

Il secondo principio della dinamica

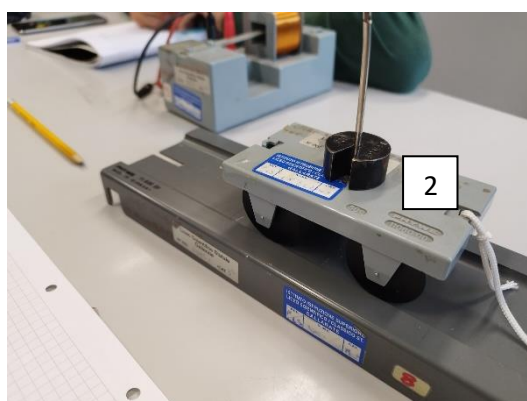
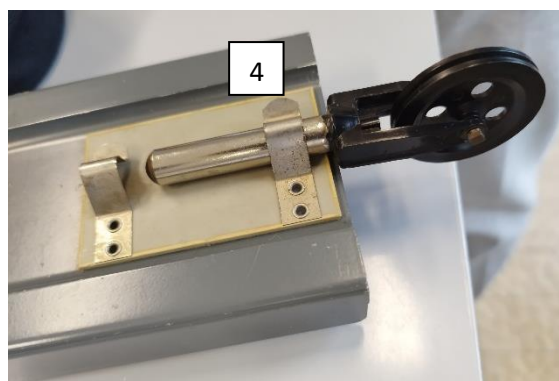
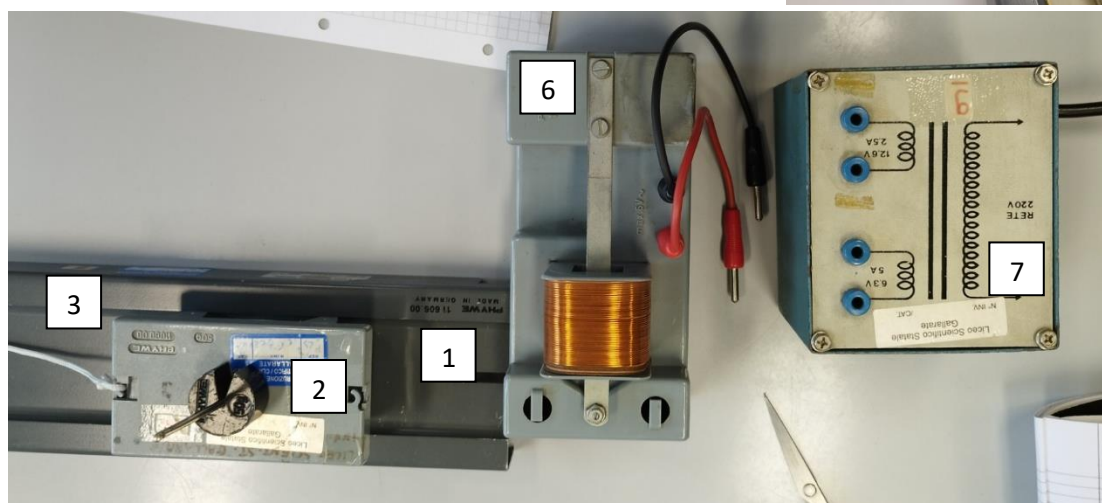
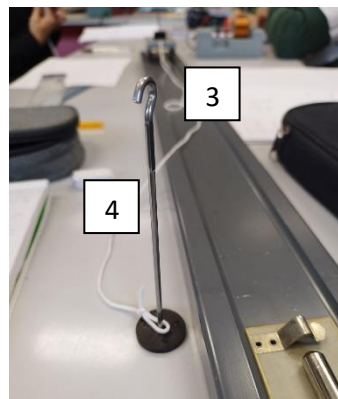
Peruzzotti Mattia, 3^a A LSA

Laboratorio di fisica n°1 del Liceo Viale dei Tigli "Leonardo da Vinci" di Gallarate

Scopo: Verifica sperimentale del Secondo Principio della Dinamica

Materiale utilizzato:

- Guida metallica (1)
- Carrello no semovente con massa di 50 g (2)
- Spago (3)
- Puleggia (4)
- Porta masse con massette (pesi) (5)
- Marcatempo elettromagnetico (6)
- Carta carbone.
- Alternatore (7)

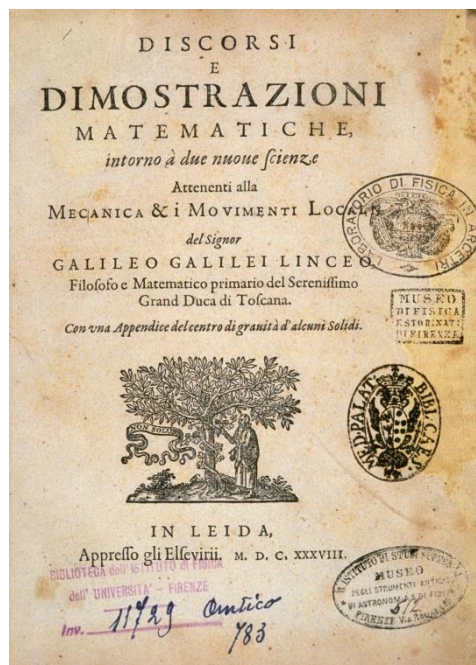


Premessa teorica

Grazie all'esperienza da noi compiuta, studiamo una nuova branca della fisica: la meccanica. La meccanica, secondo Galileo Galilei, è lo studio dei moti e si compone di tre insiemi.

- La statica, che studia l'equilibrio dei corpi.
- La cinematica, che studia il moto dei corpi indipendentemente dalle cause che lo hanno prodotto.
- La **dinamica**, che studia il moto dei corpi in relazione alle cause che lo hanno prodotto.

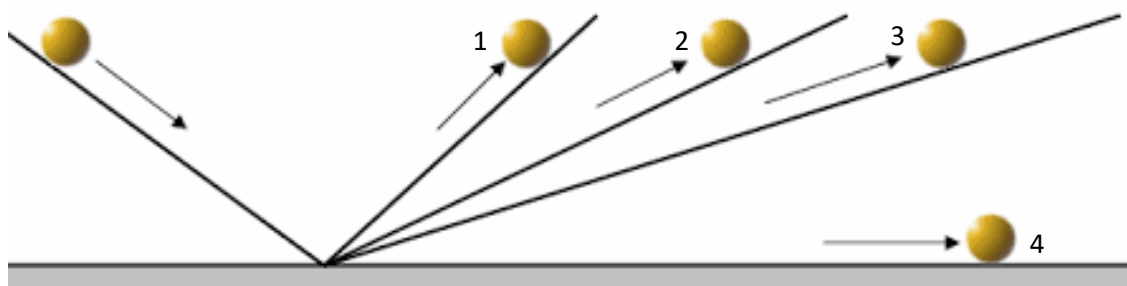
Il fisico pisano Galileo Galilei studiò la cinematica e la dinamica, esponendo i suoi studi nei “*Discorsi e dimostrazioni matematiche su due nuove scienze*”, dove le due nuove scienze prese in considerazione sono proprio la cinematica e la dinamica. Questi discorsi, scritti da Galilei nel 1638 in Olanda, hanno come protagonisti tre personaggi che dibattono sui temi scientifici tramite diversi punti di vista: *Salviati*, rappresenta lo scienziato innovatore, il volere di Galilei; *Simplicio*, legato alle tradizioni ed infine *Sagredo*, mediatore tra i due.



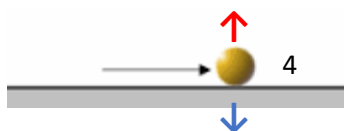
Durante la prima parte del libro, Galileo, tramite i tre personaggi, si chiede se il moto sia possibile o meno in assenza di forze.

Il primo scienziato a dare una definizione di **dinamica** fu Aristotele, il filosofo e scienziato greco enunciò nel IV sec. a.C. che “*per mantenere una velocità costante un corpo deve essere sottoposto a una forza costante*” e, di conseguenza, che la forza sia direttamente proporzionale alla velocità ($F \propto V$). La teoria supportata da Aristotele, però, come dimostra Galilei nei *Discorsi*, si sbagliava: se la forza è direttamente proporzionale alla velocità, possiamo affermare che con una forza (F) pari a 0, corrisponde una velocità (V) pari a 0, si avrebbe quindi un’**assenza di moto**.

Nei suoi discorsi, Galilei, tramite le parole di Salviati, riesce a verificare l'inesattezza della legge studiata da Aristotele, con un *gedankenexperiment* un **esperimento mentale**, concettuale, in quanto, in laboratorio, non è possibile eliminare completamente l'attrito.



In un sistema costituito da un piano inclinato ed una pallina, in assenza di attrito, la pallina raggiungerebbe la quota iniziale (se il sistema costituito da un doppio piano inclinato, pallina 1,2,3); altrimenti, in assenza di attrito, la pallina si muoverebbe all'infinito (pallina 4). La pallina 4 non è soggetta ad alcuna forza: la *forza peso* (che la spinge verso il basso) è annullata dalla *reazione vincolare* verso l'alto.



Per capire meglio il funzionamento e provare l'esperimento concettuale eseguito da Galilei, allego il collegamento ipertestuale alla simulazione offerta da PhET. Il Progetto PhET Simulazioni Interattive dell'Università del Colorado di Boulder crea simulazioni interattive gratuite di matematica e scienze.



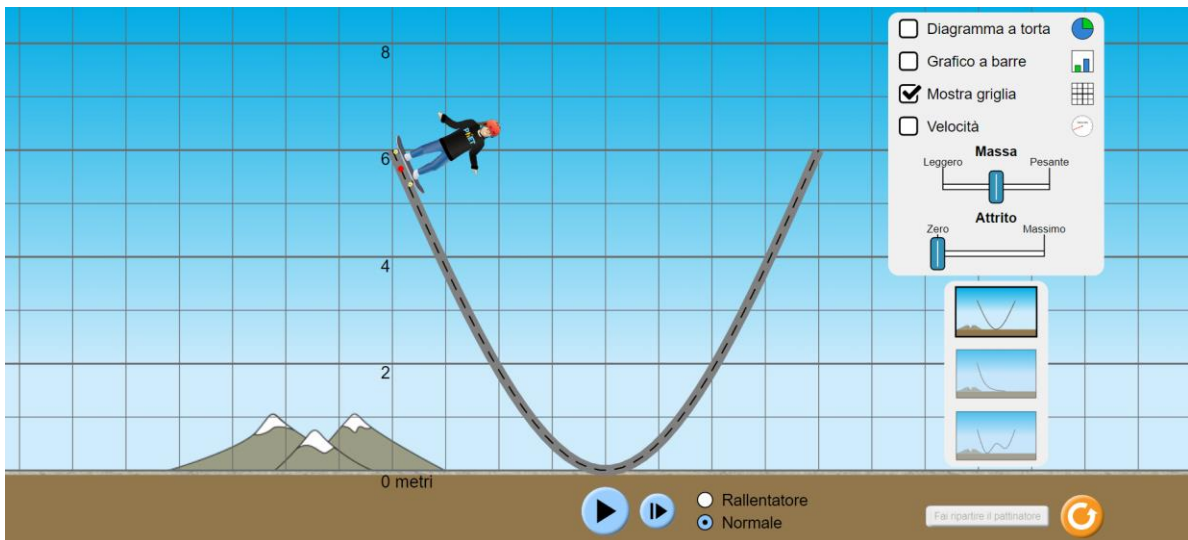
[Per sapere di più](#)

L'esperimento della pallina (sopra descritto) può essere visto come uno skate su una pista. La simulazione permette di regolare la massa della persona e l'attrito presente (anche nullo).

Ponendo l'attrito pari a 0 e inserendo la griglia, è possibile notare che lo skate raggiunge la stessa quota di partenza. È inoltre possibile modificare la tipologia di pista utilizzata: a forma di "u", oppure con un lato piatto.

[\[https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_it.html\]](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_it.html)

[vedi sotto]



Galilei è quindi in grado di enunciare il **primo principio della dinamica**: un corpo mantiene il suo stato di MRU (in cui la velocità è costante) o quiete (in cui la velocità è nulla), finché una causa esterna (forze) non viene a perturbarlo.

Introduciamo quindi anche il termine di **moto inerziale**, il quale è un moto (MRU) caratterizzato dall'assenza di forze.

Il **secondo principio della dinamica** venne studiato sia da Galileo Galilei, ma anche da Newton (che lo descrisse in uno suo scritto). L'enunciato è: la forza applicata da un corpo è direttamente proporzionale all'accelerazione che esso acquista. Parliamo quindi di proporzionalità diretta tra la forza e l'accelerazione, $F \propto a$. Quando si parla di proporzionalità, bisogna introdurre la costante di proporzionalità: la **massa inerziale**, la difficoltà di mettere o mantenere un corpo in movimento.

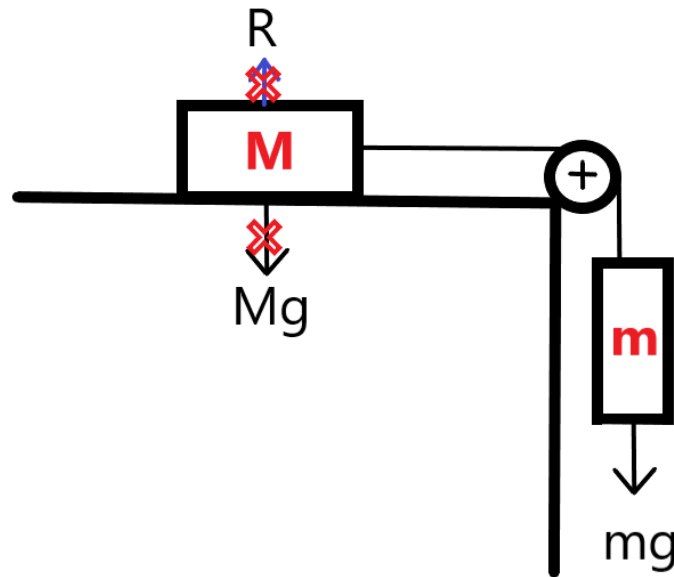
$$F = ma$$

Dove m corrisponde all'inerzia del corpo, la massa. Lo studio delle unità di misura: $[kg] \left[\frac{m}{s^2} \right] = [N]$ ci permette di capire che l'unità di misura della forza sono i **newton** (nome derivato dallo scienziato Isaac Newton 1642-1727). Un **newton** è la **forza** che attribuisce una massa di un chilo con un'accelerazione di 1 m/s^2 . Possiamo anche introdurre il concetto di **kilogrammo peso**, la massa inerziale dei corpi sulla terra; è importante fare la distinzione tra peso e massa: la massa è un valore intrinseco dei corpi, il peso dipende dal campo gravitazionale. Possiamo quindi dire che $1 \text{ kgp} = 9,8 \text{ N}$.

Nell'esperienza da noi vissuta, faremo uso di un sistema composto da: un piano di lavoro, una guida metallica un carrellino con massa (M), una carrucola, a cui è attaccata una massa (m) ed una carrellino no semovente.

Nell'esperienza da noi compiuto abbiamo utilizzato un carrellino dotato di quattro ruote perché queste trasformano l'attrito radente, in attrito volvente (minore e, nell'esperienza trascurabile).

Il **sistema di dinamica** utilizzato nell'esperienza è rappresentato sotto in figura:



M corrisponde alla massa del carrellino con i pesetti. Le forze che agiscono su questo carrellino sono equilibrate: la forza Mg si annulla con la reazione vincolare che lo spinge verso l'alto.

Il filo (in fisica ciò che trasmette le forze parallelamente e che tira, ma non spinge) mette in comunicazione M e m, dove m corrisponde ai pesetti posti oltre la puleggia. Le forze che agiscono su m non sono equilibrate: mg è la forza peso che agisce verso il basso.

L'esperienza da noi vissuta si poneva come obiettivo la verifica sperimentale del secondo principio della dinamica. Per raggiungere questo scopo, abbiamo confrontato l'accelerazione sperimentale (misurata) con quella teorica (calcolata).

In un sistema di dinamica, bisogna segnare tutte le forze che agiscono e, di conseguenza, si può trasformare la formula del secondo principio della dinamica: $F = ma$ in $\sum \vec{F} = (\sum m) \vec{a}$, dove $\sum m$ corrisponde alla risultante delle masse, la *sommatoria* di tutte le masse presenti nel sistema; a all'accelerazione e $\sum \vec{F}$ risultante di tutte le forze del sistema, che può essere anche scritta come: $\sum \vec{F}_{ne}$, dove *ne* corrisponde a non equilibrate.

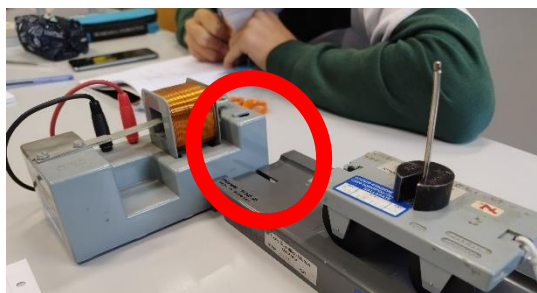
Essendo le forze del corpo M equilibrate, è possibile riscrivere la formula citata precedentemente come: $mg = (M + m)a$. Per calcolare quindi l'**accelerazione teorica** a cui il sistema è soggetto, utilizziamo la formula: $a_{th} = \frac{mg}{M+m}$.

Esecuzione dell'esperienza

Il giorno 24 settembre 2022, ci siamo recati in laboratorio di fisica per verificare sperimentalmente i principi della dinamica, con l'aiuto del prof.re Franco Maria Boschetto e della prof.ssa Antonella De Marchi.

1. Dopo un'introduzione generale sul materiale e il procedimento che avremmo utilizzato, abbiamo iniziato l'esperienza. Abbiamo preparato il materiale sul banco di lavoro. Abbiamo posto il lato della guida metallica dotato di puleggia dal lato dove terminava il banco, la parte opposta, invece, è stata allineata ai rebbi del marcatempo elettromagnetico.
2. Abbiamo tagliato una striscia di carta carbone pressoché lunga quanto la guida metallica; l'abbiamo attaccata al carrellino no semovente e fatta passare sotto i rebbi.

3. Abbiamo fatto passare lo spago (attaccato al carrellino e dotato di un'asola) all'interno della gola della puleggia. Abbiamo posto le masse sopra al carrellino (50g in più) e il portamasse all'interno dell'asola dello spago. In questa fase abbiamo dovuto prestare molta attenzione per fare in modo che la massa appesa all'asola non fosse troppa, altrimenti il moto si sarebbe trasformato in un MRU e l'esperienza sarebbe fallita.
4. Abbiamo attaccato il marcatempo elettromagnetico alla corrente alternata e lasciato il carrellino, in modo che si fermasse prima di cadere dalla guida metallica.
5. Abbiamo staccato la carta carbone e suddiviso i puntini a gruppi di 5 spazi, in modo tale da prendere in considerazione come valore di tempo 1/10 di secondo.
6. Abbiamo organizzato ed elaborato i dati, calcolando infine la accelerazione sperimentale.



Allineamento dei rebbi del marcatempo con il taglio presente sulla guida metallica



Il sistema formato da guida metallica, carrellino, spago, pesetti e portamasse, puleggia

Dati e la loro elaborazione

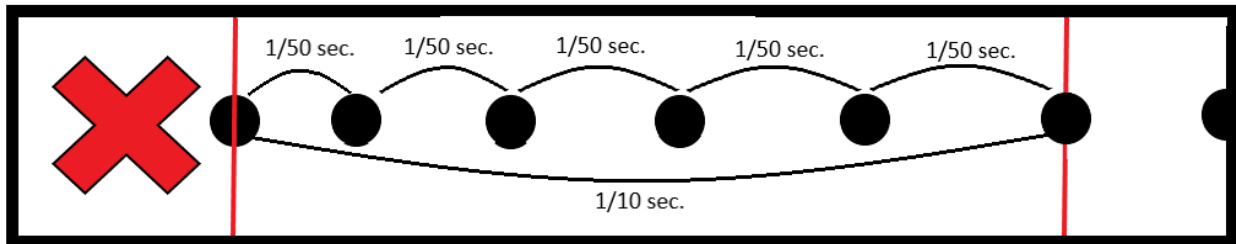
Abbiamo raccolto i dati relativi allo spazio percorso dal carrellino in 0,1 secondi. Sono riportati tutti i valori misurati (con annessi errori), noi, però, prenderemo in considerazione un intervallo contenente solo 5 di questi valori.

#	Δs [cm]
1	$2,5 \pm 0,1$
2	$2,7 \pm 0,1$
3	$3,3 \pm 0,1$
4	$3,9 \pm 0,1$
5	$4,6 \pm 0,1$
6	$5,0 \pm 0,1$
7	$5,5 \pm 0,1$
8	$6,3 \pm 0,1$
9	$6,5 \pm 0,1$
10	$7,0 \pm 0,1$

Nella tabella sottostante sono raccolti i dati che ci saranno utili per calcolare l'accelerazione sperimentale. Dove:

- #, corrisponde al numero dell' tratto preso in considerazione;
- Δs , corrisponde all'intervallo compreso tra 5 punti sulla carta carbone, lo spazio percorso dal carrellino ogni 0,1 secondi;

- Δt , corrisponde all'intervallo di tempo preso in considerazione, in questo caso corrisponde a 0,1 secondi. Il marcatempo elettromagnetico è costituito da un martelletto che picchia alla frequenza della corrente che lo alimenta, 50Hz. [I primi valori non sono da prendere in considerazione, in quanto potrebbero essere soggetti da errori]



- V_m , corrisponde alla velocità media di ogni tratto preso in considerazione. Questa verrà calcolata come $V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$.
- ΔV , corrisponde alla differenza tra le velocità, calcolata come $\Delta V = V_{m_1} - V_{m_2}$.
- a_{sp} , corrisponde all'accelerazione sperimentale, calcolata come $a_{sp} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$.

#	Δs [cm]	Δs [m]	Δt [s]	V_m [m/s]	ΔV [m/s]	a_{sp} [m/s ²]
1	$2,5 \pm 0,1$	$0,025 \pm 0,1$	0,1	$0,25 \pm 1$	/	/
2	$2,7 \pm 0,1$	$0,027 \pm 0,1$	0,1	$0,27 \pm 1$	$0,02 \pm 2$	$0,2 \pm 20$
3	$3,3 \pm 0,1$	$0,033 \pm 0,1$	0,1	$0,33 \pm 1$	$0,04 \pm 2$	$0,4 \pm 20$
4	$3,9 \pm 0,1$	$0,039 \pm 0,1$	0,1	$0,39 \pm 1$	$0,06 \pm 2$	$0,6 \pm 20$
5	$4,6 \pm 0,1$	$0,046 \pm 0,1$	0,1	$0,46 \pm 1$	$0,07 \pm 2$	$0,7 \pm 20$

Per verificare l'accelerazione teorica e sperimentale, dobbiamo calcolare la media dell'accelerazione sperimentale.

a_{sp} [m/s ²]	$\langle a_{sp} \rangle$
$0,2 \pm 20$	$0,475 \pm 20$
$0,4 \pm 20$	
$0,6 \pm 20$	
$0,7 \pm 20$	

Successivamente, calcoliamo l'accelerazione teorica, tramite la formula: $a_{th} = \frac{mg}{M+m}$. Sapendo di aver posto sul carrellino una massa (M) di 50 grammi. Sapendo il peso del carrellino pari a 50 grammi, possiamo dire che $M = 100g$. All'altra estremità del sistema, appesa all'asola del filo, abbiamo posto il portamasse con massa (m) pari a 10 grammi, $m = 10g$.

$$a_{th} = \frac{mg}{M+m} \Rightarrow \frac{10 \cdot 9,8}{100+10} = 0,89 \frac{m}{s^2}$$

Infine, calcoliamo lo scarto percentuale, tramite la formula:

$$\frac{(\text{valore più grande}) - (\text{valore più piccolo})}{(\text{valore più piccolo})} * 100$$

$$\text{Scarto percentuale: } \frac{0,89 - 0,475}{0,475} * 100 = 87,4\%$$

Conclusione

Tramite l'esperimento da noi compiuto, siamo stati in grado di verificare il secondo principio della dinamica, nonostante i numerosi errori riscontrati nel procedimento (come ne è testimonianza lo scarto percentuale). Il secondo principio della dinamica: *La forza applicata da un corpo è direttamente proporzionale all'accelerazione che esso acquista*, presuppone l'assenza di attrito. Nella nostra esperienza, invece, l'attrito risulterà come uno dei principali motivi per cui questa non è risultata precisa: abbiamo ridotto l'attrito del carrellino, utilizzando un carrellino con rotelle (attrito volvente nettamente minore dell'attrito radente); nonostante ciò, abbiamo trascurato l'attrito della carrucola e dell'aria. Altri errori come la poca precisione nelle misurazioni/esecuzioni hanno contribuito agli errori del risultato finale.