

Automobilina su piano inclinato



Scopo dell'esperimento è quello di mettere in evidenza le principali caratteristiche del moto di un corpo lungo un piano inclinato.

A tal fine analizzeremo l'andamento nel tempo delle variabili *posizione*, *velocità* e *accelerazione* durante la salita e la successiva discesa di una macchinina giocattolo.

Questo file contiene tutte le pagine del modulo che si trova in rete, nel seguente ordine:

* **MODELLO TEORICO**

* **DATI CAMPIONE**

* **ESPERIMENTO CON TI83**

APPARATO SPERIMENTALE E PROCEDURA (TI83)

PREDISPOSIZIONE SISTEMA E ACQUISIZIONE DATI (TI83)

ANALISI DEI DATI (TI83)

ANALISI COMPLETA – TI83 - (1)

ANALISI COMPLETA - TI83 - (2)

* **ESPERIMENTO CON TI89**

APPARATO SPERIMENTALE E PROCEDURA (TI89)

PREDISPOSIZIONE SISTEMA E ACQUISIZIONE DATI (TI89)

ANALISI DEI DATI (TI89)

ANALISI COMPLETA – TI89 - (1)

ANALISI COMPLETA - TI89 - (2)

* **ANALISI CON MS-EXCEL**

ANALISI DEI DATI (EXCEL)

ANALISI COMPLETA - MS-Excel (1)

ANALISI COMPLETA - MS-Excel (2)

ANALISI COMPLETA - MS-Excel (3)

MODELLO TEORICO

1) MOTO IN ASSENZA DI ATTRITO

Assumendo che la macchinina possa essere considerata come un punto materiale in movimento lungo un piano inclinato, la forza totale agente su di essa è $Mg \sin$ e l'accelerazione prevista vale:

$$a_t = g \sin \phi$$

dove ϕ è l'angolo che il piano forma con l'orizzontale.

Se L è la lunghezza del piano inclinato e h l'altezza del suo estremo più alto, rispetto al tavolo su cui poggia il tutto, si ha:

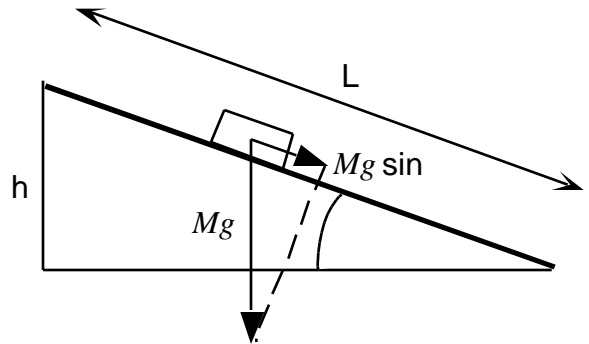
$$\sin \phi = h / L$$

L'incertezza sul valore aspettato dipende dalle incertezze nella misurazione di L e h .

$$a_t / a_i \simeq h/h + L/L$$

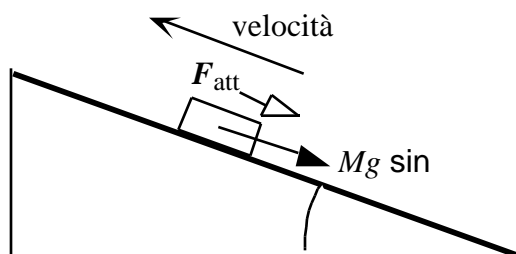
Bisogna fare particolare attenzione nel prendere la misura di h .

Un errore sistematico può essere generato dall'assunzione non controllata che il piano di lavoro sia orizzontale (vedi Nota di seguito).

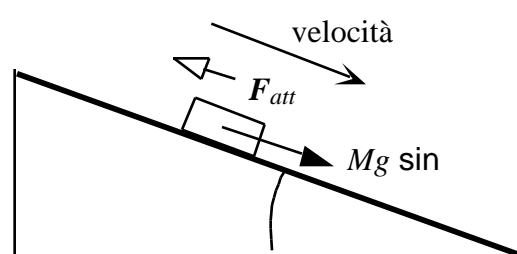


2) MOTO IN PRESENZA DI ATTRITO

Se l'attrito non è trascurabile l'accelerazione sarà diversa durante la salita e la discesa. La forza di attrito è sempre diretta in direzione opposta alla velocità della macchinina, quindi si somma alla componente dovuta alla gravità durante la salita e si sottrae durante la discesa.



$$F_s = mg \sin + F_{attr} \quad a_s = a_g + a_{att}$$



$$F_d = mg \sin - F_{att} \quad a_d = a_g - a_{att}$$

Quindi :

$$g \sin = (a_s + a_d) / 2$$

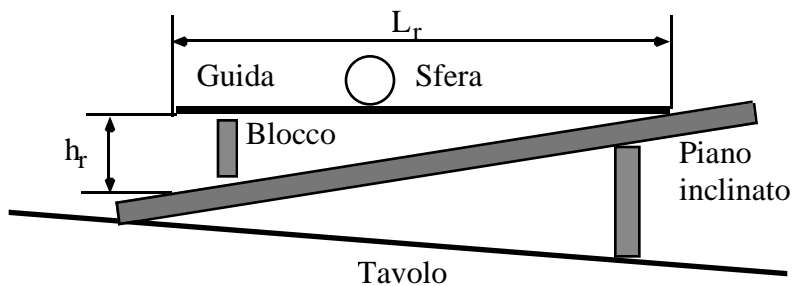
$$a_{att} = (a_s - a_d) / 2$$

NOTA: Come ottenere una misura più precisa dell'angolo di inclinazione

Per controllare l'orizzontalità del tavolo si può usare una sfera (diametro > 2 cm) e verificare che essa non rotoli sul tavolo di lavoro.

In alternativa si può misurare l'inclinazione con grande accuratezza usando la seguente procedura:

- 1) Appoggiare sul piano inclinato una guida rettilinea ad U (lunga circa un metro), metterla approssimativamente in posizione orizzontale per mezzo di un blocco scorrevole come mostrato in figura.



- 2) Appoggiare la sfera sulla guida e aggiustare la posizione del blocco fino a che la sfera non sta in equilibrio.
- 3) Misurare la lunghezza della guida L_r e la distanza h_r tra la fine della guida e il piano inclinato.

L'inclinazione del piano inclinato rispetto al piano orizzontale è data dall'equazione

$$\sin = h_r / L_r$$

Da notare che la misura dell'angolo può risultare piuttosto differente da quella dell'angolo tra il piano inclinato e il piano del tavolo di lavoro.

DATI CAMPIONE

I dati campione possono essere scaricati in diversi formati:

File creati dalla calcolatrice TI83

tempo: [time.8XI](#)

posizione: [pos.8XI](#)

velocità: [vel.8XI](#)

accelerazione: [acc.8XI](#)

Questi file sono stati creati dal programma RANGER. Possono essere aperti con il software TI-Connect (per poter leggere i valori) e copiati dal PC sulla calcolatrice usando il cavo TI-GraphLink (grigio o nero o USB)

File creato dalla calcolatrice TI-89: [incline](#)

Questo file è stato creato dal programma SCIENZA. Può essere aperto con il software TI-Connect (per poter leggere i valori) e copiato dal PC sulla calcolatrice usando il cavo TI-GraphLink (grigio o nero o USB)

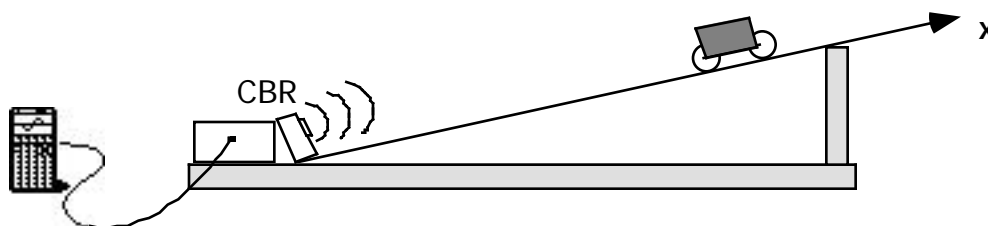
File per l'analisi con MS-Excel: [Toy.xls](#)

ESPERIMENTO CON TI83

APPARATO SPERIMENTALE E PROCEDURA (TI83)

Per eseguire l'esperimento hai bisogno di:

- piano inclinato (realizzato ad esempio con un piano di una libreria o con un tagliere...)
- macchinina giocattolo (oppure carrellino con ruote leggere)
- calcolatrice grafica TI-83
- sensore di moto Ranger
- cavetto nero di collegamento



Prima di cominciare l'esperimento verifica che nella tua calcolatrice sia stato installato il programma RANGER battendo il tasto PROGRAM e scorrendo la lista dei programmi. In caso non ci sia puoi scaricarlo direttamente dal sensore Ranger.

Ora puoi procedere in questo modo:

- connetti il Ranger con la calcolatrice usando il cavetto nero (controlla che gli spinotti siano inseriti fino in fondo)
- prepara la calcolatrice per l'acquisizione e la costruzione di un grafico della posizione in funzione del tempo (vedi "Acquisizione dati TI-83")
- imprimi alla macchinina una spinta verso l'alto lungo il piano e comincia l'acquisizione.

PREDISPOSIZIONE SISTEMA E ACQUISIZIONE DATI (TI83)

Nel MAIN MENU seleziona 1:SETUP/SAMPLE.

Imposta l'acquisizione come segue:

REALTIME:	NO
TIME(S):	2
DISPLAY:	DIST
BEGIN ON:	ENTER
SMOOTHING :	NONE
UNITS:	METERS

Con una predisposizione di questo tipo puoi raccogliere dati per 2 secondi e il grafico della posizione in funzione del tempo verrà visualizzato alla fine dell'acquisizione.

Se dopo il primo lancio noti che a causa della particolare configurazione del tuo esperimento è meglio cambiare il tempo totale di acquisizione puoi decidere di cambiarlo tornando al Menù SETUP/SAMPLE.

Ora spostati con il cursore su START NOW e premi ENTER quando sei pronto per cominciare l'acquisizione.

Alla fine dell'acquisizione i dati saranno trasferiti dal Ranger alla calcolatrice e il grafico della posizione in funzione del tempo apparirà sullo schermo.

ANALISI DEI DATI (TI83)

Ti suggeriamo una serie di operazioni per analizzare i dati sperimentali ottenuti.

1) Studio dei grafici della posizione, velocità e accelerazione

- Analizza i grafici dello spostamento, della velocità e della accelerazione e, confrontandoli tra loro, prova a rispondere alle seguenti domande:
 - Riesci a distinguere i tratti corrispondenti alla salita e la discesa della macchinina nel grafico della posizione? E in quello della velocità?
 - Nel grafico della velocità riesci a identificare una porzione del grafico praticamente rettilinea? Che cosa rappresenta la pendenza della retta? Perché è negativa?

2) Studio dell'accelerazione in salita e in discesa

- Calcola l'accelerazione sperimentale durante la salita e durante la discesa mediante una interpolazione lineare dei dati di velocità.

Per calcolare l'accelerazione devi prima selezionare la regione di grafico corrispondente ad una salita e ad una discesa della macchinina (tratto approssimativamente rettilineo con pendenza negativa) ed effettuare una regressione lineare dei dati selezionati.

Un'analisi più fine del grafico $v(t)$ può mettere in evidenza che l'accelerazione non ha lo stesso valore in salita e in discesa.

Selezionando allora le due diverse porzioni di grafico si ottengono due rette di interpolazione con i rispettivi coefficienti, facendo una media tra le due accelerazioni si ottiene un valore che dovrebbe corrispondere alla accelerazione dovuta alla componente della forza di gravità parallela al piano (vedi Modello Teorico).

3) Confronto tra accelerazione sperimentale e accelerazione teorica

Assumendo che il corpo si comporti come un punto materiale che si muove lungo il piano inclinato, possiamo calcolare il valore teorico aspettato dell'accelerazione e confrontarlo con il valore sperimentale.

I due valori sono compatibili? Se non lo sono, quale pensi sia il motivo?

In questa guida ti proponiamo di calcolare i valori dell'accelerazione utilizzando una interpolazione sui dati di velocità, questa scelta ha il vantaggio di lavorare su un grafico nel quale sono più facilmente identificabili le porzioni del moto da selezionare.

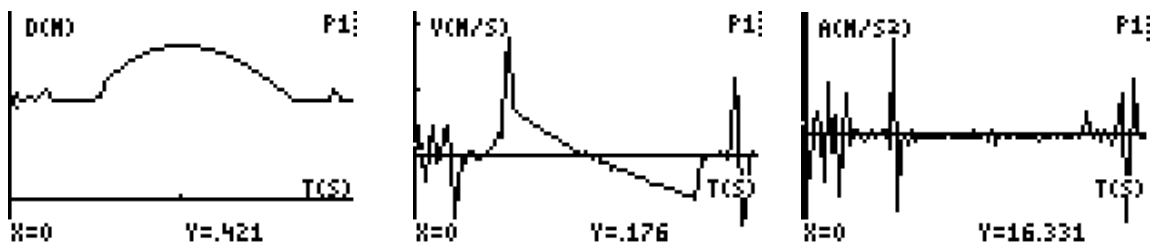
E' possibile effettuare interpolazioni anche sul grafico della posizione in funzione del tempo (interpolazione quadratica) o dell'accelerazione in funzione del tempo (valore medio sullo stesso intervallo di tempo).

Ovviamente dovresti ottenere risultati confrontabili.

Puoi confrontare la tua analisi con un esempio di "Analisi Completa (TI-83)" fatta sui dati sperimentali scaricabili da "Dati Campione", riportata di seguito.

ANALISI COMPLETA – TI83 - (1)

I grafici che si ottengono con i dati campione sono i seguenti:



Si può notare subito che nel grafico posizione vs. tempo la parte centrale non è simmetrica e che quindi il valore dell'accelerazione sarà diverso in salita ed in discesa. Tuttavia è importante fare una interpolazione lineare selezionando tutti i dati per evidenziare che in prima approssimazione il valore dovrebbe essere lo stesso in salita e in discesa.

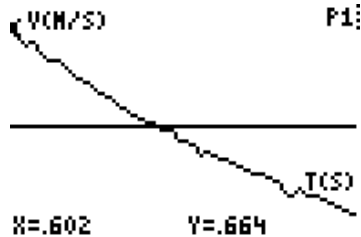
Per selezionare una regione del grafico si procede in questo modo:

```

MAIN MENU      : 2ND MENU      : 2ND MODES    :
1: SETUP/SAMPLE 1: DIST-TIME  1: SELECT DOMAIN
2: SET DEFAULTS 2: VEL-TIME   2: SMOOTH DATA
3: APPLICATIONS 3: ACCEL-TIME 3: PLOT MENU
4: PLOT MENU     4: PLOT TOOLS
5: TOOLS         5: REPEAT SAMPLE
6: QUIT          6: MAIN MENU
                 7: QUIT
    
```

A questo punto compare la richiesta di fissare prima l'estremo sinistro e poi il destro (LOWER e UPPER BOUND).

Una volta selezionata la regione otterrai un grafico come quello seguente:



Per fare l'interpolazione lineare di questi dati si deve uscire da RANGER e utilizzare il menù di interpolazione della calcolatrice TI-83.

Battendo il tasto STAT e selezionando CALC appare un menù nel quale bisogna scegliere 4: LinReg (ax + b).

Inserendo L1 per la X e L2 per la Y si ottengono i valori dei parametri a e b della retta di interpolazione.

Nel caso analizzato abbiamo ottenuto:

```

LinReg
y=ax+b
a=-1.260331277
b=1.315036181
a = - 1.26 m/s2

```

LinReg(ax+b) L1,
L2

Ora confrontiamo questo valore con quello previsto teoricamente.

Nel nostro caso abbiamo che $\sin \theta = h / L = 0.133$ con una incertezza di circa l'1%.

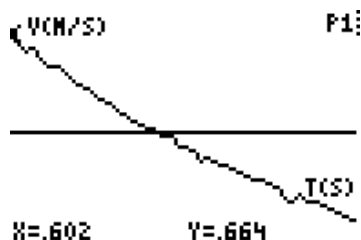
Perciò il valore previsto è:

$$a_t = g \sin \theta = - (1.30 \pm 0.01) \text{ m / s}^2$$

che non è sovrapponibile a quello trovato sperimentalmente.

ANALISI COMPLETA - TI83 - (2)

Un'analisi più attenta del grafico della velocità in funzione del tempo rivela, come già detto in precedenza, che l'accelerazione non ha lo stesso valore in salita e in discesa (nel grafico sono riconoscibili due rette diverse a partire dal punto corrispondente a velocità nulla).



Per calcolare i due valori di accelerazione si devono selezionare le due diverse regioni del grafico in modo da ottenere due rette di interpolazione con i rispettivi coefficienti.

Per fare queste due operazioni puoi seguire le istruzioni che ti abbiamo dato in precedenza.

Attenzione che prima di effettuare la seconda selezione bisogna richiamare i dati originali raccolti eseguendo questo procedimento:

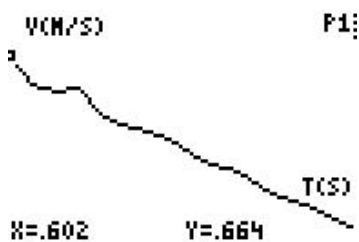
```

MAIN MENU      :
1: SETUP/SAMPLE
2: SET DEFAULTS
3: APPLICATIONS
4: PLOT MENU
5: TOOLS
6: QUIT
  
```

```

TOOLS          :
1: GET CBR DATA
2: GET T183 DATA
3: CBR STATUS
4: STOP/CLEAR CBR
5: MAIN MENU
  
```

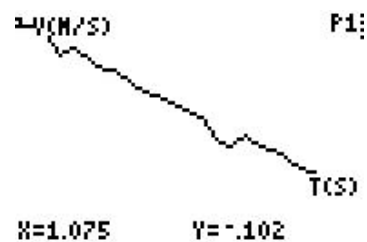
Nel nostro caso le due regioni selezionate (la prima per la salita e la seconda per la discesa) e le rispettive interpolazioni sono:



```

LinReg
y=ax+b
a=-1.625999472
b=1.613177176
  
```

$$a_s = -1.63 \text{ m/s}^2$$



```

LinReg
y=ax+b
a=-.9953910555
b=.9640031457
  
```

$$a_d = -0.99 \text{ m/s}^2$$

Facendo una media tra le due accelerazioni si ottiene un valore che corrisponde alla componente dell'accelerazione dovuta alla sola gravità:

$$a_m = (a_s + a_d) / 2 = (a_g + a_{att} + a_g - a_{att}) / 2 = a_g = -1.31 \text{ m/s}^2$$

mentre una stima del valore dell'accelerazione dovuta all'attrito si può ottenere come

$$a_{att} = (a_s - a_d) / 2 = -0.32 \text{ m/s}^2$$

Questo valore dell'accelerazione è compatibile con quello aspettato $[-(1.30 \pm 0.01) \text{ m/s}^2]$.

Si noti che questo valore dovrebbe coincidere con quello ottenuto con una singola interpolazione dei due gruppi di dati se il numero di dati nei due gruppi è lo stesso.

Comunque le due interpolazioni separate sono in generale consigliabili per garantire che venga attribuito lo stesso peso ai punti in salita e in discesa.

Da notare infine che un eventuale disaccordo tra il valore dell'accelerazione previsto e quello misurato può essere dovuto a:

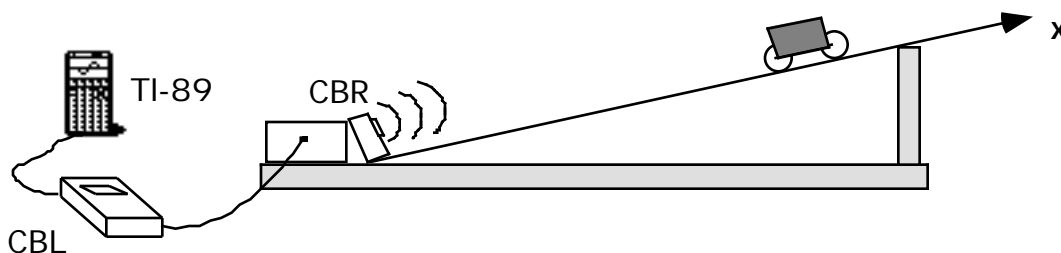
- 1) La misura dell'angolo è stata effettuata rispetto ad un piano che non è orizzontale: ogni piccola deviazione può incidere notevolmente sul valore previsto (vedi Nota al Modello Teorico)
- 2) La massa totale delle ruote non è trascurabile rispetto alla massa totale della macchinina giocattolo (in questo caso bisogna tener conto anche del moto di rotazione delle ruote).

ESPERIMENTO CON TI89

APPARATO SPERIMENTALE E PROCEDURA (TI89)

Per eseguire l'esperimento hai bisogno di:

- piano inclinato (realizzato ad esempio con un piano di una libreria o con un tagliere...)
- macchinina giocattolo (oppure carrellino con ruote leggere)
- calcolatrice grafica TI-89
- sensore di moto Ranger o Motion Detector
- cavetto nero di collegamento
- Interfaccia CBL



Prima di cominciare l'esperimento verifica che nella tua calcolatrice sia stato installato il programma SCIENZA battendo il tasto **SECOND** [**VAR-LINK**] e scorrendo la lista dei programmi. Altrimenti puoi scaricarlo dal "Modulo introduttivo sulla TI-89".

Si possono utilizzare anche versioni precedenti del programma (ad esempio Physics, versione 2003), in tal caso è possibile che riscontriate alcune piccole differenze nelle schermate e nei comandi.

Ora puoi procedere in questo modo:

- connetti il Ranger con l'interfaccia usando il cavetto grigio e l'interfaccia con la calcolatrice usando il cavetto nero (controlla che gli spinotti siano inseriti fino in fondo)
- prepara la calcolatrice per l'acquisizione e la costruzione di un grafico della posizione in funzione del tempo (vedi "Acquisizione dati TI-89")
- imprimi alla macchinina una spinta verso l'alto lungo il piano e comincia l'acquisizione.

E' opportuno ricordare che utilizzando il programma SCIENZA si possono sfruttare tutte le potenzialità di elaborazione di questo programma, tuttavia è comunque possibile svolgere l'esperimento anche con il programma Ranger nella versione per TI-89. In tal caso si rimanda alle sezioni di questo modulo dedicate alla TI-83.

PREDISPOSIZIONE SISTEMA E ACQUISIZIONE DATI (TI89)

Per la predisposizione del sistema devi selezionare nel MENU' PRINCIPALE 1: PREDISPOSIZIONE SONDE e nella finestra successiva 1:UNO e poi 4: SONAR.

Per acquisire i dati ti conviene seguire questi passi:

Seleziona nel MENU' PRINCIPALE 2: AQUISIZIONE.

Ti conviene per prima cosa fare il monitoraggio selezionando 1: MONITORAGGIO per essere sicuro che il sonar funzioni, controllando che il valore che compare sullo schermo coincida con la distanza tra il sonar e l'automobilina che terrai ferma lungo il piano inclinato.

Ora seleziona 2: GRAFICO vs TEMPO.

In questa finestra devi scegliere l'intervallo di tempo tra i campionamenti (ad esempio 0.02 secondi) e il numero di campionamenti (ad esempio 100 punti).

Nella schermata QUANDO TRACCIO puoi scegliere 2: DOPO L'ACQUISIZIONE.

Ora il tuo sistema è pronto per l'acquisizione.

Istruzioni dettagliate sulla predisposizione del software sono contenute nel "Modulo introduttivo sulla TI-89"

ANALISI DEI DATI (TI89)

Ti suggeriamo una serie di operazioni per analizzare i dati sperimentali ottenuti.

4) Studio dei grafici della posizione, velocità e accelerazione

- Analizza i grafici dello spostamento, della velocità e della accelerazione e, confrontandoli tra loro, prova a rispondere alle seguenti domande:
 - Riesci a distinguere i tratti corrispondenti alla salita e la discesa della macchinina nel grafico della posizione? E in quello della velocità?
 - Nel grafico della velocità riesci a identificare una porzione del grafico praticamente rettilinea? Che cosa rappresenta la pendenza della retta? Perché è negativa?

5) Studio dell'accelerazione in salita e in discesa

- Calcola l'accelerazione sperimentale durante la salita e durante la discesa mediante una interpolazione lineare dei dati di velocità.

Per calcolare l'accelerazione devi prima selezionare la regione di grafico corrispondente ad una salita e ad una discesa della macchinina (tratto approssimativamente rettilineo con pendenza negativa) ed effettuare una regressione lineare dei dati selezionati.

Un'analisi più fine del grafico $v(t)$ può mettere in evidenza che l'accelerazione non ha lo stesso valore in salita e in discesa.

Selezionando allora le due diverse porzioni di grafico si ottengono due rette di interpolazione con i rispettivi coefficienti, facendo una media tra le due accelerazioni si ottiene un valore che dovrebbe corrispondere alla accelerazione dovuta alla componente della forza di gravità parallela al piano (vedi Modello Teorico).

6) Confronto tra accelerazione sperimentale e accelerazione teorica

Assumendo che il corpo si comporti come un punto materiale che si muove lungo il piano inclinato, possiamo calcolare il valore teorico aspettato dell'accelerazione e confrontarlo con il valore sperimentale.

I due valori sono compatibili? Se non lo sono, quale pensi sia il motivo?

In questa guida ti proponiamo di calcolare i valori dell'accelerazione utilizzando una interpolazione sui dati di velocità, questa scelta ha il vantaggio di lavorare su un grafico nel quale sono più facilmente identificabili le porzioni del moto da selezionare.

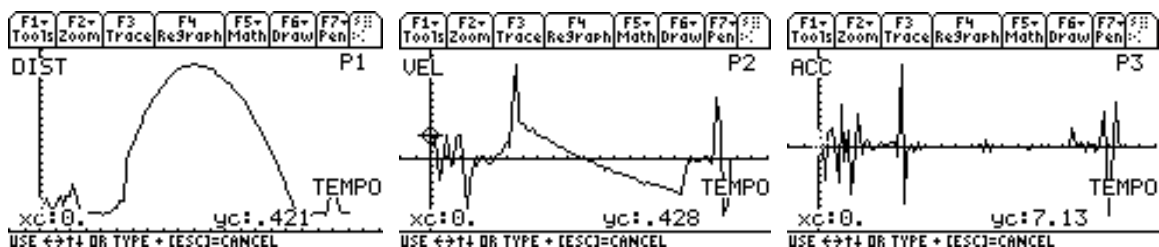
E' possibile effettuare interpolazioni anche sul grafico della posizione in funzione del tempo (interpolazione quadratica) o dell'accelerazione in funzione del tempo (valore medio sullo stesso intervallo di tempo).

Ovviamente dovresti ottenere risultati confrontabili.

Puoi confrontare la tua analisi con un esempio di "Analisi Completa (TI-89)" fatta sui dati sperimentali scaricabili da "Dati Campione", riportato di seguito.

ANALISI COMPLETA – TI89 - (1)

I grafici che si ottengono con i dati campione sono i seguenti:



Si può notare subito che nel grafico posizione vs. tempo la parte centrale non è simmetrica e che quindi il valore dell'accelerazione sarà diverso in salita ed in discesa.

Tuttavia è importante fare una interpolazione lineare selezionando tutti i dati per evidenziare che in prima approssimazione il valore dovrebbe essere lo stesso in salita e in discesa.

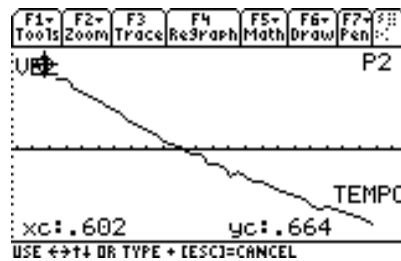
Per selezionare una regione del grafico si procede in questo modo:

nel MENÙ PRINCIPALE selezionare 3: ANALISI e poi 4: SELEZ. REGIONE.

Ora devi scegliere il grafico su cui vuoi lavorare, in questo caso 5:d/dt.

A questo punto compare la richiesta di fissare prima l'estremo sinistro e poi il destro (LIMITE INF./LIMITE SUP.).

Una volta selezionata la regione otterrai un grafico come quello seguente:



Ora devi fare l' interpolazione lineare di questi dati.

Se non ricordi come si esegue puoi consultare il “Modulo introduttivo sulla TI-89”.

Nel caso analizzato abbiamo ottenuto:



Y=A*X+B
 A = -1.270
 B = 1.324
 R = -.993



$$a = -1.27 \text{ m/s}^2$$

Ora confrontiamo questo valore con quello previsto teoricamente.

Nel nostro caso abbiamo che $\sin \theta = h / L = 0.133$ con una incertezza di circa l'1%.

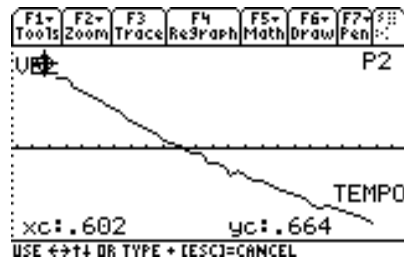
Perciò il valore previsto è:

$$a_t = g \sin \theta = -(1.30 \pm 0.01) \text{ m / s}^2$$

che non è sovrapponibile a quello trovato sperimentalmente.

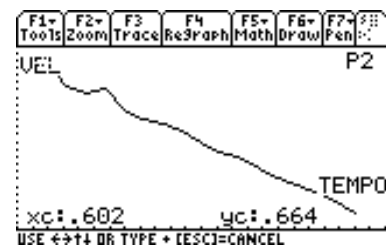
ANALISI COMPLETA - TI89 - (2)

Un'analisi più attenta del grafico della velocità in funzione del tempo rivela, come già detto in precedenza, che l'accelerazione non ha lo stesso valore in salita e in discesa (nel grafico sono riconoscibili due rette diverse che si incontrano nel punto corrispondente a velocità nulla).



Per calcolare i due valori di accelerazione si devono selezionare le due diverse regioni del grafico in modo da ottenere due rette di interpolazione con i rispettivi coefficienti. Per fare queste due operazioni puoi seguire le istruzioni che ti abbiamo dato in precedenza.

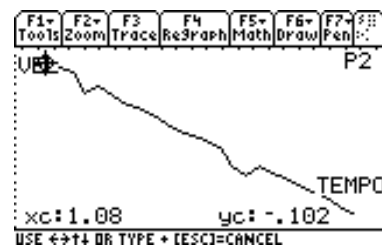
Nel nostro caso le due regioni selezionate (la prima per la salita e la seconda per la discesa) e le rispettive interpolazioni sono:



```

Y=A*X+B
A =      -1.627
B =      1.614
R =      -.997
    
```

[ENTER]
MAIN RAD APPROX FUNC PAUSE



```

Y=A*X+B
A =      -1.002
B =      -.972
R =      -.994
    
```

[ENTER]
MAIN RAD APPROX FUNC PAUSE

$$a_s = -1.63 \text{ m/s}^2$$

$$a_d = -1.00 \text{ m/s}^2$$

Facendo una media tra le due accelerazioni si ottiene un valore che corrisponde alla componente dell'accelerazione dovuta alla sola gravità:

$$a_m = (a_s + a_d) / 2 = (a_g + a_{att} + a_g - a_{att}) / 2 = a_g = -1.31 \text{ m/s}^2$$

mentre una stima del valore dell'accelerazione dovuta all'attrito si può ottenere come

$$a_{att} = (a_s - a_d) / 2 = -0.32 \text{ m/s}^2$$

Il valore dell'accelerazione a_g è ora compatibile con quello atteso $[-(1.30 \pm 0.01) \text{ m/s}^2]$.

Si noti che questo valore dovrebbe coincidere con quello ottenuto con una singola interpolazione dei due gruppi di dati se il numero di dati nei due gruppi è lo stesso.

Comunque le due interpolazioni separate sono in generale consigliabili per garantire che venga attribuito lo stesso peso ai punti in salita e in discesa.

Da notare infine che un eventuale disaccordo tra il valore dell'accelerazione previsto e quello misurato può essere dovuto a:

- 1) La misura dell'angolo è stata effettuata rispetto ad un piano che non è orizzontale: ogni piccola deviazione può incidere notevolmente sul valore previsto (vedi Nota al Modello Teorico)
- 2) La massa totale delle ruote non è trascurabile rispetto alla massa totale della macchinina giocattolo (in questo caso bisogna tener conto anche del moto di rotazione delle ruote).

ANALISI CON MS-EXCEL

ANALISI DEI DATI (MS-EXCEL)

I dati ricavati dall'esperimento possono essere importati in un foglio Excel utilizzando il cavo TI Graph Link e il software TI Connect.

Ti suggeriamo una serie di operazioni per analizzare i dati sperimentali ottenuti.

7) Costruzione e analisi dei grafici della posizione, velocità e accelerazione

- Costruisci i grafici dello spostamento, della velocità e della accelerazione in funzione del tempo

(Per un aiuto vai alle pagine "Come realizzare grafici a punti in Excel" e "Come graficare i dati quando le colonne non sono adiacenti", che descrivono le operazioni necessarie con dati relativi all'esperimento della Palla che rimbalza.)

- Analizza i grafici dello spostamento, della velocità e della accelerazione e, confrontandoli tra loro, prova a rispondere alle seguenti domande:
 - Riesci a distinguere i tratti corrispondenti alla salita e la discesa della macchinina nel grafico della posizione? E in quello della velocità?
 - Nel grafico della velocità riesci a identificare una porzione del grafico praticamente rettilinea? Che cosa rappresenta la pendenza della retta? Perché è negativa?

8) Studio dell'accelerazione in salita e in discesa

- Calcola l'accelerazione sperimentale durante la salita e durante la discesa mediante una interpolazione lineare dei dati di velocità.

Per calcolare l'accelerazione devi selezionare la regione di grafico corrispondente ad una salita e ad una discesa della macchinina (tratto approssimativamente rettilineo con pendenza negativa) ed effettuare una regressione lineare dei dati selezionati.

(Per un aiuto vai alle pagine "Graficare una porzione di due colonne" e "Come trovare la curva di regressione" che descrivono le operazioni necessarie con dati all'esperimento della Palla che rimbalza.)

Un'analisi più fine del grafico $v(t)$ può mettere in evidenza che l'accelerazione non ha lo stesso valore in salita e in discesa.

In questo caso può essere utile selezionare separatamente le due diverse porzioni di grafico (salita e discesa) e ricavare due rette di interpolazione con i rispettivi coefficienti. Facendo una media tra le due accelerazioni si otterrà un valore che dovrebbe

corrispondere alla accelerazione dovuta alla componente della forza di gravità parallela al piano (vedi Modello Teorico).

9) Confronto tra accelerazione sperimentale e accelerazione teorica

Assumendo che il corpo si comporti come un punto materiale che si muove lungo il piano inclinato, possiamo calcolare il valore teorico aspettato dell'accelerazione e confrontarlo con il valore sperimentale.

I due valori sono compatibili? Se non lo sono, quale pensi sia il motivo?

In questa guida ti proponiamo di calcolare i valori dell'accelerazione utilizzando una interpolazione sui dati di velocità, questa scelta ha il vantaggio di lavorare su un grafico nel quale sono più facilmente identificabili le porzioni del moto da selezionare.

E' possibile effettuare interpolazioni anche sul grafico della posizione in funzione del tempo (interpolazione quadratica) o dell'accelerazione in funzione del tempo (valore medio sullo stesso intervallo di tempo).

Ovviamente dovresti ottenere risultati confrontabili.

Puoi confrontare la tua analisi con un esempio di "Analisi Completa -MSExcel" eseguita sui dati sperimentali scaricabili da "Dati Campione", riportato di seguito.

ANALISI COMPLETA - MS-Excel (1)

Nel foglio di Excel [Toy.xls](#) sono stati importati i dati relativi ad un esperimento come quello illustrato nella pagina "Apparato sperimentale".

I dati sono stati importati utilizzando il cavo TI Graph Link e il software TI Connect.

I tempi (in secondi) sono nella colonna A, le distanze (in metri) nella colonna B, le velocità (in m/s) nella colonna C e le accelerazioni (in m/s^2) nella colonna D.

Utilizzando questi dati, dovresti ottenere dei grafici analoghi a quelli mostrati qui sotto.

(Per un aiuto vai alle pagine "Come realizzare grafici a punti in Excel" e "Come graficare i dati quando le colonne non sono adiacenti", che descrivono le operazioni necessarie con dati relativi all'esperimento della Palla che rimbalza.)

Grafico di posizione

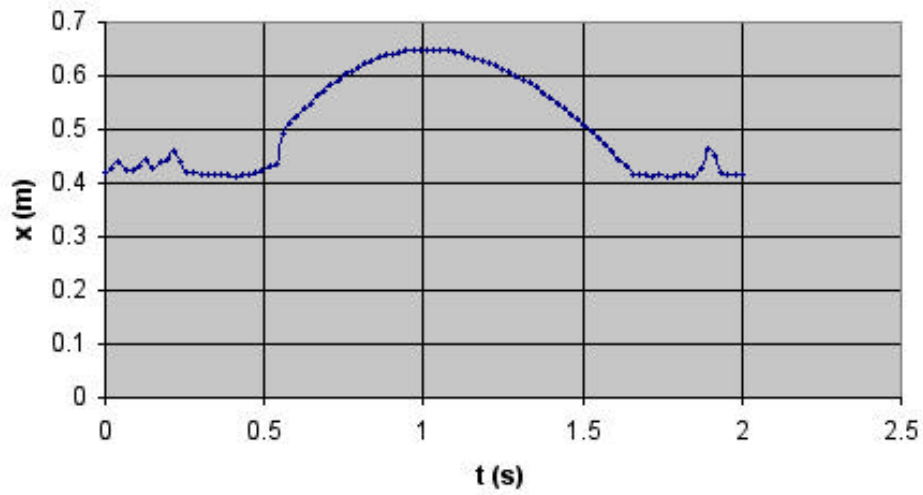


Grafico di velocità

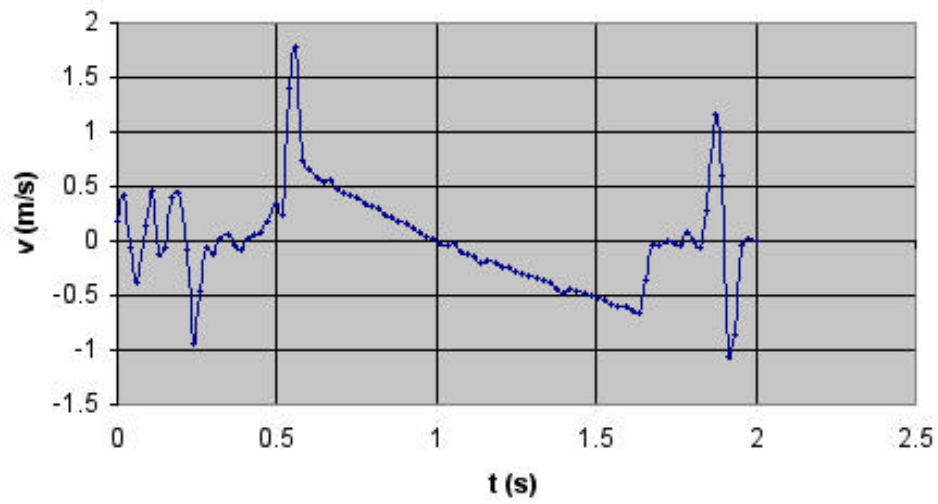
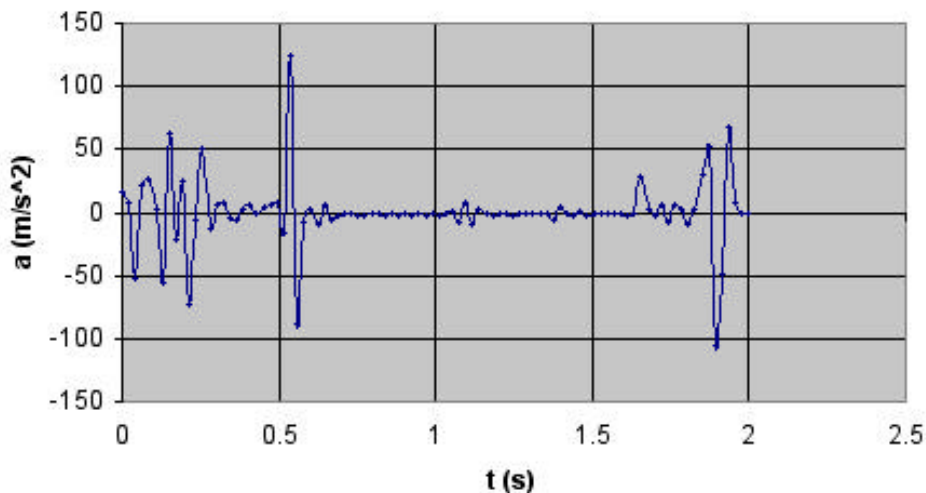


Grafico di accelerazione



Si può notare subito che in questo caso la parte centrale del grafico posizione vs. tempo non è simmetrica e che quindi il valore dell'accelerazione sarà leggermente diverso in salita ed in discesa.

Tuttavia può essere utile fare una prima interpolazione lineare selezionando contemporaneamente i dati in salita e in discesa per controllare se, in prima approssimazione, il valore dell'accelerazione possa essere considerato il medesimo.

ANALISI COMPLETA - MS-Excel (2)

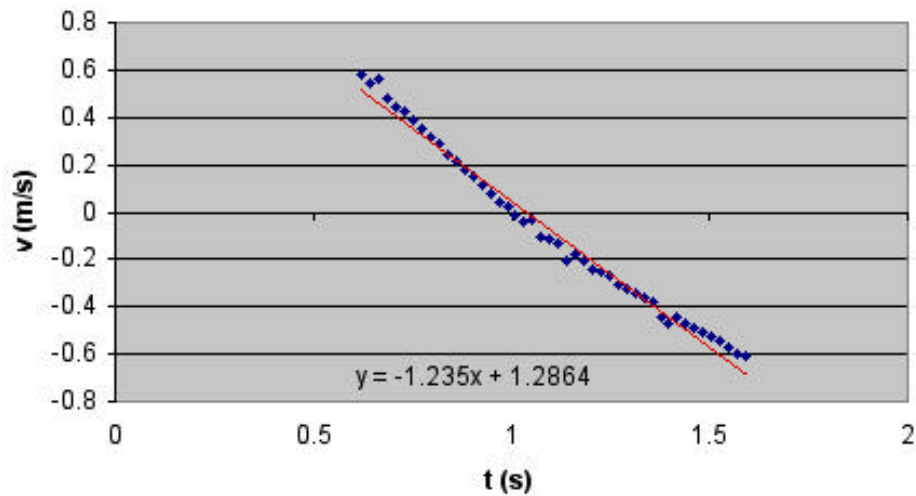
Per calcolare l'accelerazione relativa la tratto di salita e discesa costruisci un nuovo grafico della velocità selezionando solo i dati che ti interessano.

(Per un aiuto vai alla pagina "Graficare una porzione di due colonne" che descrive le operazioni necessarie con dati relativi all'esperimento della Palla che rimbalza.)

Ora effettua una regressione lineare. Dovresti ottenere un grafico analogo al seguente:

(Per un aiuto vai alla pagina "Come trovare la curva di regressione" che descrive le operazioni necessarie con dati all'esperimento della Palla che rimbalza.)

Salita e discesa



Con i dati considerati si ottiene quindi il valore di accelerazione

$$a = -1,24 \text{ m/s}^2$$

Questo valore può essere confrontato con quello teoricamente atteso.
Nel caso di questo esperimento abbiamo:

$\sin \theta = h/L = 0.133$ con un'incertezza dell' 1% circa.

Quindi il valore atteso è:

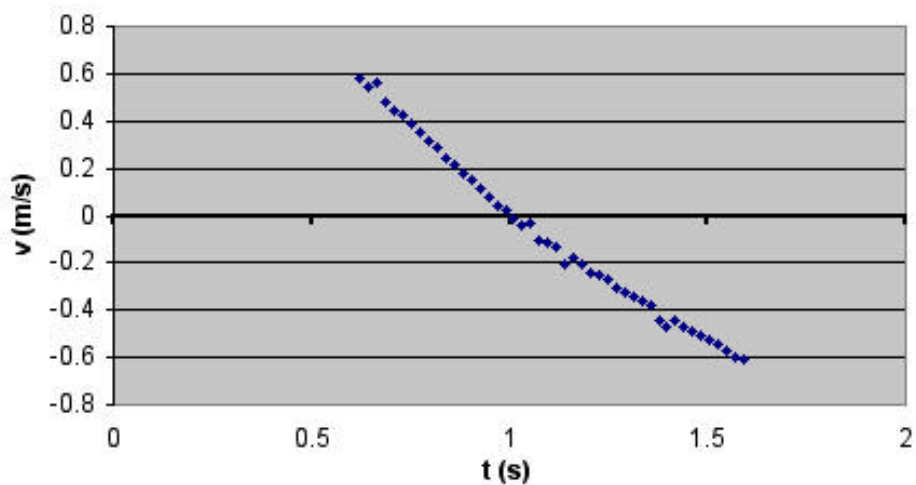
$$a_t = g \sin \theta = - (1.30 \pm 0.01) \text{ m/s}^2$$

che non risulta in completo accordo con quello sperimentale.

ANALISI COMPLETA - MS-Excel (3)

In questo caso una più attenta analisi del grafico delle velocità dovrebbe rivelare che ci sono due rette differenti che si congiungono nell'istante in cui il corpo ha velocità nulla.

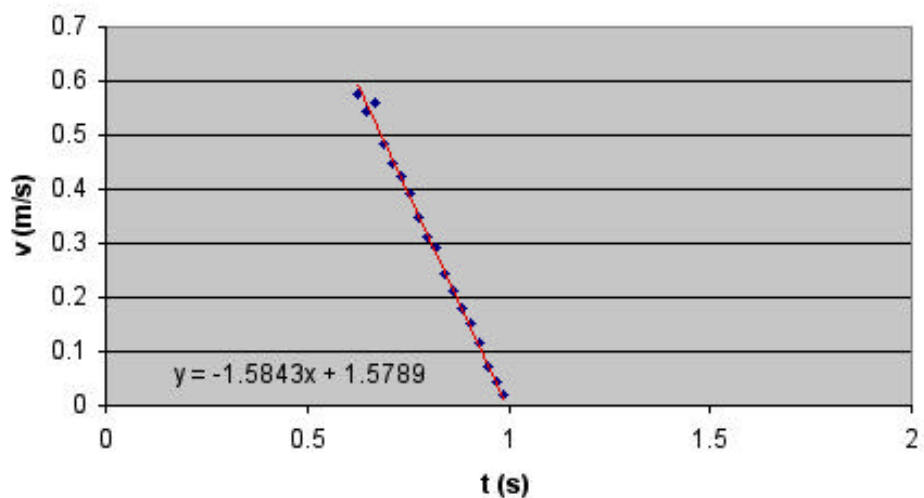
Salita e discesa

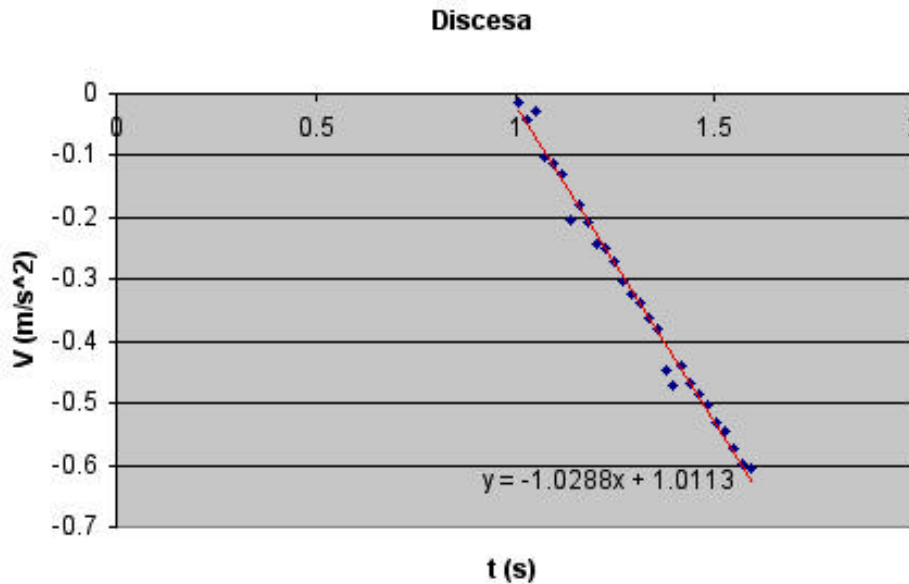


Le due differenti pendenze possono essere calcolate selezionando separatamente i due gruppi di dati, quello della fase di salita e quello della fase di discesa. E' necessario, quindi, ripetere due volte le operazioni per selezionare una parte di grafico (*per un aiuto vai alla pagina "Graficare una porzione di due colonne"*) e per realizzare la regressione lineare (*per un aiuto vai alla pagina "Come trovare la curva di regressione"*).

Ecco un esempio ottenuto con i dati da noi selezionati:

Salita





Dalle pendenze otteniamo i due valori di accelerazione:

$$a_s = -1,58 \text{ m/s}^2 \quad a_d = -1.03 \text{ m/s}^2$$

Il valore medio, cioè la componente dell'accelerazione dovuta alla gravità, vale quindi:

$$a_m = (a_s + a_d) / 2 = (a_g + a_A + a_g - a_A) / 2 = a_g = -1.31 \text{ m/s}^2$$

e una stima del contributo dell'attrito all'accelerazione è la seguente:

$$a_A = (a_s - a_d) / 2 = -0.55 \text{ m/s}^2$$

Il valore dell'accelerazione è in accordo con quello atteso: $[-(1.30 \pm 0.01) \text{ m/s}^2]$.

Nota che questo valore potrebbe coincidere con quello ottenuto con un'unica regressione dei due insiemi di dati solo se il numero di dati delle due liste fosse lo stesso (nel nostro caso abbiamo in salita 18 punti e in discesa 26). E' quindi preferibile in generale realizzare due regressioni separatamente per garantire che venga assegnato lo stesso peso ai contributi di salita e discesa.

Osserva, infine, che un eventuale disaccordo tra i valori di accelerazione attesi e misurati può essere dovuto a:

- 1) misure di θ relative ad un piano che non sia orizzontale (anche deviazioni piccole possono alterare in modo non trascurabile il valore dell'accelerazione prevista; vedi Nota al Modello Teorico)
- 2) massa totale delle ruote non trascurabile se confrontata con la massa totale della macchinina (nel qual caso dovrebbe essere preso in considerazione anche il moto rotazionale delle ruote).