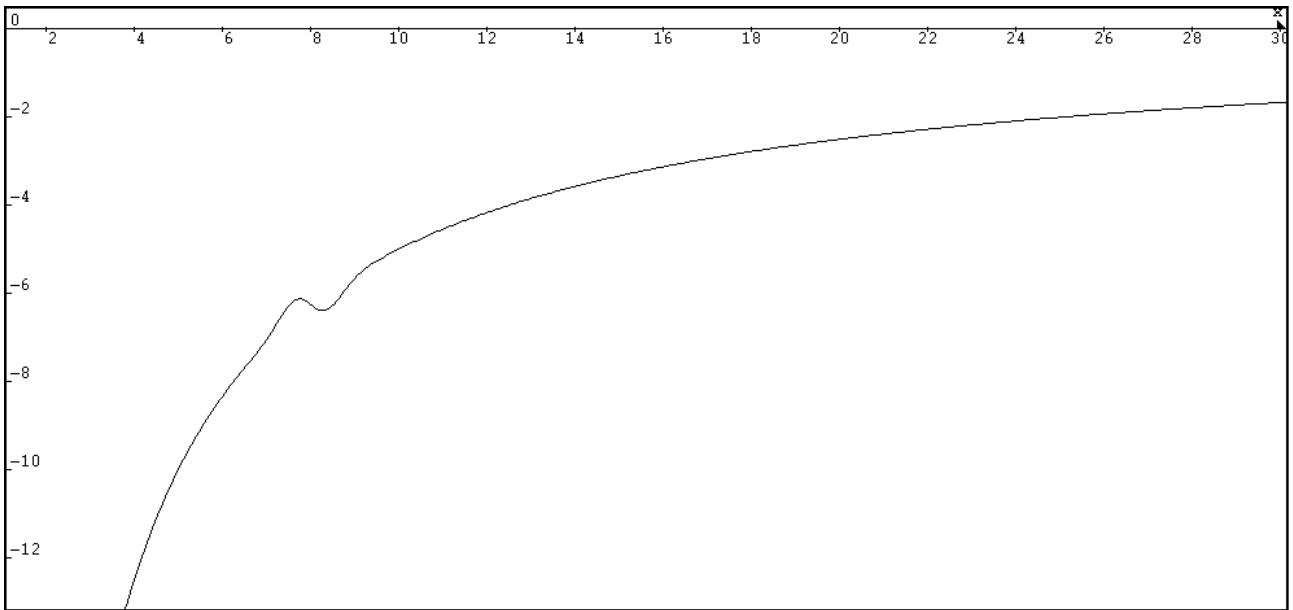
$$y=-50*\ln(x)+50/(0.347(4^{(3.5+1)}))*((16^{(3.5-3)})^2)^{-(x-2^3)^2}$$

La sua derivata è:

$$y'=-50*1/x + -2*50/(0.347*4^{4.5})*16^{(3.5-3)^2}^{-(x-2^3)^2}*\ln(16^{(3.5-3)^2}*(x-2^3)) \text{ deriv. of } y=-50*\ln(x)+50/(0.347(4^{(3.5+1)}))*((16^{(3.5-3)})^2)^{-(x-2^3)^2}$$

Il grafico (fig.1):

Fig. 1



## 2 – L'”anomalia”

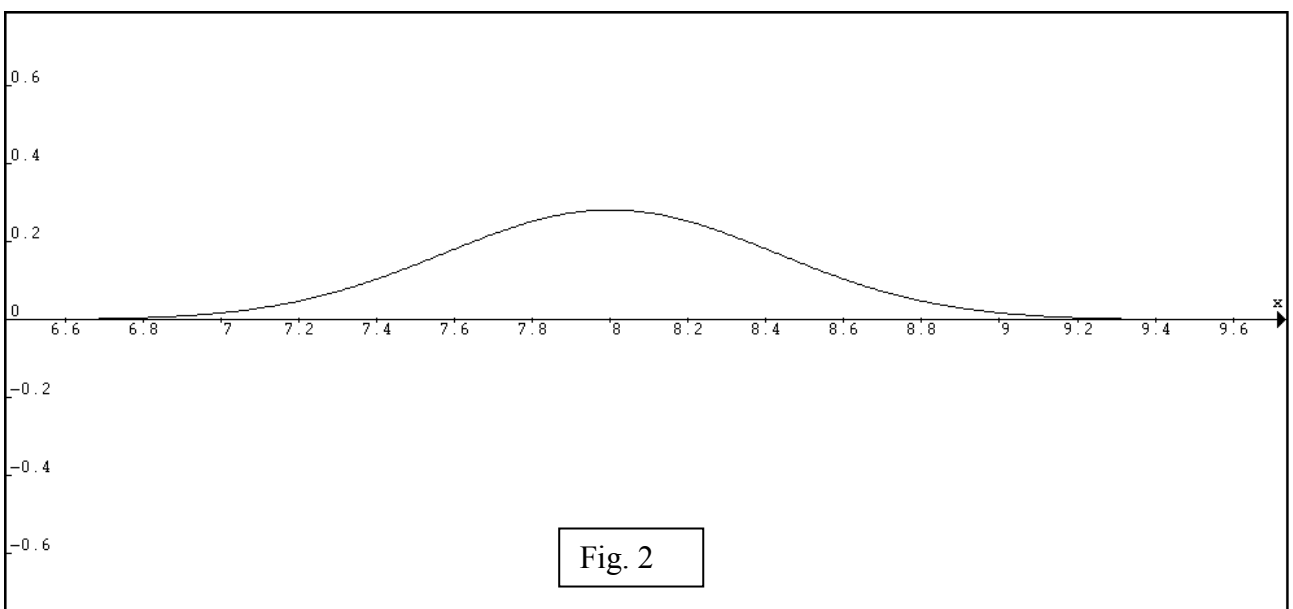
Come detto, al potenziale avente la forma  $-a/x$  è stata aggiunta, centrata ad una distanza arbitraria dall'origine, la derivata della gaussiana.

Se  $-a/x$  è il potenziale newtoniano, la derivata della gaussiana rappresenta quella che chiameremo “anomalia” del campo.

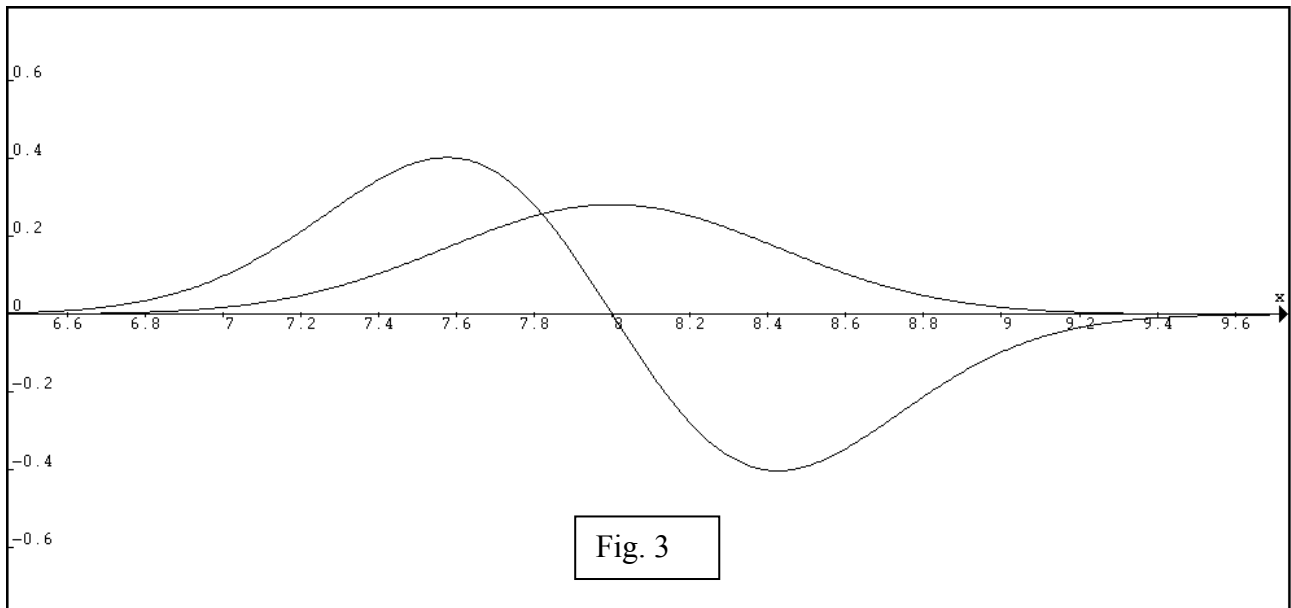
Consideriamo quindi isolatamente il secondo addendo della funzione.

La gaussiana (fig.2) coi parametri scelti, è:

$$y=50/(0.347(4^{(3.5+1)})) * ((16^{(3.5-3)})^2)^{-(x-2^3)^2}$$



La curva della sua derivata (in fig.3 abbiamo lasciato la gaussiana per facilitare il confronto) è



Come si vede, l'”anomalia” consiste in una successione “dosso cunetta”, la quale va innestata (per somma) al potenziale iperbolico.

Per intanto studiamo questa curva, considerando volta per volta la variazione dei suoi parametri

## 2.1 – Variabilità di $a$

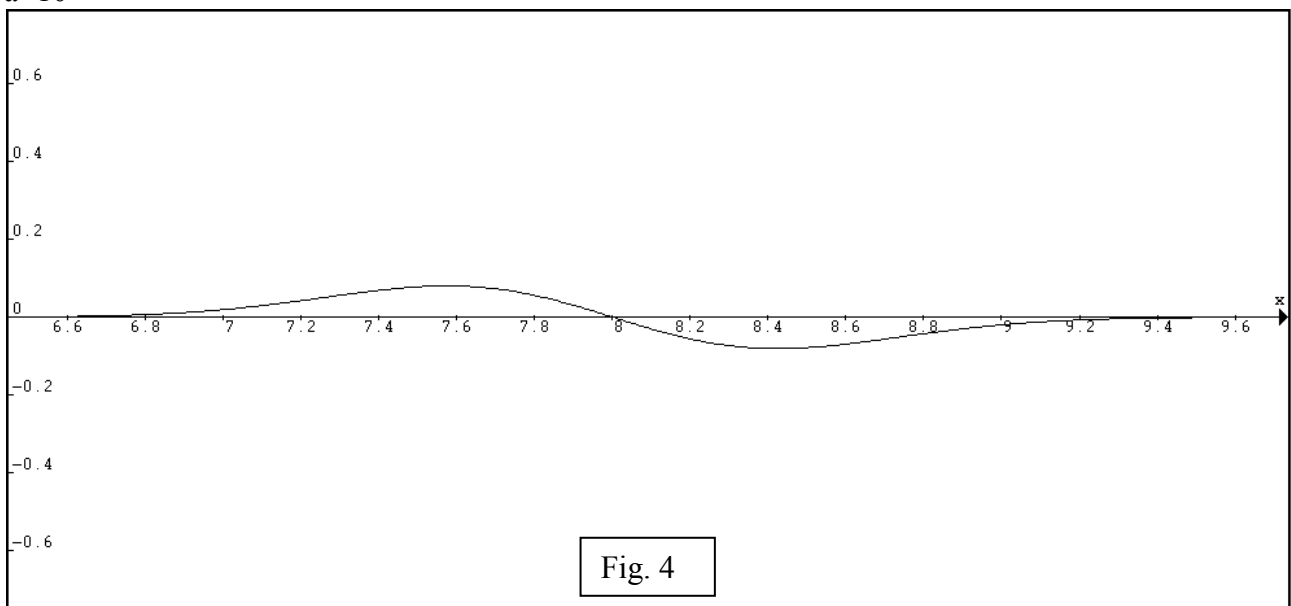
$a$  è numero reale positivo.

$a > 0$

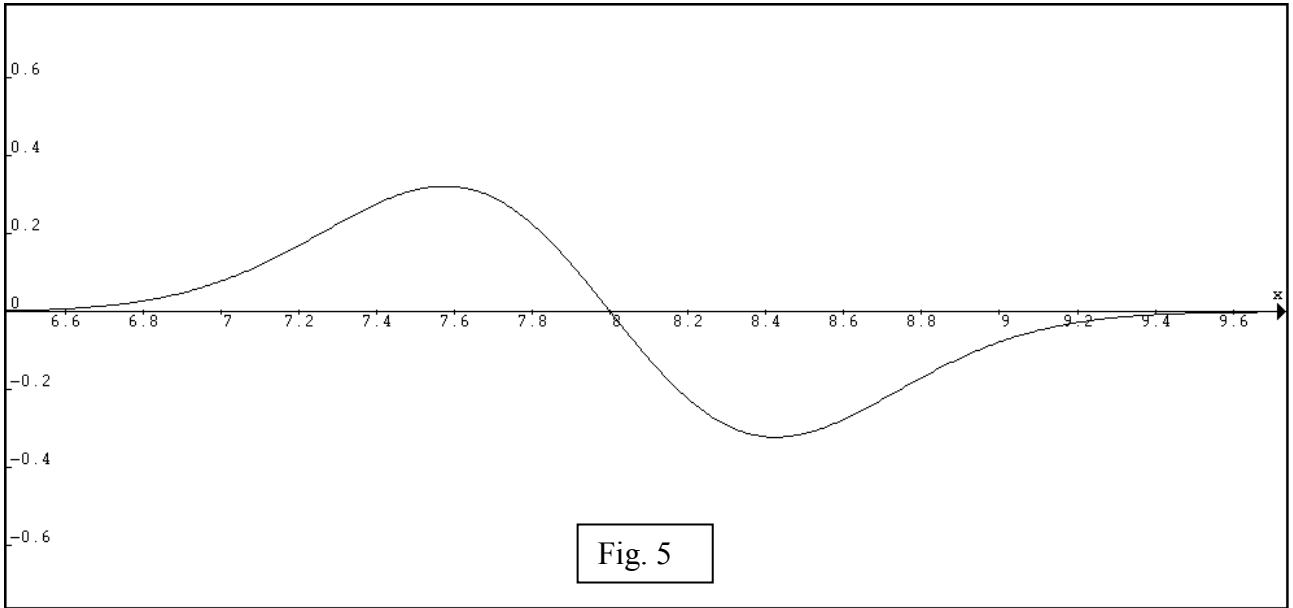
Al crescere di  $a$  aumentano proporzionalmente il rilievo del dosso e la profondità della buca, restando invariato l'ingombro orizzontale.

Qui di seguito (figg.4,5,6,7) alcuni andamenti per valori crescenti di  $a$  (10, 40, 60, 80).

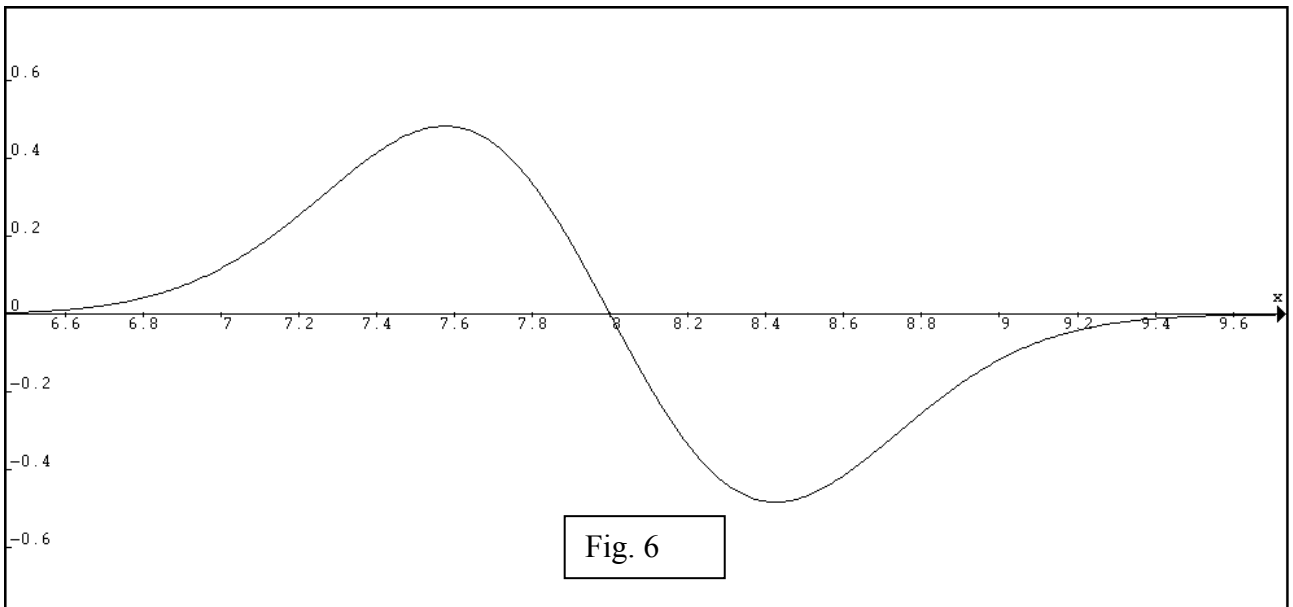
$a = 10$



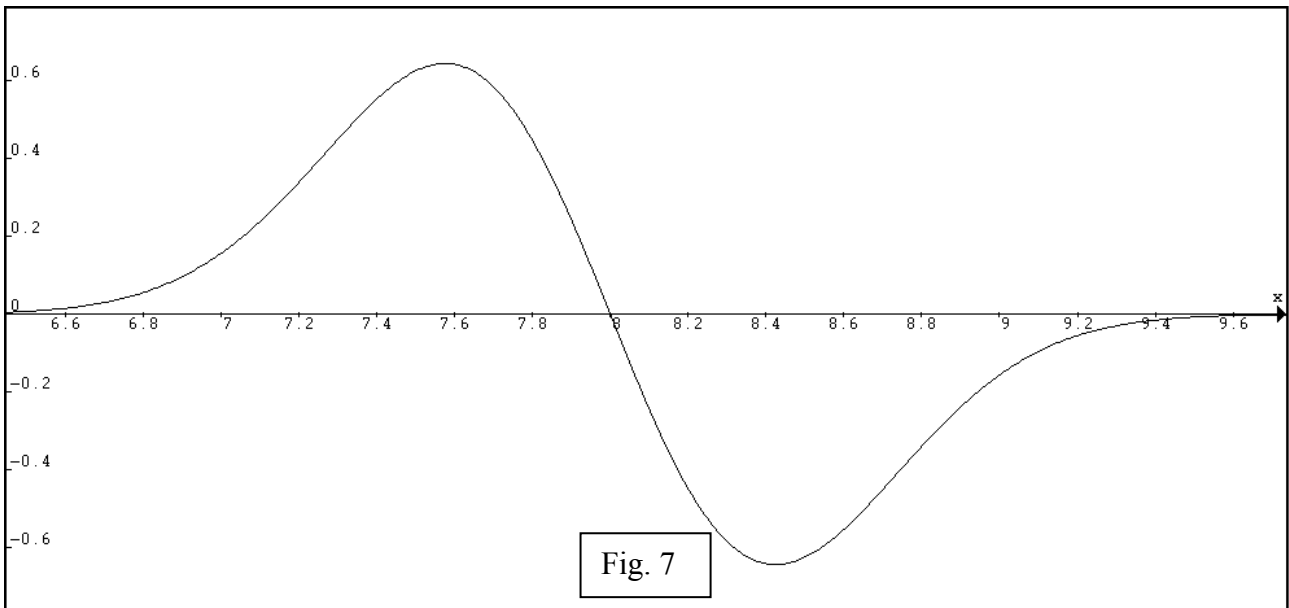
a=40



a=60



a=80



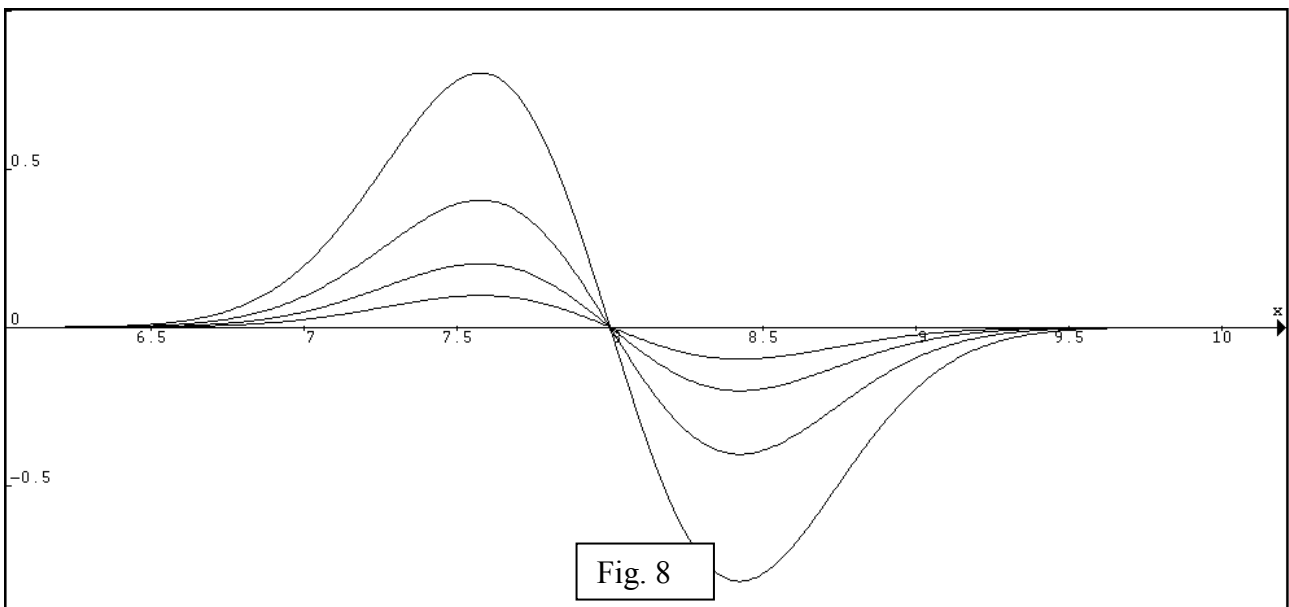
## 2.2 – Variabilità di m

m è numero reale positivo

$m > 0$

L'altezza del dosso e la profondità della buca (invariati in larghezza) variano con l'inverso di m. Qui sotto, nello stesso riquadro, gli andamenti (dal più rilevato al meno rilevato) della funzione per valori di m che successivamente raddoppiano (fig. 8).

$m = 0.1735 \quad 0.3470 \quad 0.6940 \quad 1.3880$



Dimezzando m raddoppia il rilievo: al crescere di m l'anomalia è sempre meno rilevante, e scompare, molto rapidamente, come vedremo, al limite di  $m \rightarrow \infty$

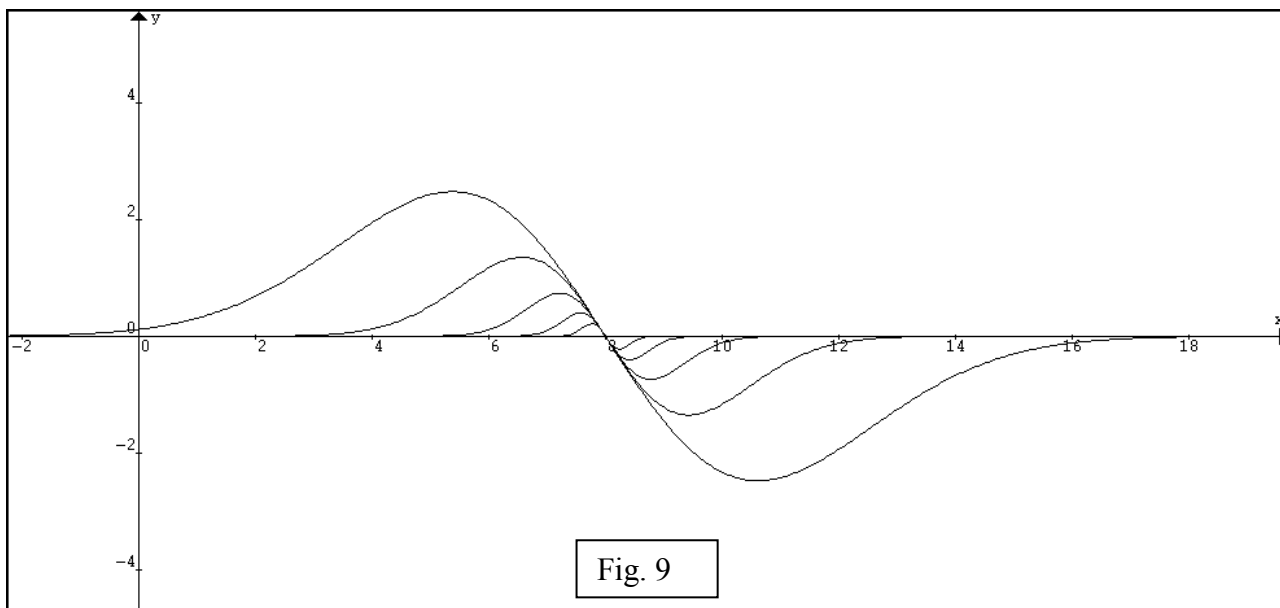
### 2.3 - Variabilità di k.

k è numero reale positivo

$$k > 0$$

Al crescere di k sia il rilievo che l'estensione dell'anomalia decrescono, conservando lo stesso rapporto: vale a dire che dossi (e cunette) al variare di k sono "simili", vengono solo rimpiccioliti (o ingranditi)

Insieme in grafico (fig.9) gli andamenti per cinque valori crescenti di k (con incremento fisso di 0.875 a partire da 0.875).



k = 0.875 1.750 2.625 3.5 4.375

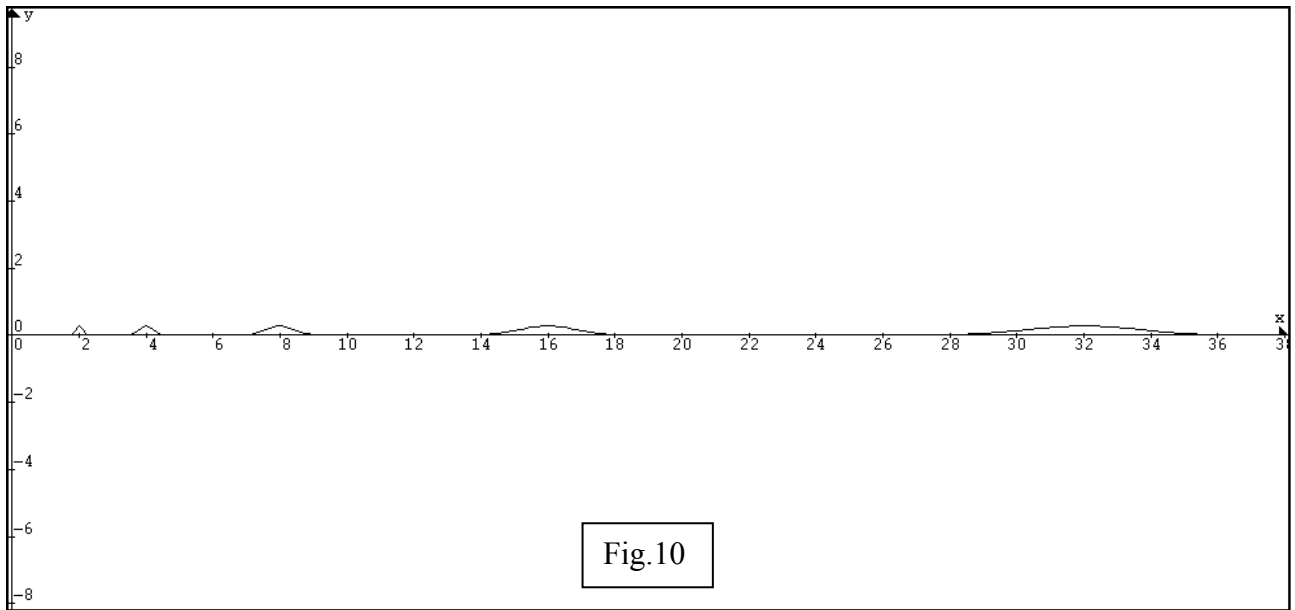
### 2.4 - Variabilità di b.

b varia da  $-\infty$  a  $+\infty$ .

b è il logaritmo in base 2 della distanza dall'origine del centro dell'anomalia (il punto di flesso che raccorda il dosso con la buca).

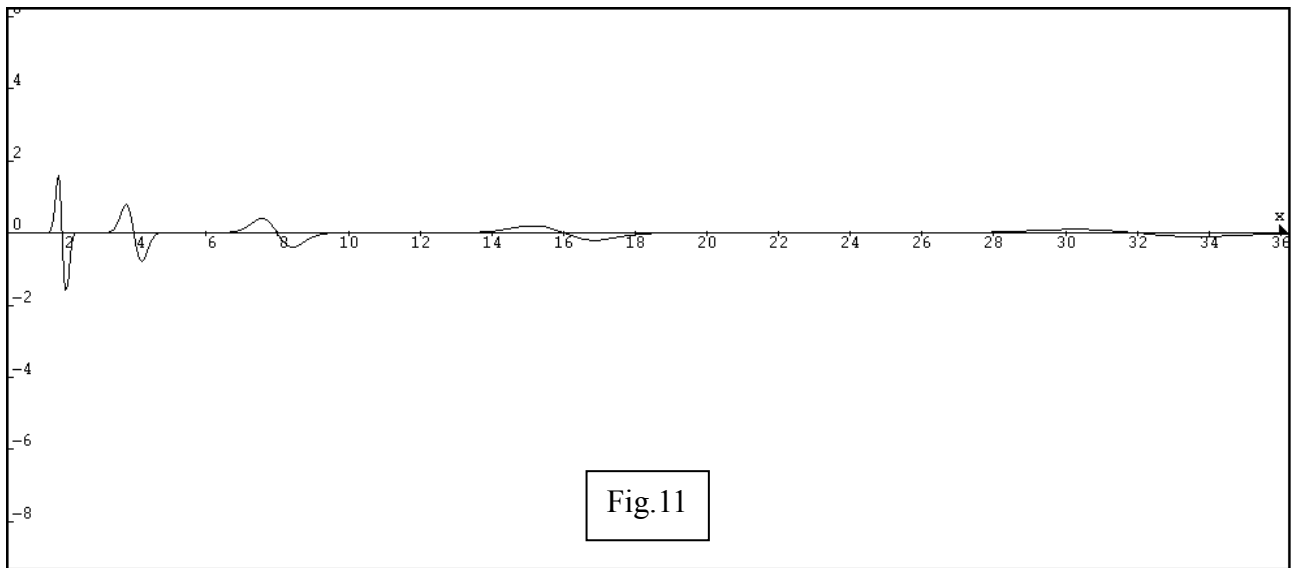
Dati a b i valori 1,2,3,4, 5 l'anomalia sarà collocata alla distanza  $2^b$ , cioè rispettivamente: 2,4,8,16,32.

Rappresentiamo prima le rispettive gaussiane (fig.10).



Con la distanza aumenta linearmente l'estensione della campana, restando invariata la sua altezza, cosicch  l'area sottesa cresce linearmente con la distanza stessa.

Passiamo allora alla derivata (fig.11).



Estraiamo, per maggior visibilit , il dettaglio delle prime tre anomalie (fig.12).



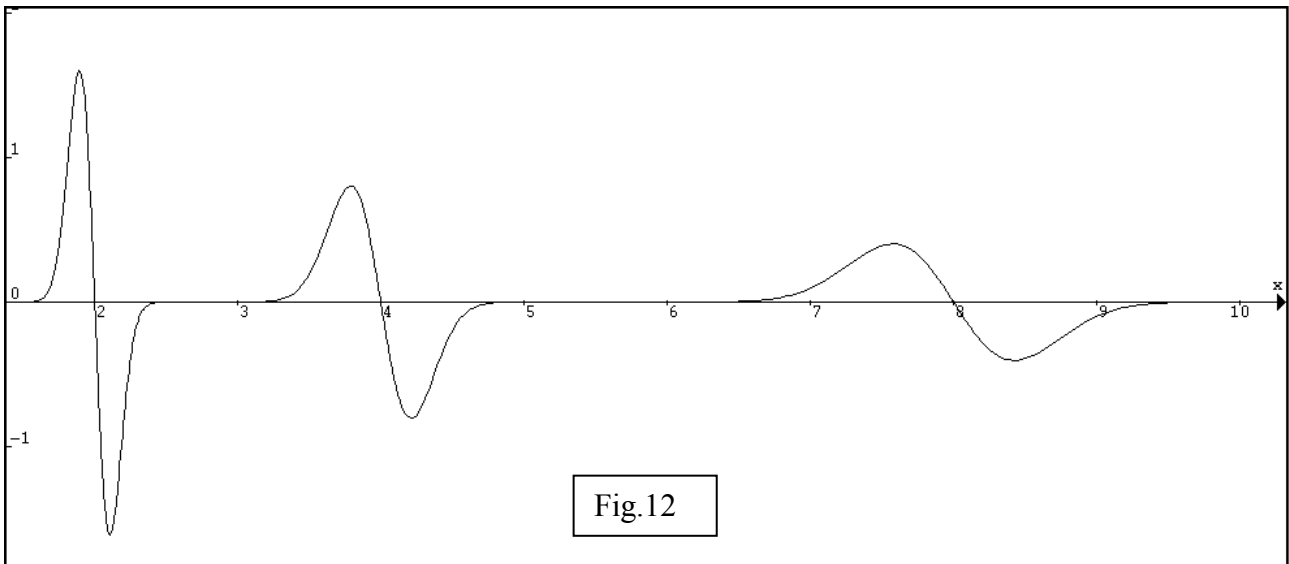


Fig.12

L'ingombro verticale dell'anomalia (l'altezza del dosso sommata alla profondità della buca) è precisamente determinata. Non così l'"estensione" della medesima (la stessa considerazione si applichi all'estensione orizzontale della campana di cui sopra) che a rigore va da  $-\infty$  a  $+\infty$ : però se si pensa ad un intervallo avente come estremi due punti di ideale raccordo col potenziale piatto (l'asse delle x) si può dire che tale estensione è finita e determinata ed è direttamente proporzionale alla distanza del centro dell'anomalia dall'origine, cioè a  $2^b$ ,

Se l'ingombro orizzontale aumenta proporzionalmente con la distanza, quello verticale diminuisce con la legge dell'inverso della distanza stessa.

Abbiamo tracciato in fig.13 l'iperbole di equazione  $y=3.05../x$  (trovata "empiricamente") che interpola i punti di massimo delle anomalie.

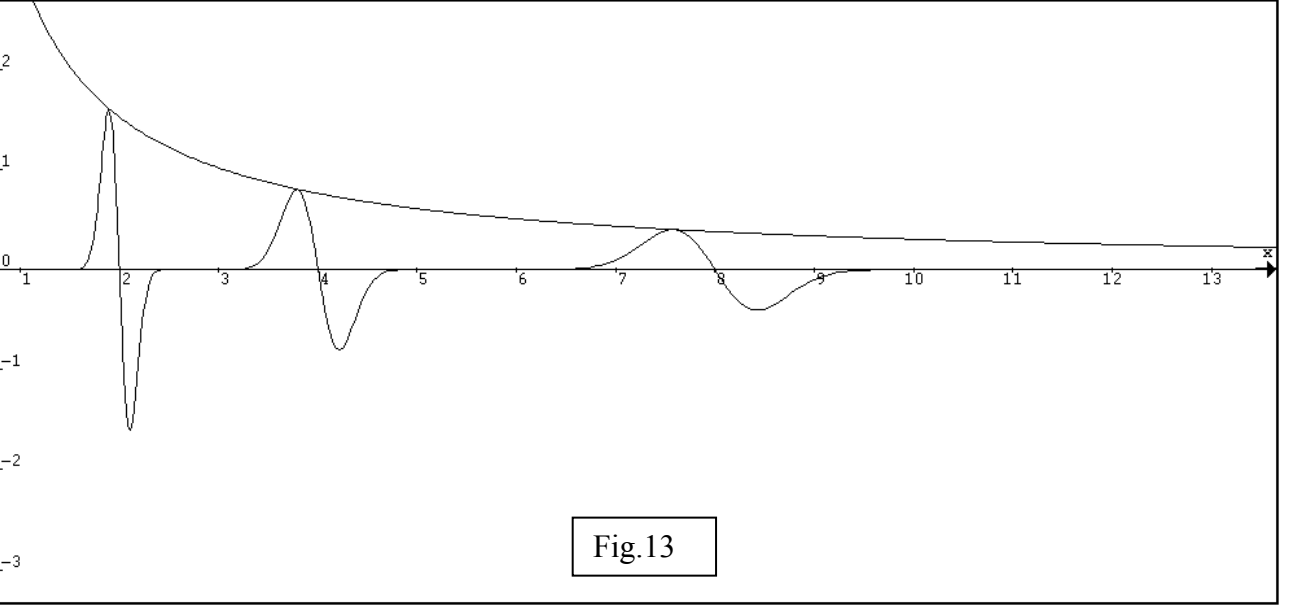
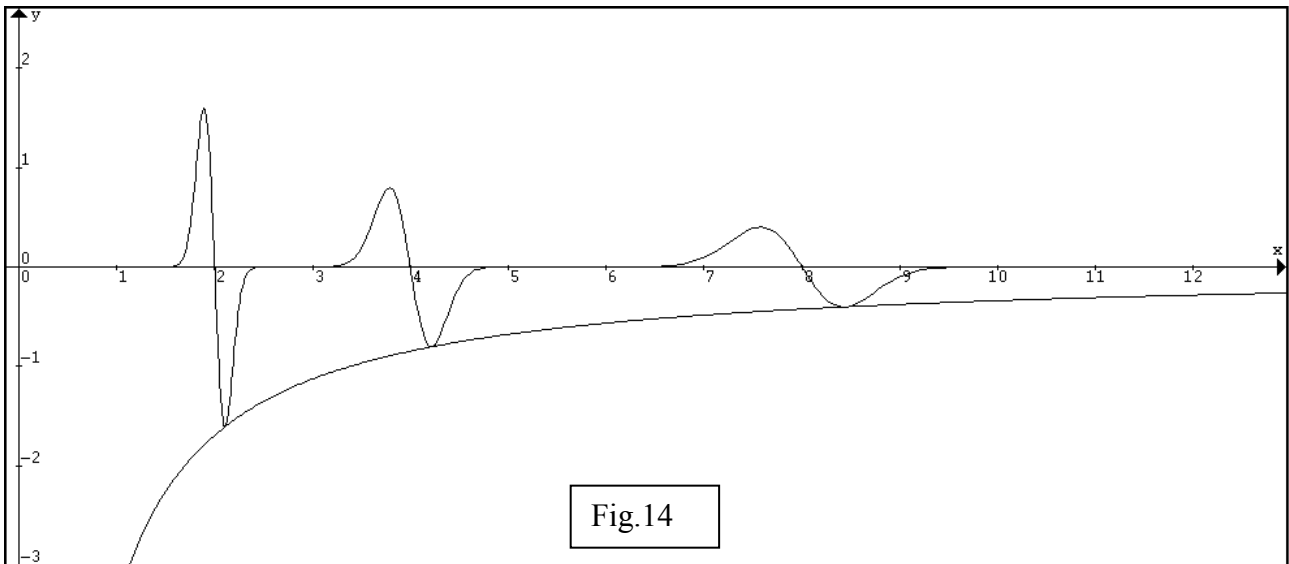


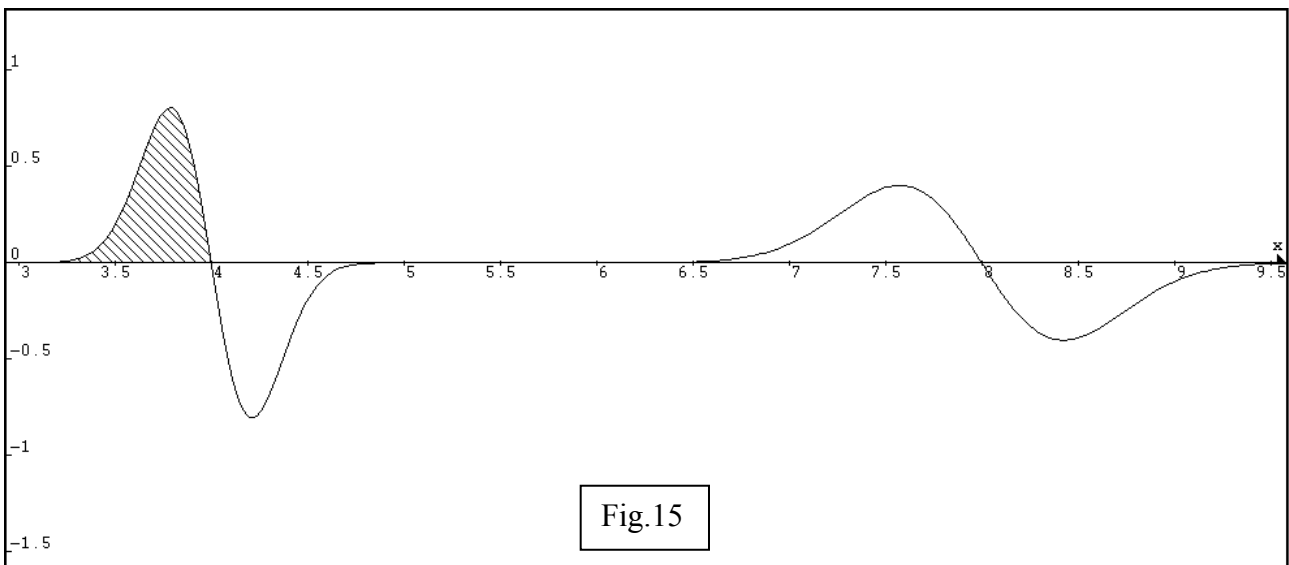
Fig.13

I punti di minimo delle anomalie sono ovviamente interpolati da un'iperbole con a (in modulo) leggermente maggiore ( $a=-3.39$ ), essendo che le ascisse dei minimi (permanendo uguali le ordinate) sono spostate verso destra rispetto a quelle dei massimi (fig.14).



## 2.5 – Invarianza delle aree con la distanza e dell'integrale del potenziale da zero a $+\infty$ .

La diminuzione dell'ingombro verticale in concomitanza con l'aumento di quello orizzontale con l'aumentare della distanza dall'origine, viste le rispettive leggi, fa sì che l'area (sia del dosso che della cunetta, in tratteggio in fig. 15) rimanga costante.



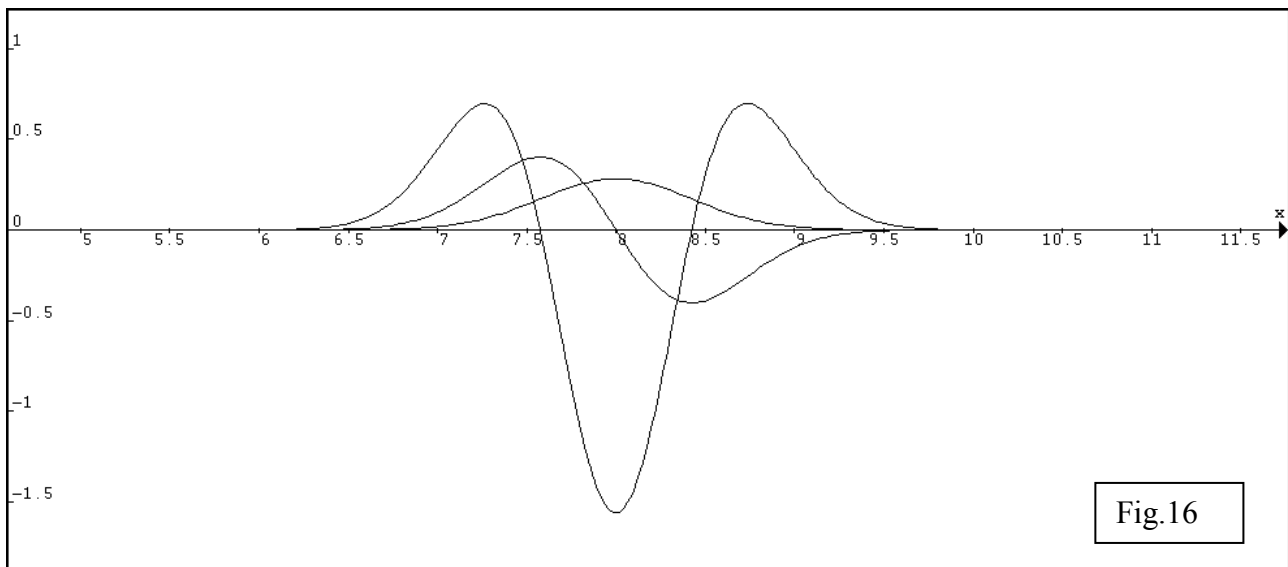
Inoltre l'uguaglianza dell'area del dosso e della cunetta in ciascuna anomalia implica la notevole proprietà dell'integrale definito del potenziale di rimanere invariato in qualsiasi intervallo centrato nell'anomalia: sempre nullo se ci limitiamo all'anomalia, sempre uguale a quello del potenziale iperbolico nella somma, ed in generale da zero ad infinito, indipendentemente dal numero e dalla rilevanza delle anomalie presenti.

Vale a dire che la "quantità totale" di potenziale iperbolico non varia con l'introduzione delle anomalie: quanto viene tolto da una parte a scavar la buca viene aggiunto dall'altra a formare la montagna: non si butta via né si aggiunge nulla.

Esaurito lo studio sommario degli andamenti dell'anomalia del potenziale in funzione dei parametri, passiamo alla derivata.

### 3 – La derivata dell’anomalia (la “forza”).

La derivata del potenziale è la “forza”.



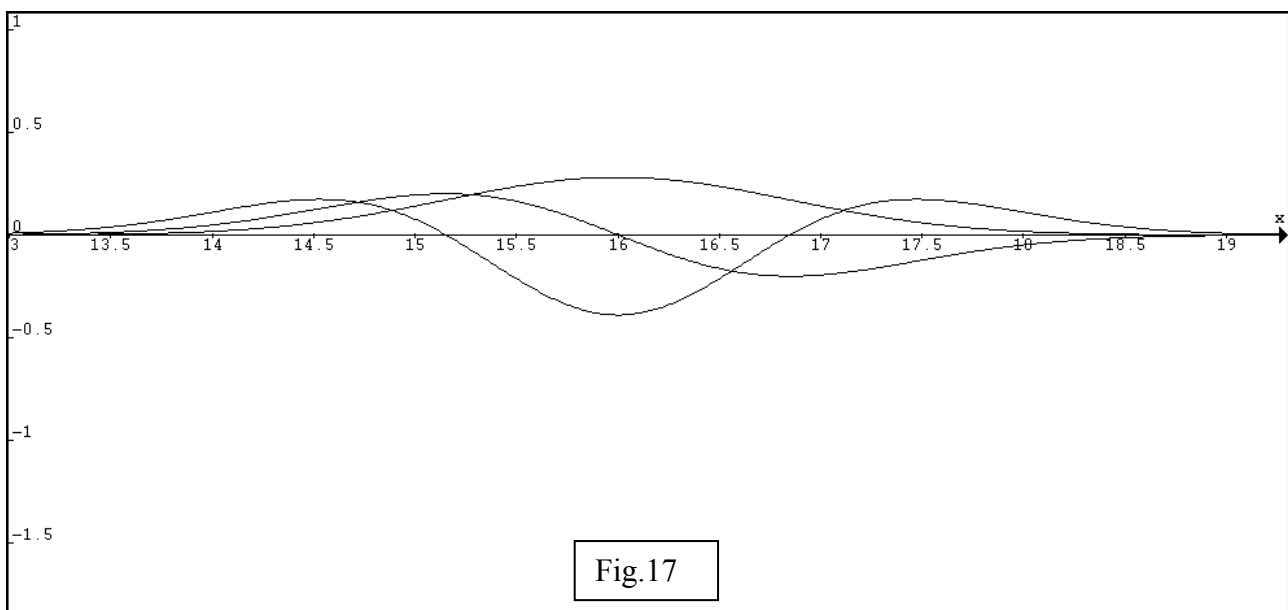
Nello stesso riquadro di fig.16 la gaussiana di base con la sua derivata prima (il potenziale) e la sua derivata seconda (la “forza”).

Ai parametri sono stati dati i soliti valori esemplificativi di base, n particolare  $b=3$  ( $2^3=8$ )

Nell'intervallo in cui la curva è disegnata sotto l'asse delle x la forza è diretta verso destra (“repulsiva”).

E' nulla in corrispondenza del minimo e del massimo dell'anomalia e “attrattiva” (diretta a sinistra) nel restante dominio.

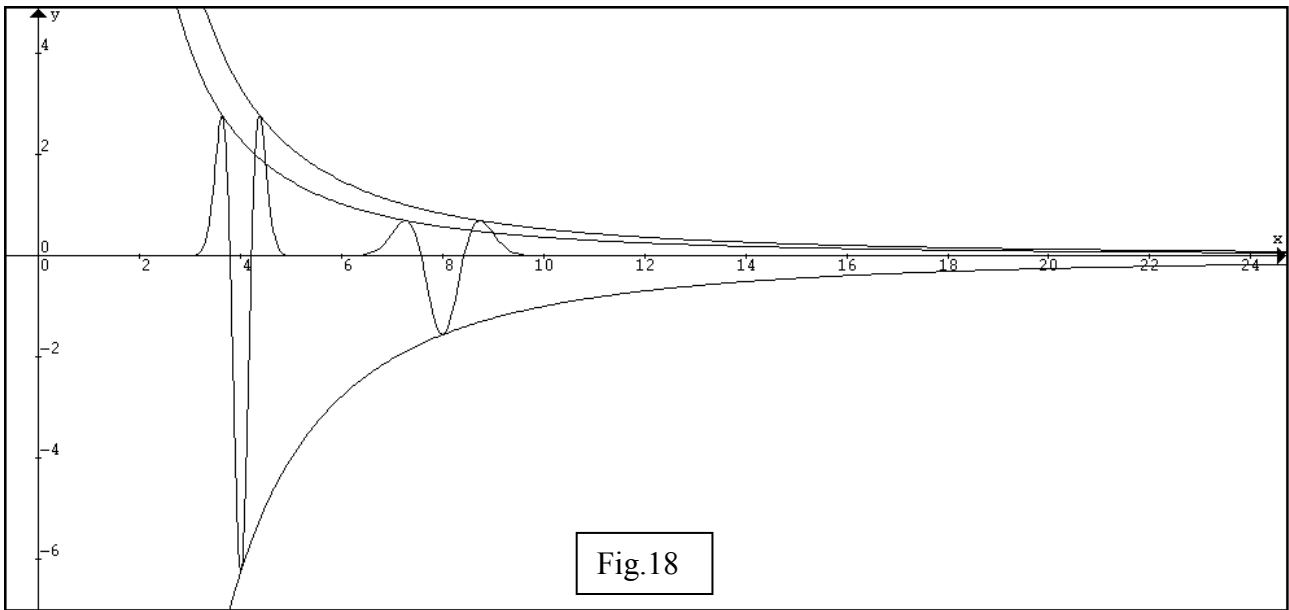
Per  $b=4$  ( $2^4=16$ ), avremo (fig.17):



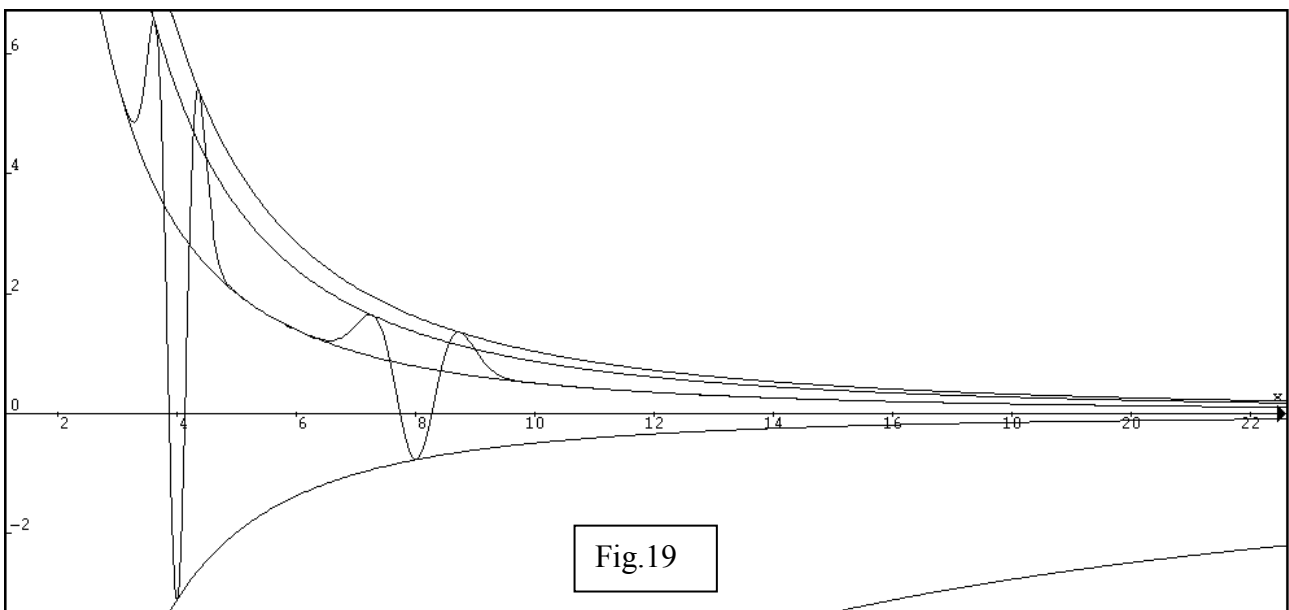
I massimi ed i minimi relativi della funzione forza decrescono con l'inverso del quadrato della distanza.

Nella figura 18 che segue abbiamo tracciato le tre curve interpolatrici dei punti di massimo (che

sono rispettivamente  $y=36.8.../x^2$  e  $y=53.2.../x^2$ ) e del punto di minimo (che è  $y=-100/x^2$ )



Anticipando i contenuti dei paragrafi in cui avremo sommato l'anomalia al potenziale iperbolico, in figura 19 abbiamo tracciato le corrispondenti tre curve interpolatrici dei punti di massimo (che sono rispettivamente  $y=86.4/x^2$  e  $y=103/x^2$ ) e del punto di minimo (che è  $y=-50/x^2$ )

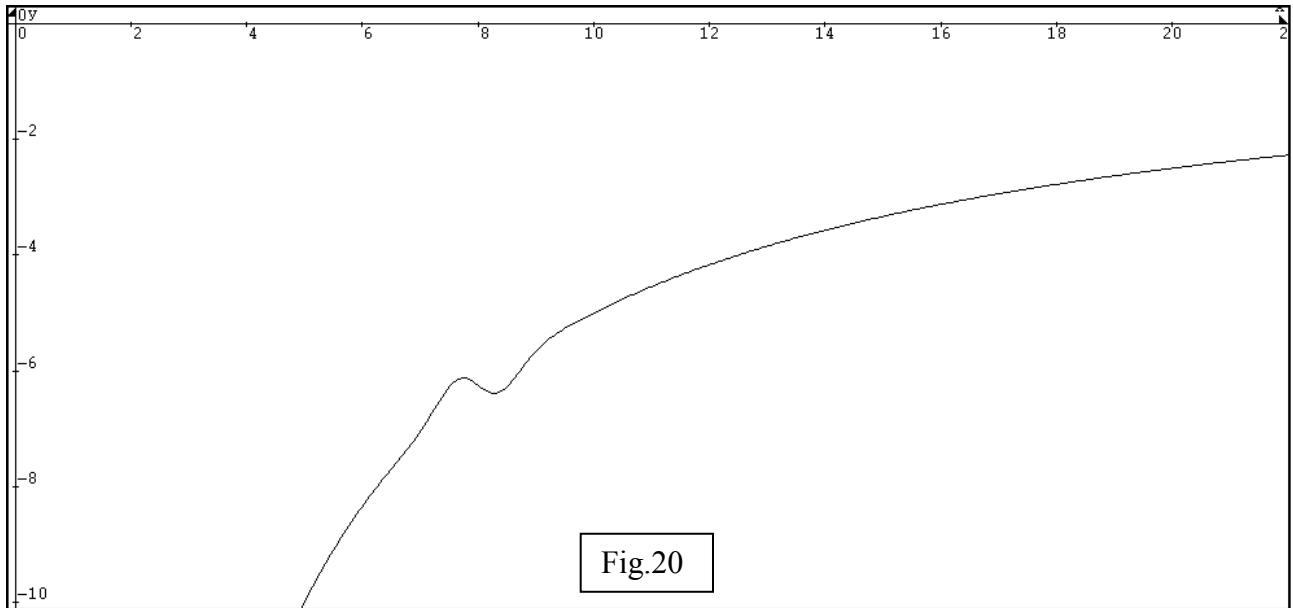


Naturalmente anche qui l'andamento è quello della forza di Newton, l'inverso del quadrato della distanza.

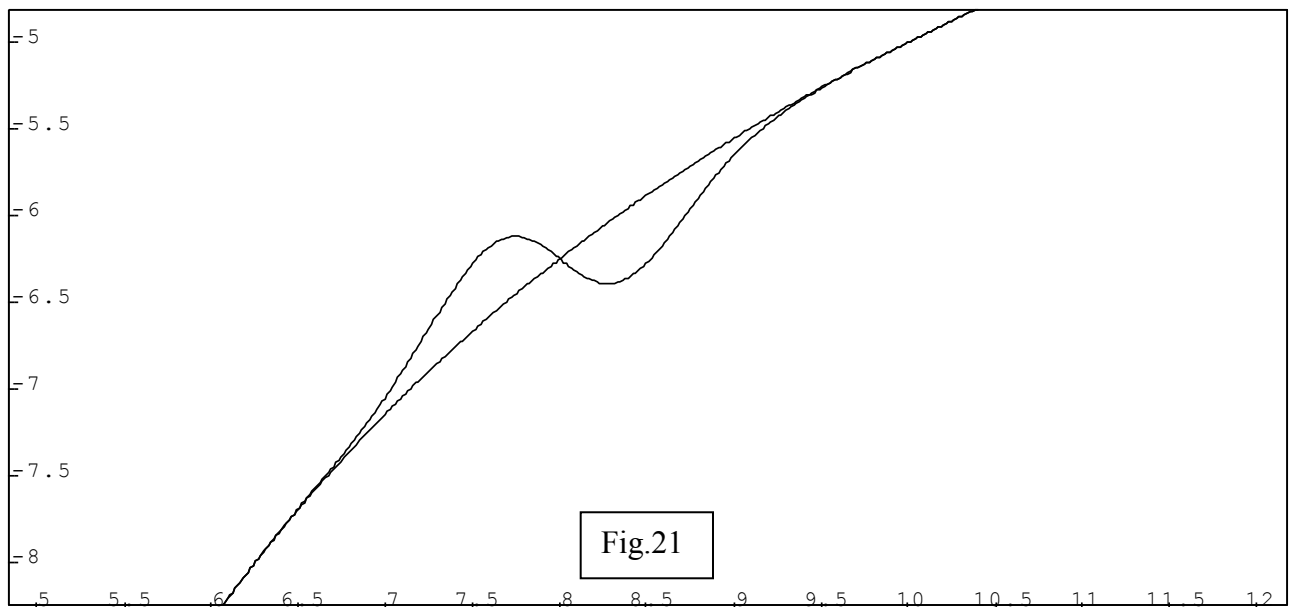
Innestiamo ora la nostra anomalia nel potenziale iperbolico.

#### 4 – Il potenziale iperbolico con “anomalia”.

Riproponiamo in fig.20 la fig.1



Nella figura 21 il dettaglio, con tracciata anche l'iperbole non deformata localmente, per far vedere che ora l'anomalia ha perso la sua simmetria modulare..



Resta sempre vero che l'area del dosso è uguale a quella della buca, ma dosso e buca sono diversi ora per forma.

Inoltre è evidentemente cambiato l'orientamento, in particolare l'inclinazione della tangente al flesso centrale di raccordo.

Nei paragrafi che seguono tratteremo le variazioni dei parametri

## 4.1 – Variazione di a

$a=10,20,30,40,50,60,70,80,90,100.$

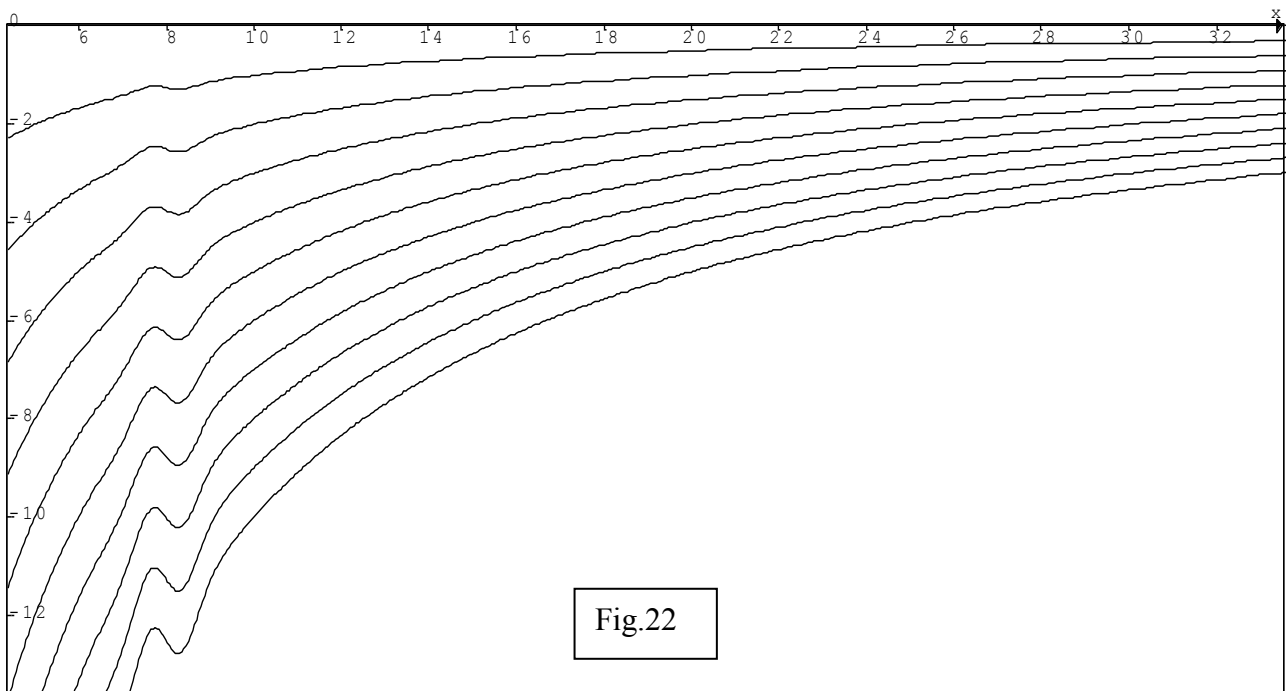


Fig.22

A parità delle altre condizioni, variando  $a$  (aumentandone il valore) si fa più pendente il declivio iperbolico e proporzionalmente più rilievo assume l'anomalia, restando immutato il suo ingombro orizzontale.

## 4.2 - Variabilità di $m$ .

Tratteremo la variabilità di  $m$  considerandone alcuni valori notevoli: contestualmente si considererà la variabilità degli altri parametri.

### 4.2.1 - Pendenza al flesso uguale ed opposta a quella nell'equivalente punto dell'iperbole.

Col valore 0.347..., scelto (e non a caso, quindi) a suo tempo per  $m$ , tale inclinazione è uguale ed opposta a quella della tangente all'iperbole nello stesso punto.

Vale a dire che, con  $m=0.347...$ , la forza in un punto di flesso centrale è uguale e contraria a quella che si avrebbe se non ci fosse l'anomalia: c'è repulsione anziché attrazione, ma con la medesima intensità.

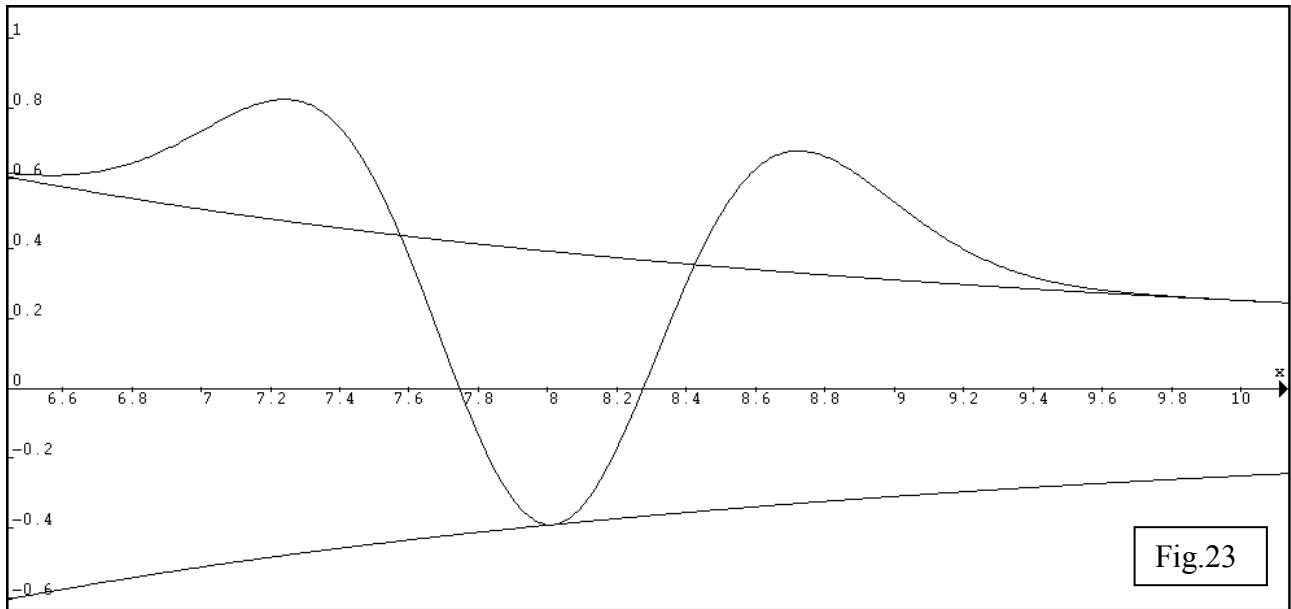
Si torni alla fig. 21 e si visualizzino le due tangenti, per  $x=8$ , una all'iperbolica, l'altra al flesso centrale dell'anomalia: esse hanno la stessa inclinazione, pur con segno opposto.

Il valore 0.347... di  $m$  (e quindi la proprietà che ne risulta) è invariante rispetto agli altri parametri  $a$ ,  $k$  e  $b$ .

Passiamoli in rassegna.

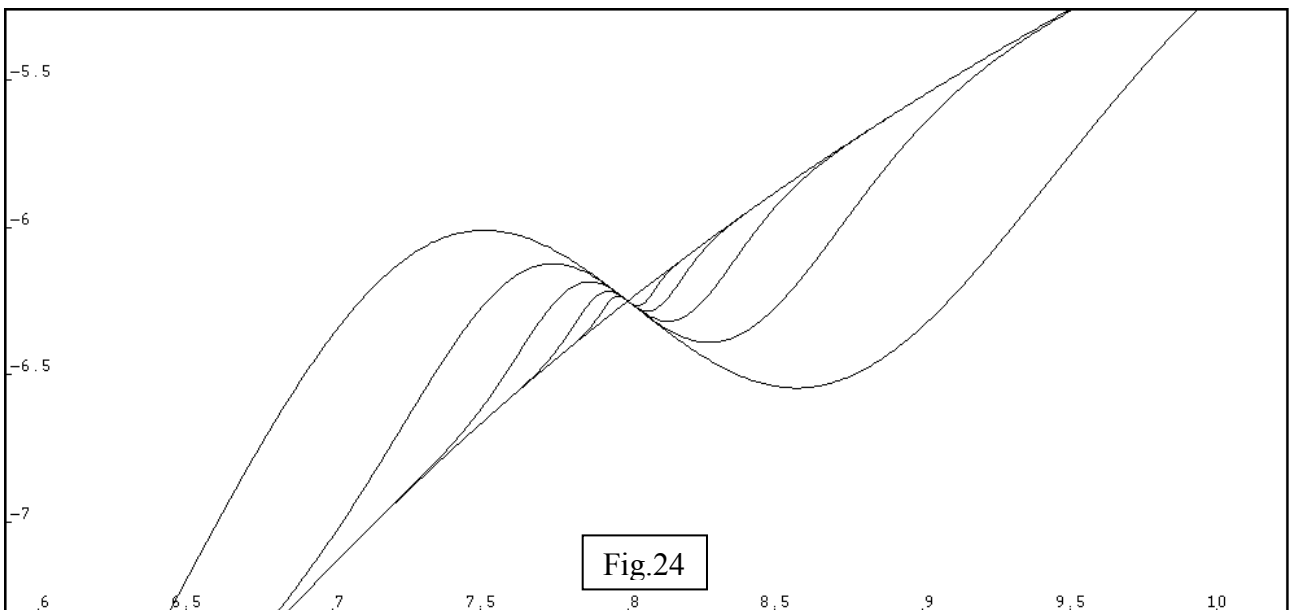
#### 4.2.1.1 - Invarianza rispetto ad a

Esemplificativamente, con  $a=25$ , come con  $a=50$ , ( il valore finora arbitrariamente assunto per tale parametro), le due tangenti hanno ancora la stessa inclinazione (in modulo), come si vede da fig.23, ove sono riportate le curve delle derivate del potenziale iperbolico e dell'anomalia (per evidenziare l'identità si è disegnata anche la curva capovolta della forza di Newton).



#### 4.2.1.2 - Invarianza rispetto a k

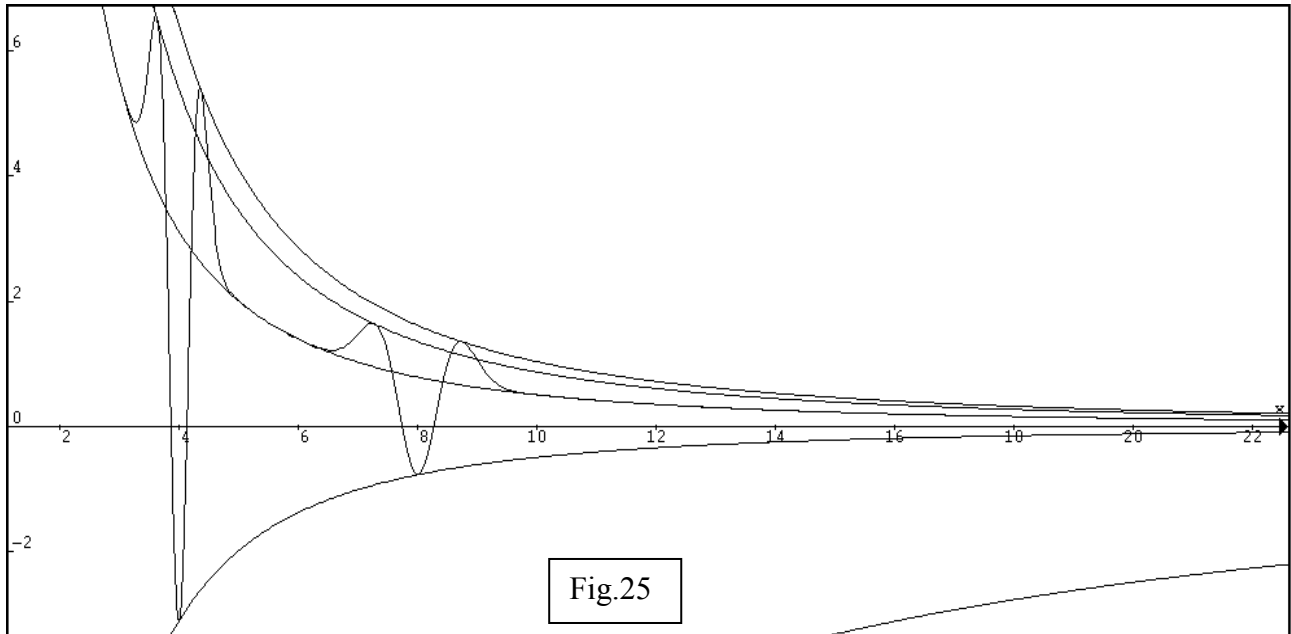
Nella figura che segue abbiamo dato a k i valori 2.5 3.5 4.5 5.5 6.5.



Le due tangenti, per ogni valore di k, sono sempre sovrapposte: vale a dire che tutte le curve sono tangenti tra loro nel flesso centrale.

### 4.2.1.3 - Invarianza rispetto a b.

Richiamiamo la fig.19, che ci fa vedere tra l'altro gli stessi tracciati della figura 23 anche per  $b=2$ .

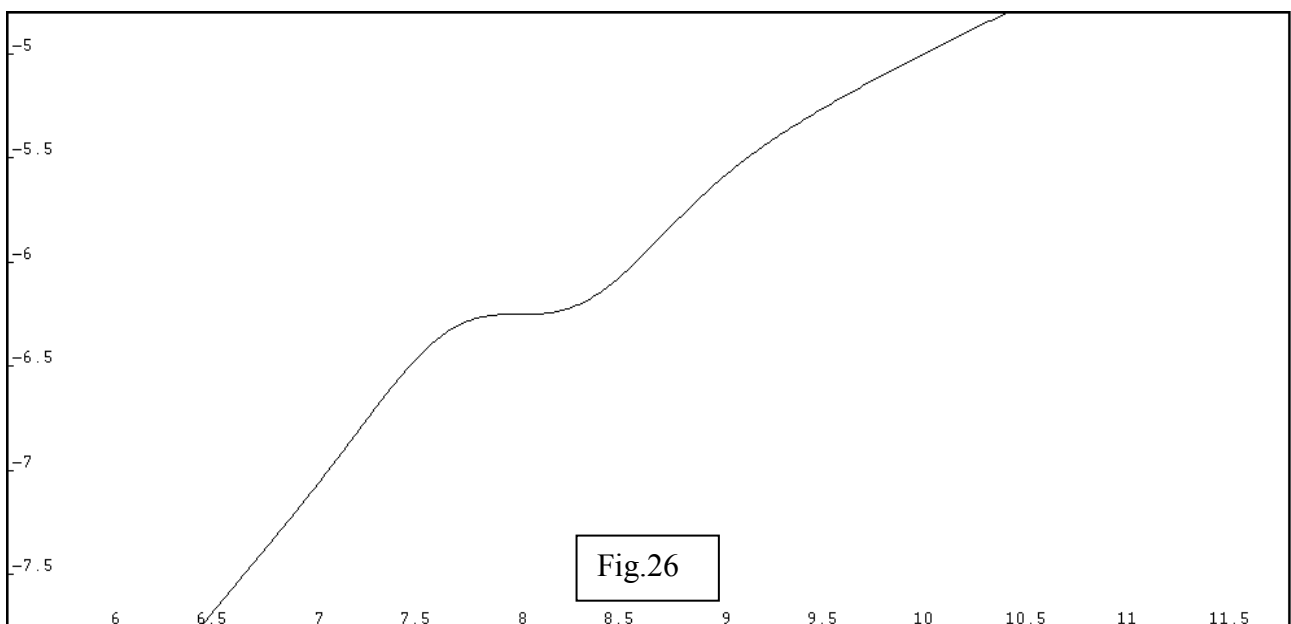


Come già detto nel contesto da cui abbiamo estratto la figura, i minimi (che sono le inclinazioni delle tangenti ai flessi centrali di ciascuna delle anomalie) sono interpolati da  $-50/x^2$ , che è proprio l'inclinazione (col segno cambiato) anche dell'iperbolica.

### 4.2.2 – La “terrazza”.

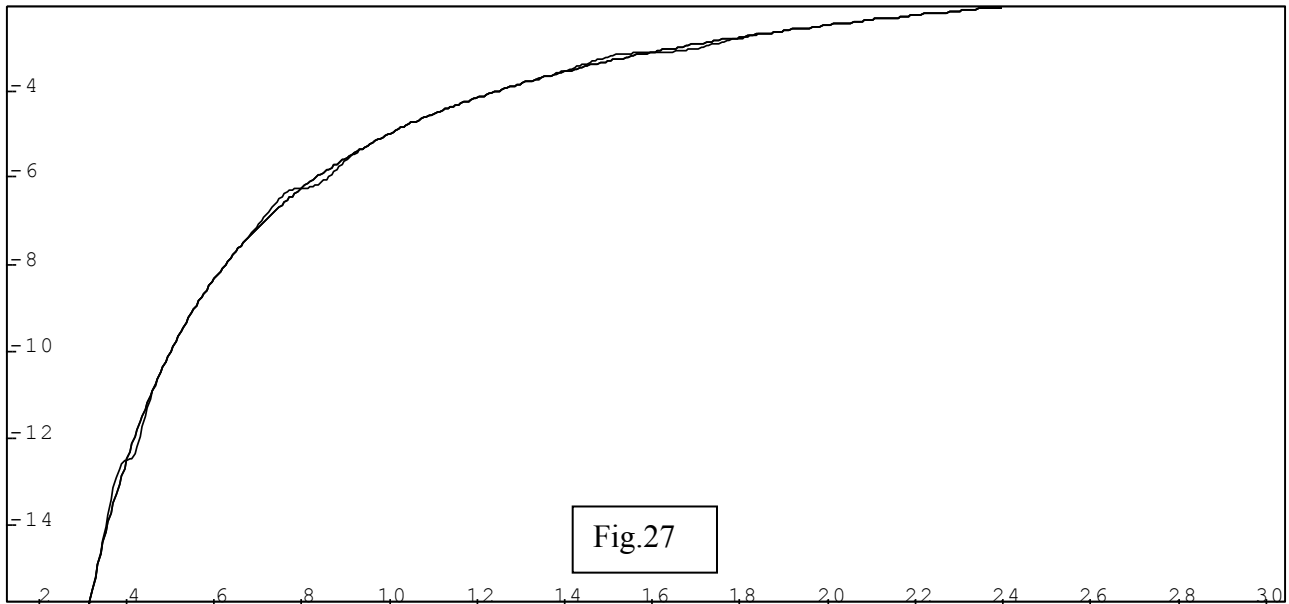
Aumentando  $m$ , a parità delle altre condizioni, come si è visto, il rilievo dell'anomalia diminuisce: una situazione notevole (limite) è quella in cui la buca ed il dosso scompaiono (nel riferimento verticale) dando luogo a quella che chiameremo “terrazza” (fig.26).

La terrazza si ha per  $m=0.694...$



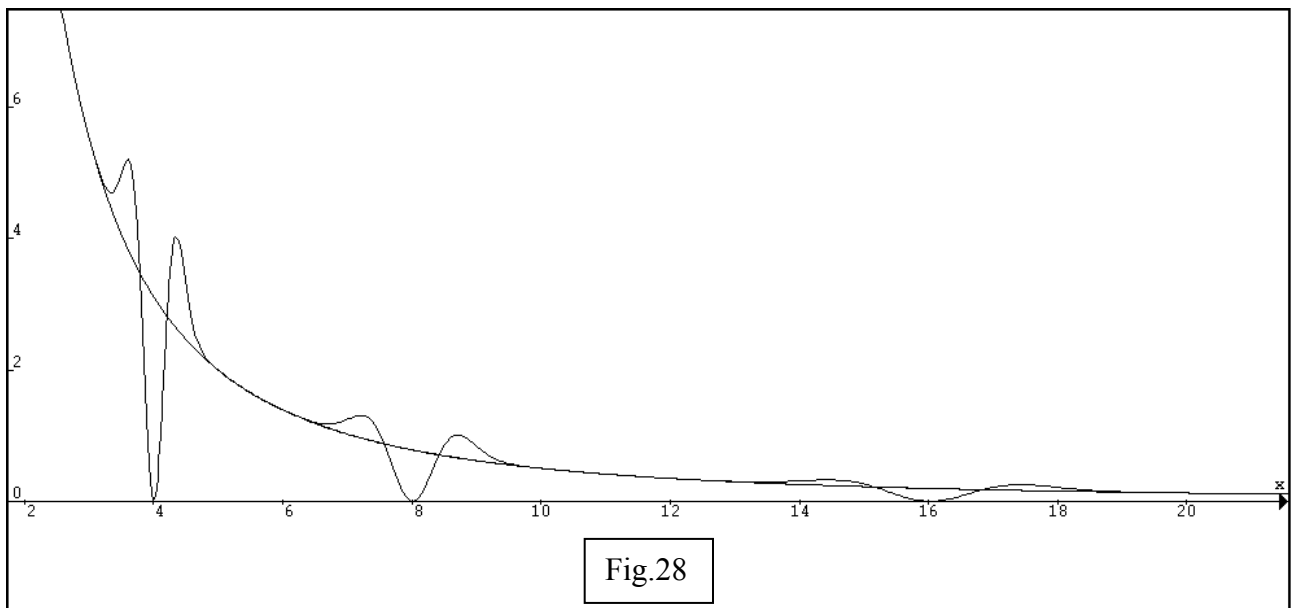


In fig.27 le tre terrazze per  $b=2,3,4$ .



Il potenziale è sempre decrescente verso sinistra, con le sole eccezioni dei punti in cui la tangente è parallela all'asse delle  $x$  (derivata nulla), punti di instabilità verso sinistra

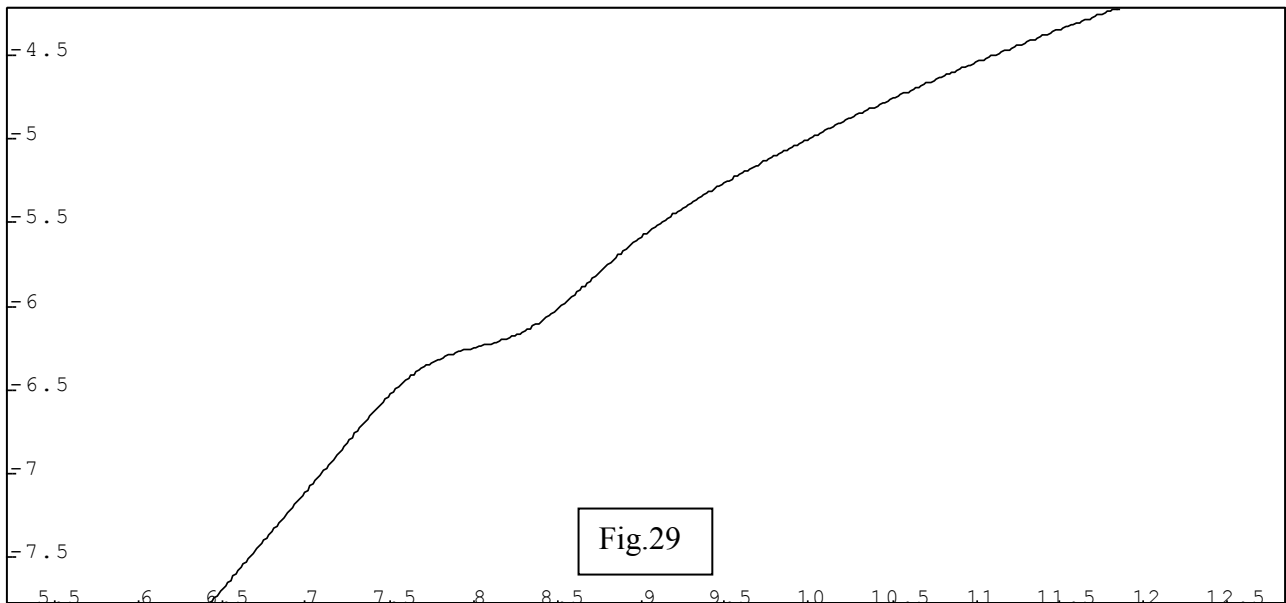
In fig.28 il corrispondente grafico della forza.



Per i valori assunti 4, 8, 16 (e per qualsiasi altro valore della distanza a cui venisse collocato il centro dell'anomalia) la forza è nulla: comunque a qualsiasi distanza non è mai negativa (cioè non è mai repulsiva).

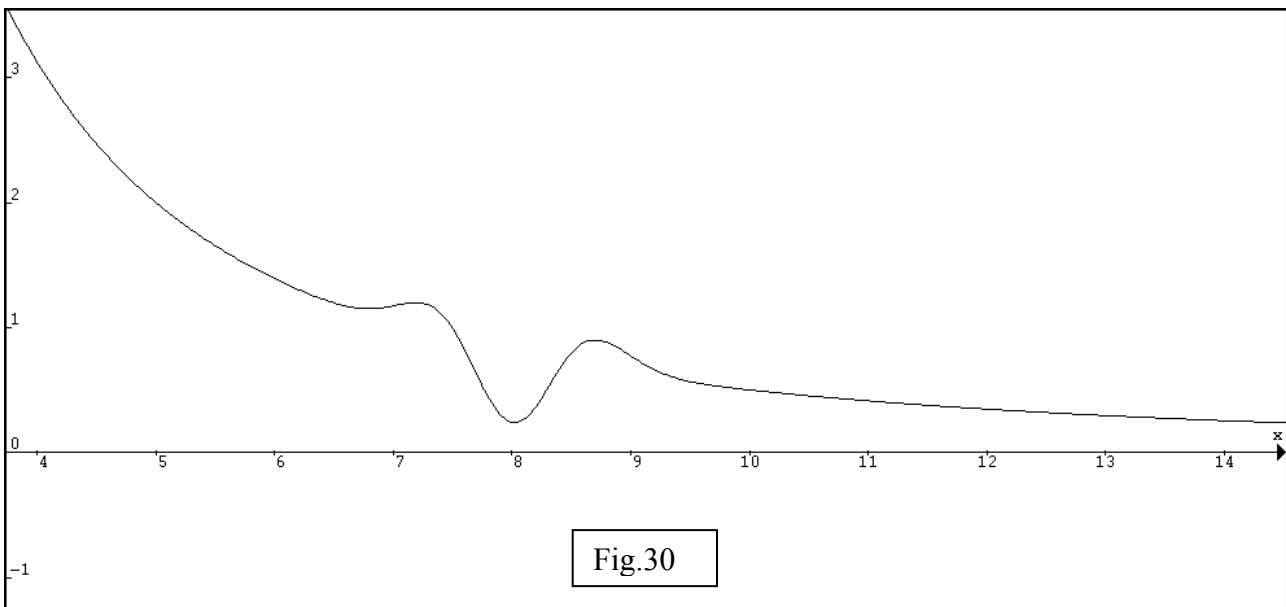
### 4.2.3 – “Forza” sempre attrattiva.

Per  $m > 0.694$ ...il dosso e la buca nel riferimento verticale (già assenti con la “terrazza”) scompaiono definitivamente e la pendenza è sempre diretta verso sinistra.”



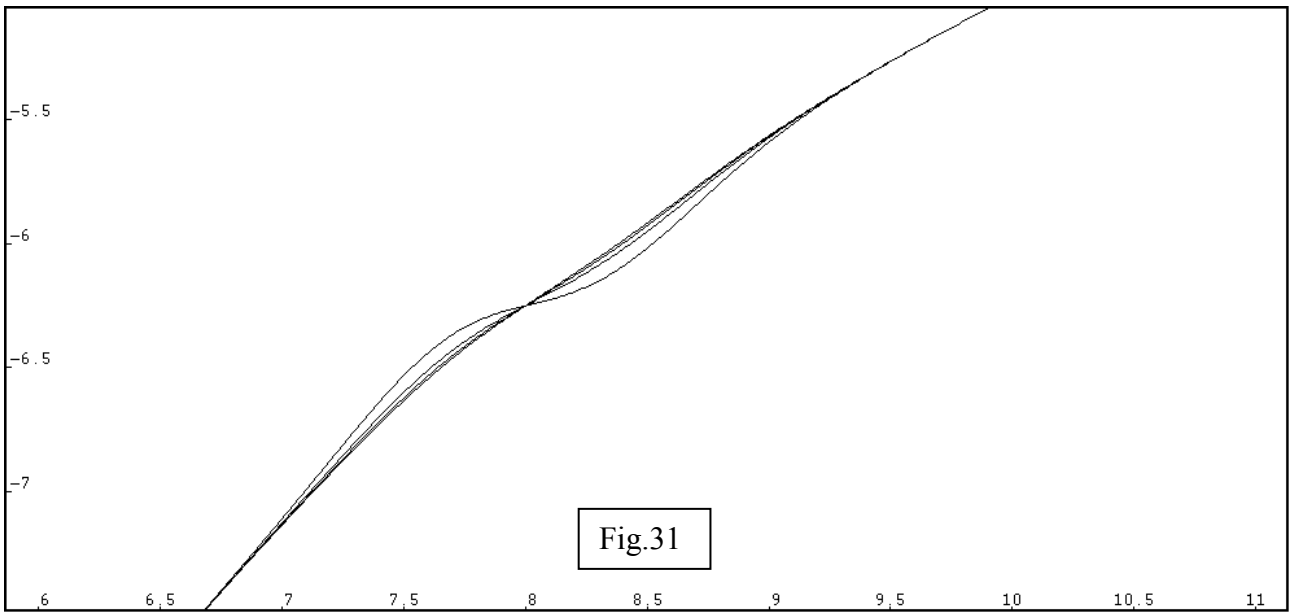
Qui  $m=1$

La forza è sempre attrattiva, essendo la derivata sempre positiva (fig.30).

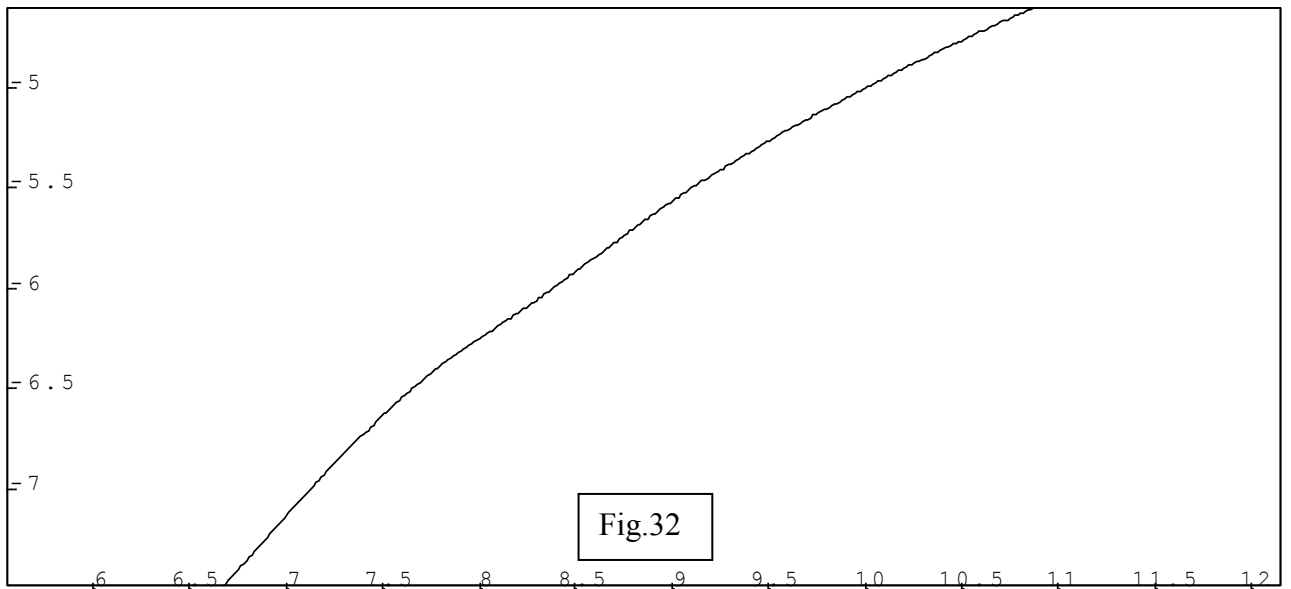


Aumentando  $m$  si arriva molto rapidamente alla “scomparsa” dell'anomalia

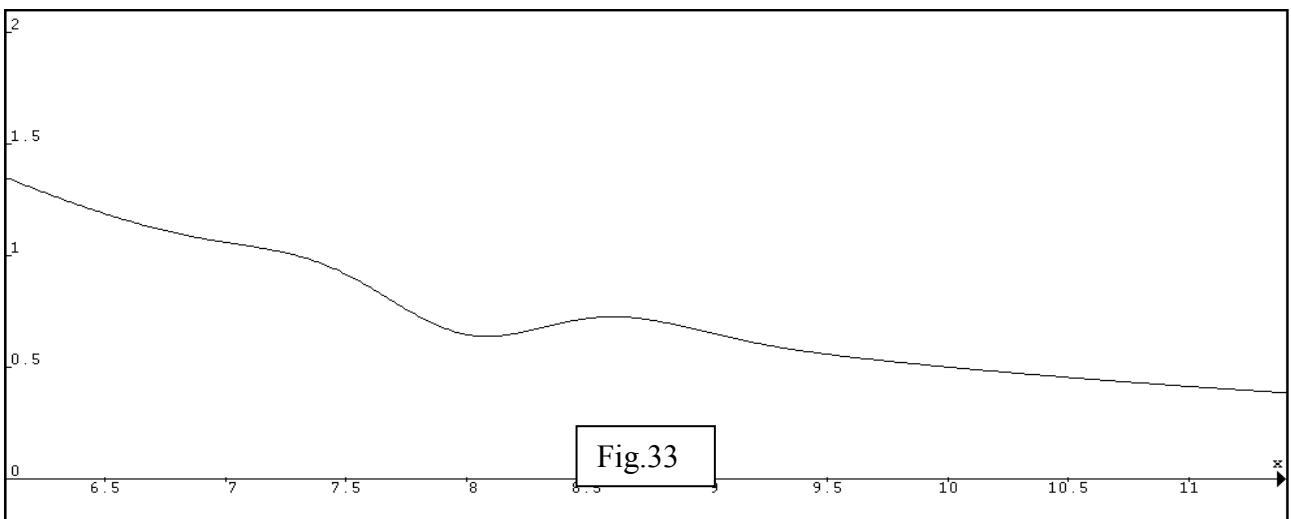
In fig.31 i potenziali per  $m=1,2,3,4$ .



Isoliamo la curva che corrisponde a  $m=4$  (fig.32)



La deviazione dall'iperbole è appena percettibile ad occhio, ma diventa evidente se se ne considera la derivata (fig.33).

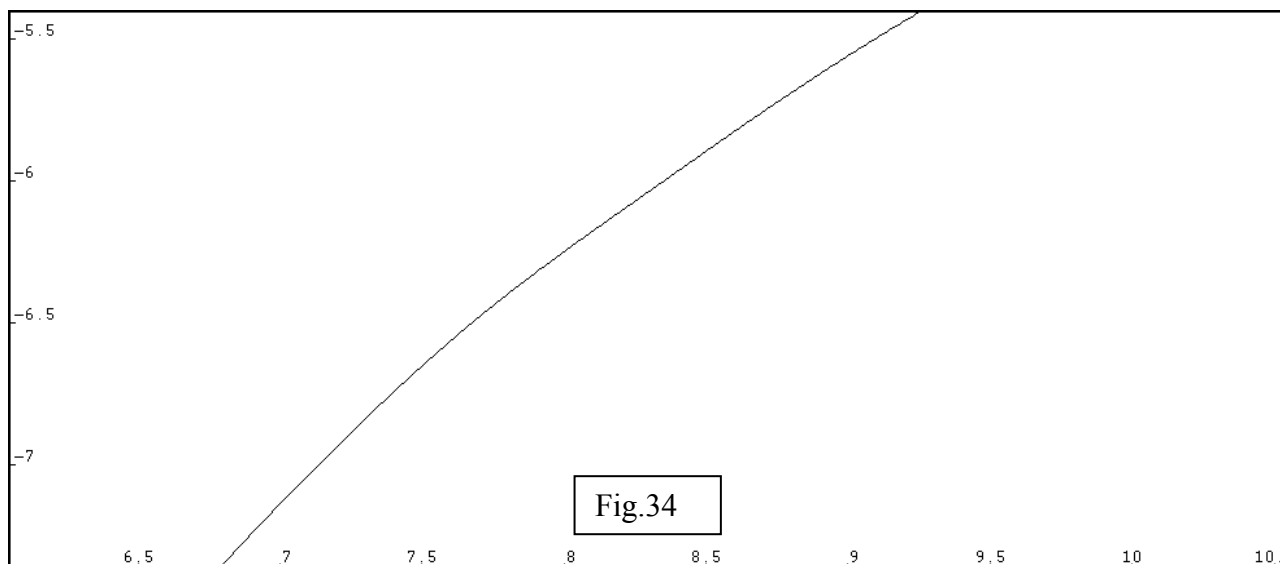


Se il potenziale è sempre decrescente (in direzione dell'origine), non è sempre crescente (sempre verso l'origine) la forza.

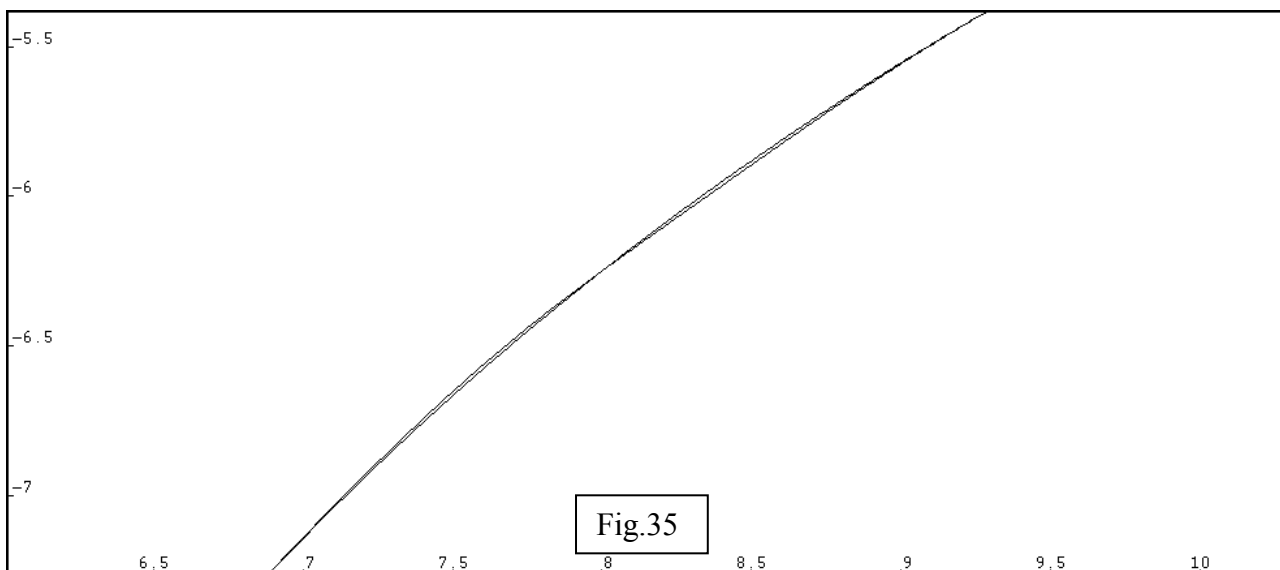
Si arriva però, aumentando ancora  $m$ , al punto in cui anche la forza è monotona, cioè non solo sempre attrattiva, ma anche mai crescente con l'allontanamento.

#### 4.2. 3.1 - Verso la scomparsa dell'anomalia: potenziale sempre convesso.

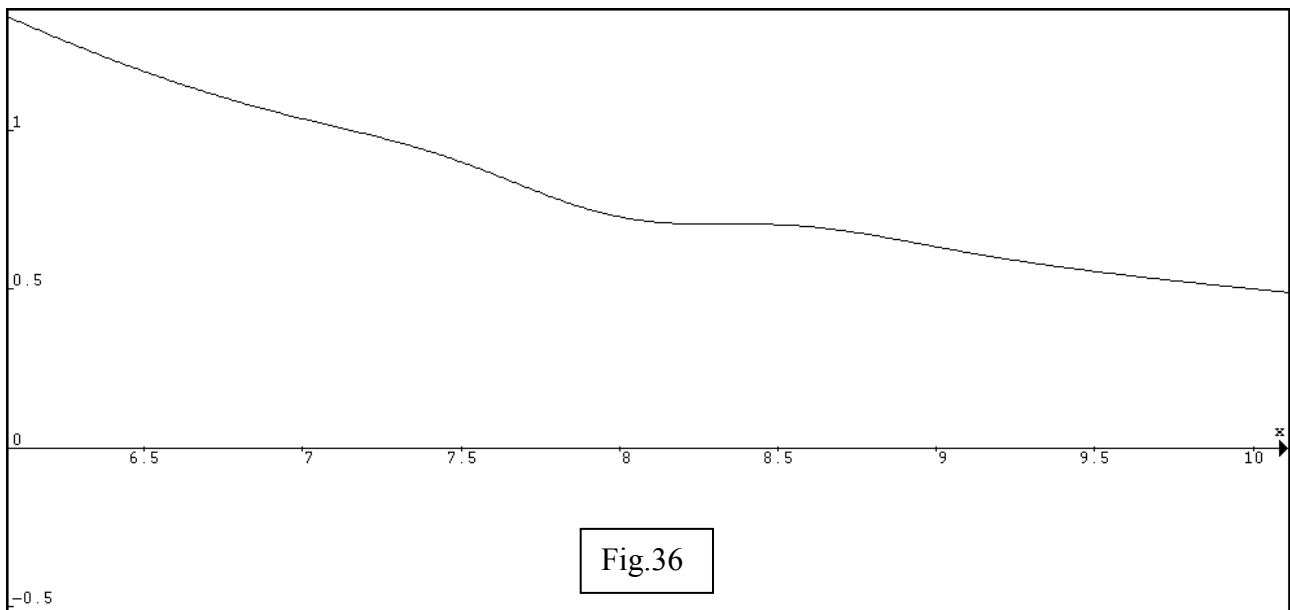
Ciò accade a partire da  $m=10$ .



L'anomalia (fig.34) non è quasi percepibile ad occhio proprio perché da qui in poi, al crescere di  $m$ , la curva del potenziale è in ogni punto convessa, pur restando vero che attraversa l'ideale iperbole, e quindi per un tratto è disegnata al di sopra di essa, per il tratto successivo, dopo il flesso, al di sotto. In fig.35, per facilitare la percezione della minima deviazione, abbiamo tracciato anche l'iperbole.



Come sopra, essa rileva però attraverso la curva della forza, la cui derivata è nulla in un punto (il suo terzo flesso), e per il resto sempre decrescente (fig.36).



Per  $x > 10$  la forza è sempre decrescente (la sua derivata sempre negativa) e rapidamente l'anomalia scompare, quando la sua tangente al flesso centrale non attraversa più l'iperbole, ma coincide con la tangente in quel punto all'iperbole stessa.

A differenza dei valori 0.347... e 0.694... il valore 10 di  $m$  non è invariante rispetto a tutti gli altri parametri.

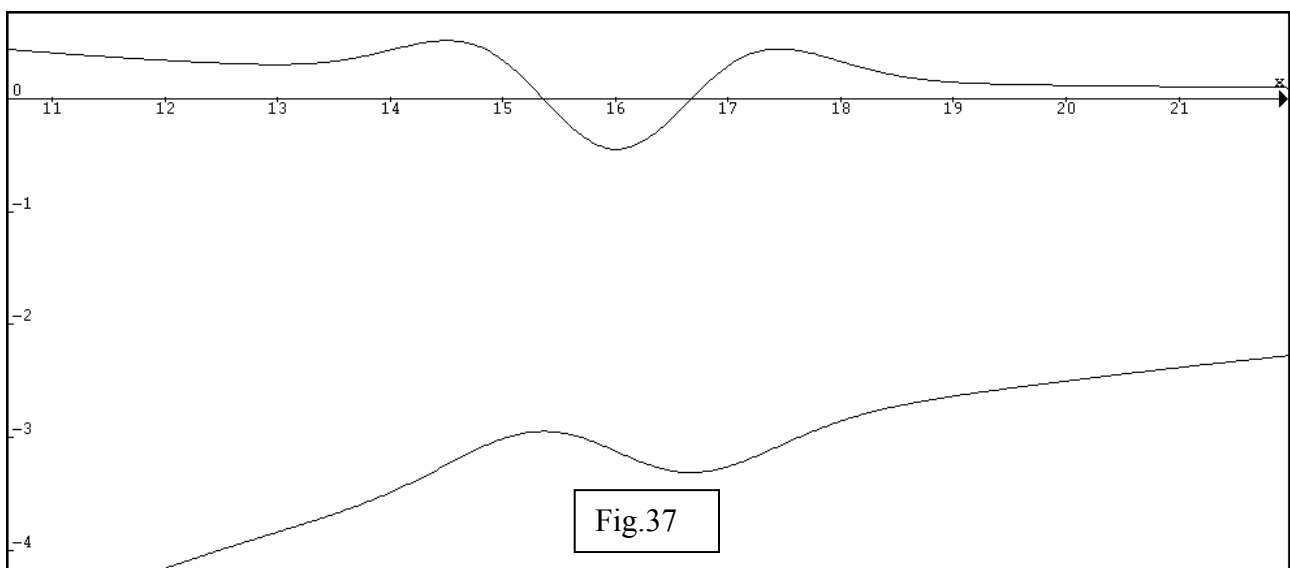
Lo è rispetto ad  $a$  (e naturalmente a  $b$ ), ma non rispetto a  $k$ .

Diremo qui solo che il valore di  $m$  a cui corrisponde la curvatura sempre convessa del potenziale alterato cresce (non linearmente) con  $k$ .

Dopo aver fatto aumentare  $m$  a partire da 0.347... lo faremo ora diminuire.

#### 4.2.4 - Buca "simmetrica".

Per  $m=0.212...$  la buca assume la massima simmetria verticale consentita.



In fig.37, sotto la curva del potenziale, sopra quella della forza ( $b=4$ ).

Il criterio adottato per l'attribuzione di tale simmetria è l'uguaglianza (in modulo) delle pendenze delle due tangenti ai flessi della buca, corrispondenti, nella curva della forza, al punto di minimo ed al secondo punto di massimo relativo.

Nella curva della forza i due valori, in modulo, sono uguali (cioè, in figura 38, nella curva della forza la profondità della buca è uguale all'altezza del dosso che segue alla sua destra).

Il valore di  $m$  per cui si ha la "simmetria verticale" della buca è invariante rispetto ad  $a$  e  $b$ , ma non rispetto a  $k$ .

Ometto, per brevità, le (empiriche) verifiche.

Due parole per rilevare la "genesì" della simmetria della buca di potenziale.

Nella gaussiana riferita al piano la buca (come il dosso) non ha assolutamente un asse di simmetria verticale: esso pende verso destra (il versante sinistro è più scosceso del destro)

Innestata però nell'iperbole, che è inclinata verso sinistra, si raddrizza.

E comincia a raddrizzarsi da subito, anche per valori di  $m$  molto piccoli (molto più piccoli di 0.212.. e tanto più quanto più  $m$  si avvicina a quel valore.

La cosa notevole è che, visto l'andamento dell'iperbole, con quel valore di  $m$  la sua "capacità di raddrizzamento" dell'asse della buca compensa esattamente la non simmetria verticale della stessa (presa in sé) qualsiasi sia la sua distanza (e quindi la sua forma) dall'origine.

Analogo apprezzamento si applica, naturalmente, anche per la "terrazza" e gli assetti notevoli trovati (ed altri che troveremo) per altri valori di  $m$ .

Per la derivata della gaussiana pare quindi che il potenziale newtoniano sia un habitat assai "naturale", congeniale.

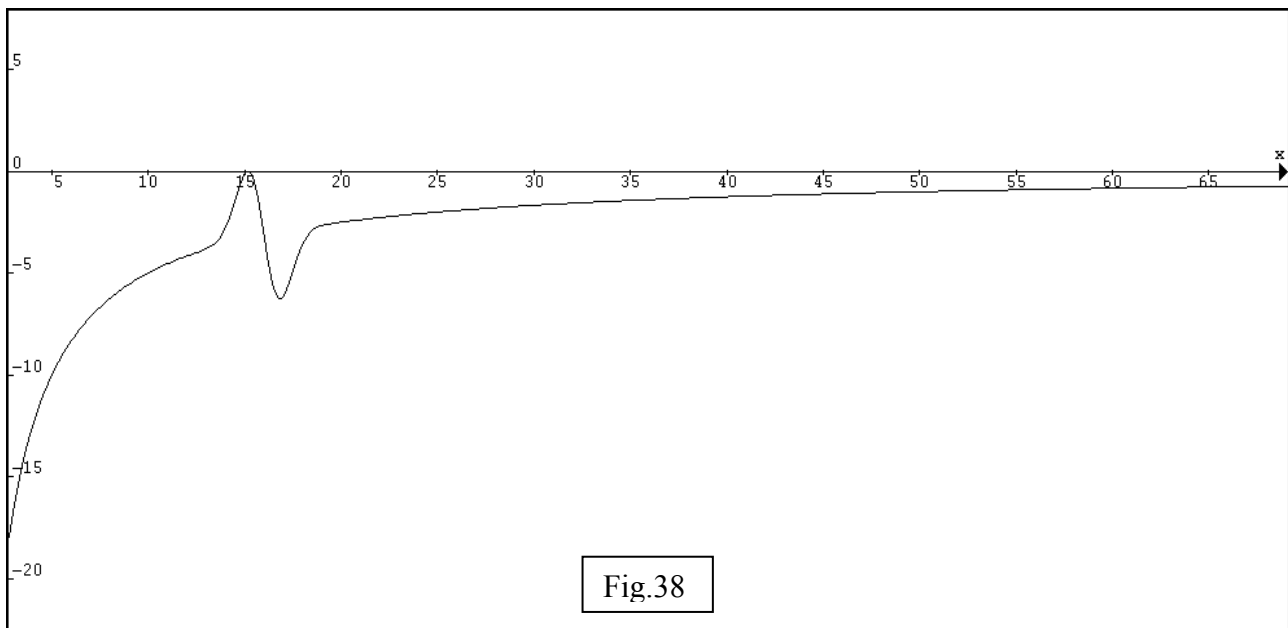
Per  $m > 0.212..$  l'asse di simmetria della buca si inclina dall'altra parte (verso sinistra).

Finora abbiamo considerato solo anomalie innestate con buche orientate verso destra, fino al limite della simmetria verticale.

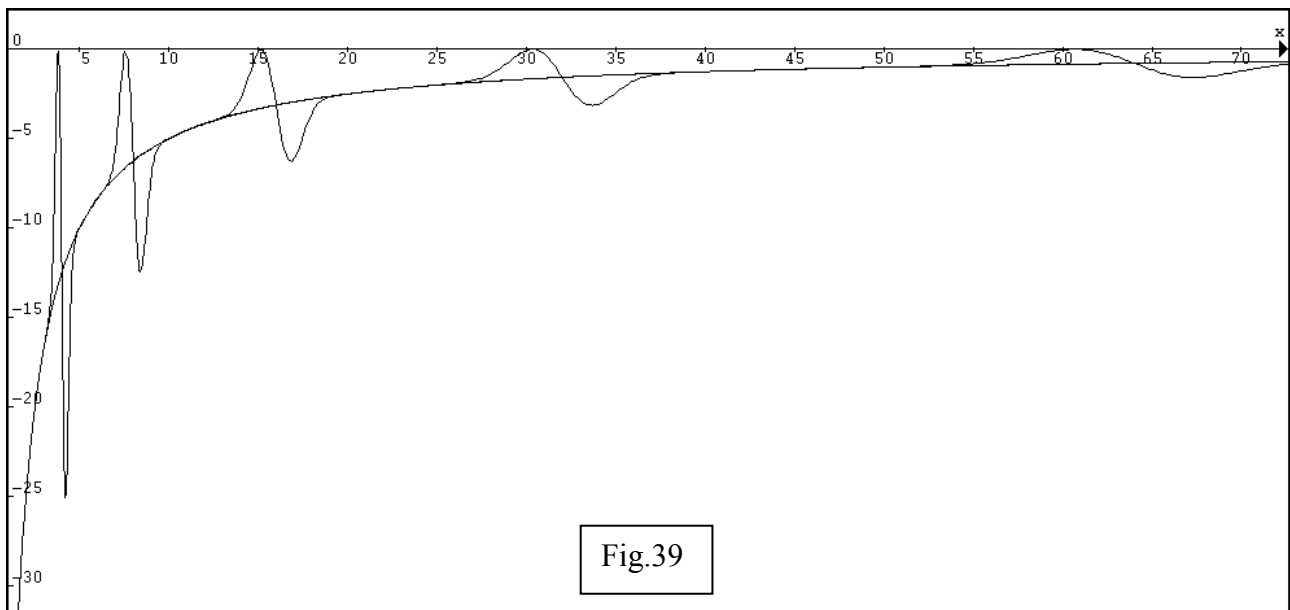
Consideriamo ora valori di  $m$  minori dello spartiacque.

#### 4.2.5 – Potenziale uguale a quello a distanza infinita.

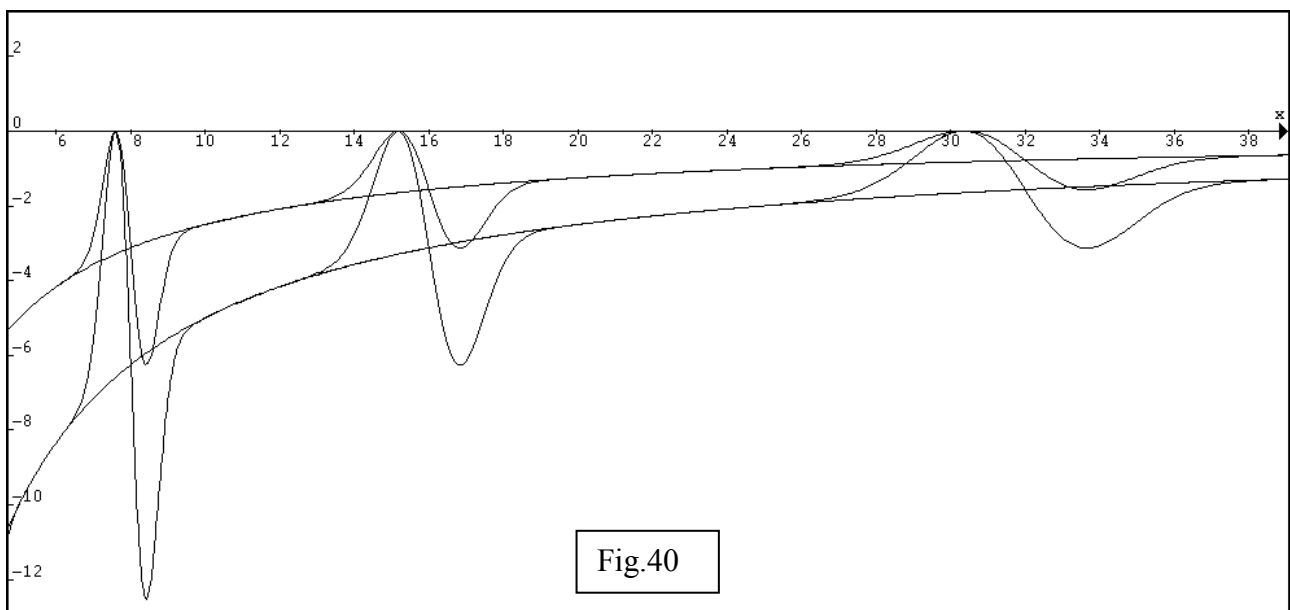
Per  $m = 0.02115..$  (e sempre  $k = 3.5$ ) il potenziale assume nel punto di massimo relativo (la cima del dosso in fig.38) il valore che ha a distanza infinita dall'origine, cioè zero.



Per le distanze 4,8,16,32,64 (fig.39).



In fig.40 l'invarianza di 0.02115.. anche da a (oltre che, al solito, da b) è messa in evidenza dall'accostamento con il grafico per a=25, (relativamente alle distanze 8,16 e 32).



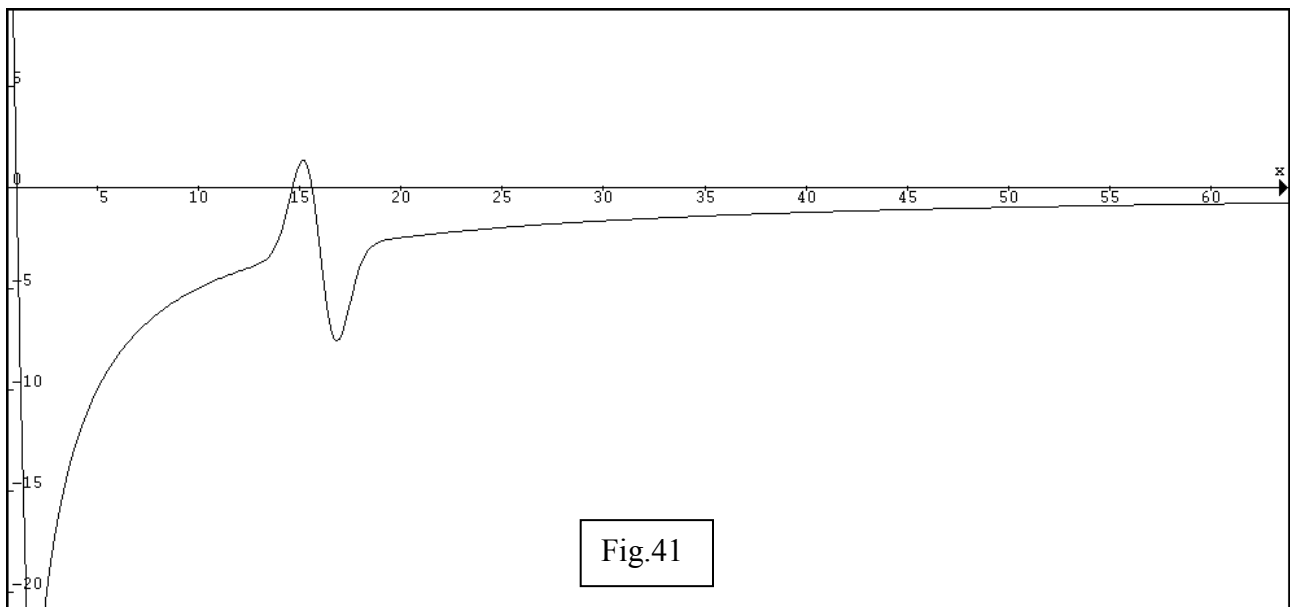
Il valore di m per cui il potenziale del massimo relativo vale zero non è invariante rispetto a k: diminuisce all'aumentare di k.

Qui sotto una tabella relativa ad alcuni valori (sempre ricavati empiricamente dai grafici) di k, fatti aumentare linearmente per avere un'idea dell'andamento di m.

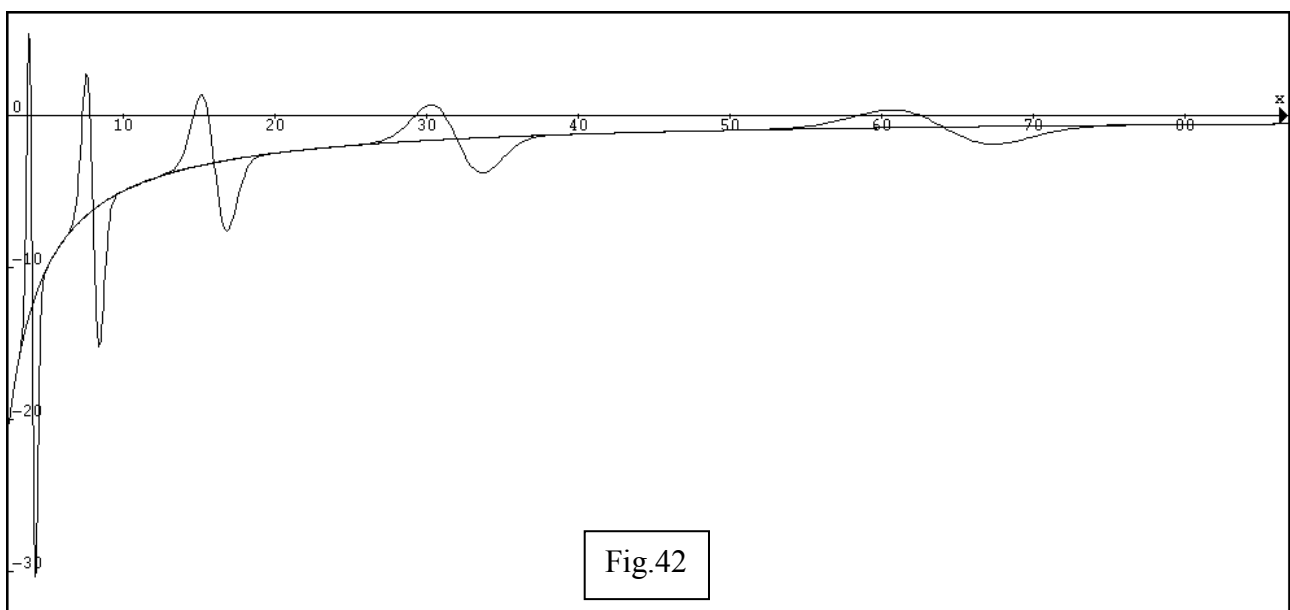
k=3	m=0.0293..
k=3.5	m=0.02115..
k=4	m=0.0151..
k=4.5	m=0.0108..

#### 4.2.6 - Potenziale più alto di quello della distanza infinita.

Per  $m < 0.02115\dots$  il potenziale della cima del dosso è più alto del potenziale a distanza infinita.  
In fig.41 il grafico per  $m=0.015$



Il tetto dell'asse delle x è sfiorato tanto più quanto minore è b, e questo, come si è visto (ved.fig.13) in ragione dell'inverso della distanza, come rappresentato qui in fig. 42 ( $b=2,3,4,5,6$ )

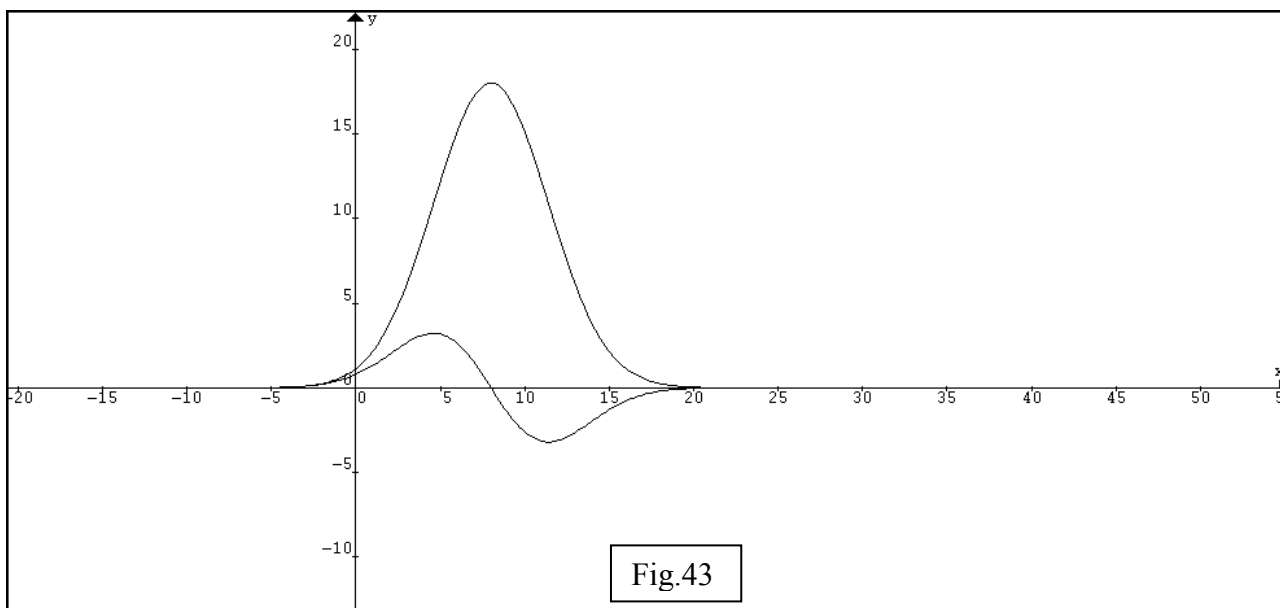


#### 5 – k costante?

Più piccolo è k (vedi paragrafo 4.2.1.2) maggiore è l'ingombro orizzontale dell'anomalia in rapporto alla sua distanza dal centro, al punto che essa, per valori sufficientemente piccoli di k invade addirittura, con una sua sezione significativa, l'emispazio sinistro del riferimento cartesiano, il che non ha significato per il nostro potenziale centrato, sia perché non hanno senso le distanze negative, sia perché si intende che tutta l'anomalia (e non solo una sua parte), con tutto il



suo dosso e tutta la sua buca (con quella considerazione fatta a suo tempo sulla possibilità pratica di determinarne l'ampiezza) vada a “deformare” localmente il potenziale iperbolico, col risultato, tra l'altro, di vanificare quanto detto sull'invarianza dell'integrale del potenziale da zero ad infinito.



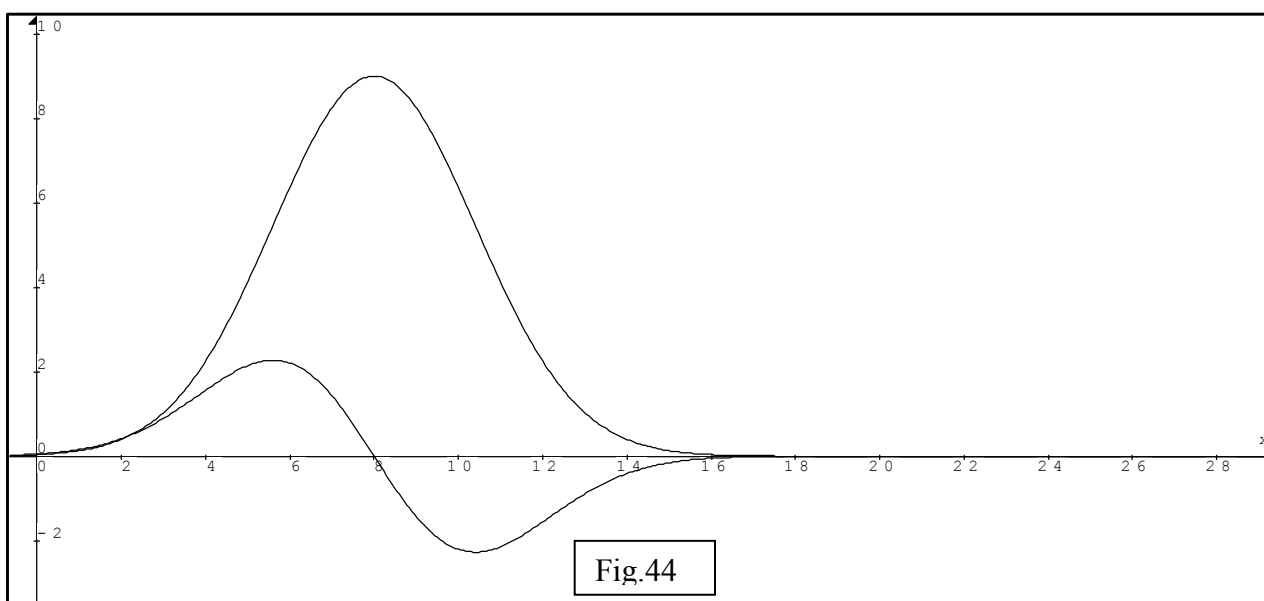
In fig.43  $k=0.5$ .

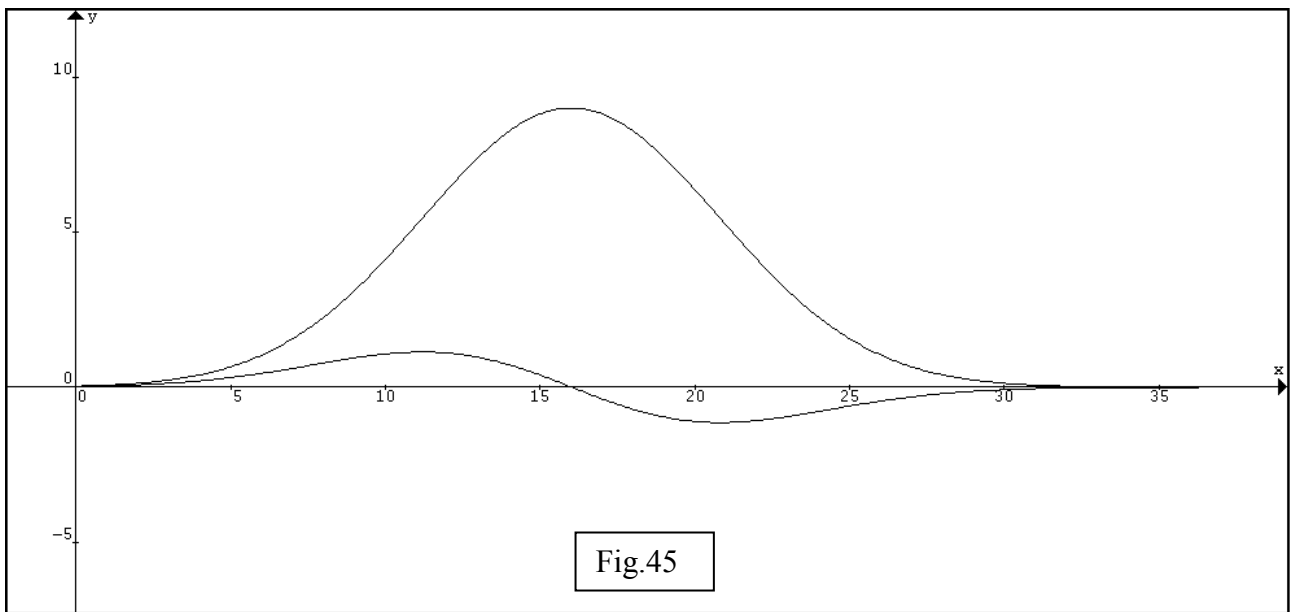
L'anomalia per un tratto del suo dosso è collocata a sinistra dell'origine, dove il nostro potenziale centrale non è definito, e, sommata all'iperbolica, renderebbe il potenziale totale minore di quello dell'iperbolica stessa, essendo che l'area della parte sottratta (la buca) è maggiore di quella aggiunta (la parte rimanente del dosso).

Naturalmente, a rigore, questo succede sempre, per qualsiasi valore di  $k$ , essendo la campana gaussiana non nulla su tutto l'asse reale, per quanto grandi siano  $k$  e  $b$ : ma noi abbiamo assunto arbitrariamente che essa abbia una larghezza finita e definibile, anche se non è possibile quantificarla esattamente, e con ciò consideriamo trascurabile, da un certo valore di  $k$  in su, la differenza tra le aree utili della buca e del dosso della derivata.

Questo valore si aggira intorno a 1.

Le figg.44 e 45 rappresentano il tracciato delle anomalie per  $k=1$  alle distanze 8 e 16.





Indipendentemente da quella considerazione sulla non costanza dell'integrale totale del campo, anomalie così estese sono da escludere per la connotazione di località che l'anomalia deve avere, località che è implicita nella sua definizione.

Per ogni valore di  $k$  si individua un rapporto tra l'estensione dell'anomalia e la distanza del suo centro dall'origine.

Tale rapporto è circa 2 per  $k=1$  e 3 per  $k=0.5$ .

Perché il dosso non valichi il confine dell'origine  $k$  non deve essere minore di 1 (il detto rapporto non maggiore di 2), e perché si possa parlare di "località" dell'anomalia (nel senso che deve essere "isolata", nel campo di Newton, lasciandolo valere intorno, anche a sinistra, per congrui intervalli)  $k$  deve essere alquanto maggiore di 1 (e quel rapporto alquanto minore di 2).

E se si tagliasse la testa al toro, dicendo che  $k$ , in sede di applicazione del modello matematico alla realtà fisica, è una costante? O, al più, un parametro che può assumere solo pochi particolari valori (essendo in tal caso comunque una costante relativa al comparto cui il modello si applica, per esempio in rapporto all'ordine di grandezza del valore assunto in quel settore di studi da  $a$ , o cose del genere)?

Oltretutto abbiamo visto come i valori notevoli che abbiamo trovato per  $m$  non sono sempre invarianti rispetto a  $k$ , ed allora non sarebbe male toglierci di torno quel parametro.

Con il 3.5 da noi fissato per  $k$ , il rapporto detto diventa 0.25 circa, cioè l'ingombro totale dell'anomalia è circa un quarto della distanza del suo centro dall'origine.

Avevo scelto quel valore perché mi veniva bene per l'astronomia, viste, tra l'altro, le dimensioni delle galassie in rapporto alla distanza tra loro e vista la differenza massima tra le distanze dell'apocentro e del pericentro delle orbite stabili quasi circolari.

Potrebbe andare anche meglio un valore un po' più piccolo di 3.5.

E se fosse 3.14...?

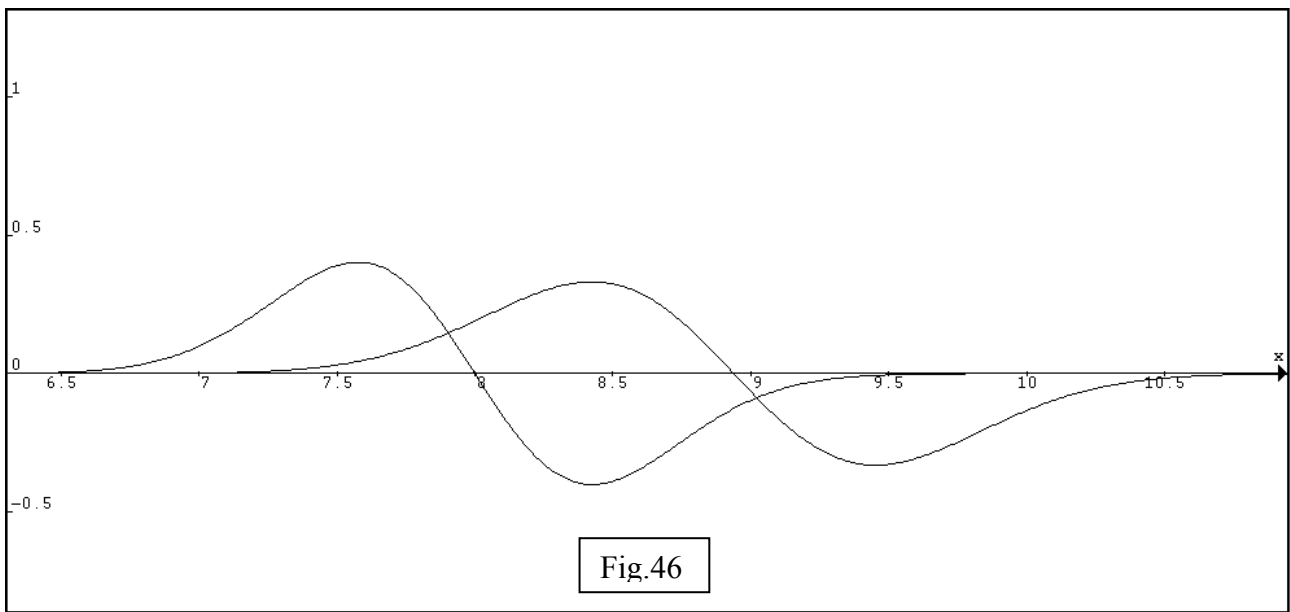
Qui lo dico e qui lo nego.

## 6 – Somma di anomalie.

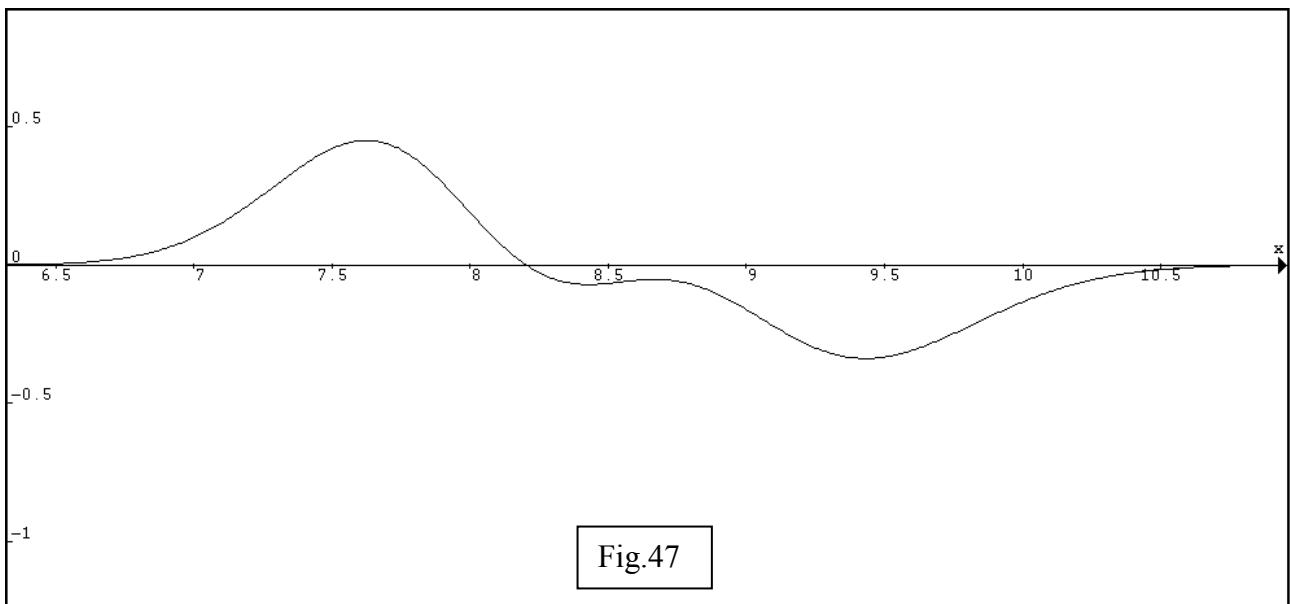
Le anomalie possono essere sommate tra loro, cioè essere in diversa misura sovrapposte nell'operazione di somma al potenziale iperbolico.

Il risultato può essere l'accentuazione di dossi e cunette (per "interferenza" costruttiva) o la diminuzione della loro rilevanza, fino alla scomparsa (per interferenza distruttiva).

In fig.46 due anomalie (con  $a, m, k$  uguali) sfasate di "mezzo periodo", cioè della semiampiezza orizzontale, in modo che la buca della prima ( $b=3$ ) sia collocata alla stessa distanza del dosso della seconda ( $b=3.16$ ).



Il risultato della somma è in fig.47.



Il potenziale alterato può assumere un quantità di configurazioni infinitamente variegata.

In fig.48 la somma per  $b=3$   $b=3.17$   $b=3.35$ . è rappresentata anche la curva della somma delle tre campane gaussiane (l'esteso altopiano sullo sfondo)

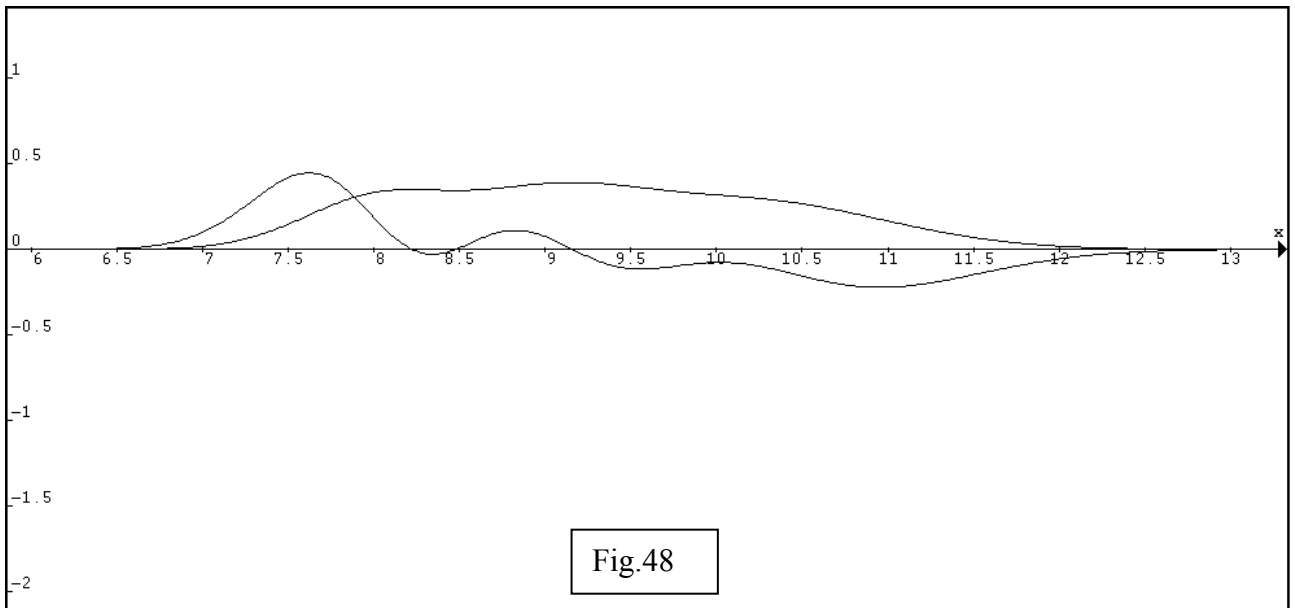


Fig.48