

La seconda legge della Dinamica: $F=ma$ (caso 4-5-6)

• Analisi quantitativa

Studiamo il comportamento di un corpo al variare della forza applicata.

A questo scopo utilizziamo la rotaia ad aria:

- massa carrello: **330.6 g**
- massa pesetto: **20 g** (caso 4), **40 g** (caso 5), **60 g** (caso 6)



Attraverso il software **Tracker** raccogliamo i dati (lunghezza rotaia: 2.5 m) (evitiamo di trattare l'analisi degli errori).

DATI RISCALATI

CASO 4 massa carrello: 330.6 g massa pesetto: 20 g		CASO 5 330.6 g 40 g	CASO 6 330.6 g 60 g
t	x	x	x
(s)	(cm)	(cm)	(cm)
0,000	-0,848	-1,593	-2,675
0,040	-1,275	-2,340	-3,641
0,080	-1,702	-3,086	-4,928
0,120	-2,342	-4,258	-6,536
0,160	-2,769	-5,644	-8,360
0,200	-3,409	-6,924	-10,290
0,240	-4,370	-8,310	-12,757
0,280	-5,010	-10,015	-15,116
0,320	-5,970	-12,041	-17,905
0,360	-6,930	-14,066	-20,586
0,400	-7,891	-16,092	-23,589
0,440	-9,171	-18,437	-27,128
0,480	-10,345	-20,889	-30,882
0,520	-11,518	-23,448	-34,528
0,560	-13,012	-26,326	-38,496
0,600	-14,399	-29,205	-42,893
0,640	-16,000	-32,296	-47,291
0,680	-17,387	-35,494	-52,010
0,720	-19,201	-38,799	-57,157
0,760	-21,014	-42,424	-62,305
0,800	-22,935	-46,048	-67,668
0,840	-24,962	-50,206	-73,245
0,880	-26,990	-53,937	-78,929

VELOCITA'

CASO 4 330.6 g 20 g		CASO 5 330.6 g 40 g	CASO 6 330.6 g 60 g
t	v	v	v
(s)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)
0,000			
0,040	-10,670	-18,656	-24,131
0,080	-10,670	-18,656	-32,174
0,120	-16,005	-29,317	-40,218
0,160	-10,670	-34,647	-45,580
0,200	-16,005	-31,982	-48,262
0,240	-24,007	-34,647	-61,668
0,280	-16,005	-42,643	-58,987
0,320	-24,007	-50,638	-69,711
0,360	-24,007	-50,639	-67,030
0,400	-24,007	-50,638	-75,074
0,440	-32,009	-58,634	-88,480
0,480	-29,342	-61,299	-93,842
0,520	-29,342	-63,964	-91,161
0,560	-37,344	-71,960	-99,204
0,600	-34,677	-71,960	-109,929
0,640	-40,012	-77,290	-109,930
0,680	-34,677	-79,955	-117,973
0,720	-45,347	-82,621	-128,698
0,760	-45,347	-90,616	-128,698
0,800	-48,014	-90,616	-134,060
0,840	-50,682	-103,942	-139,423
0,880	-50,681	-93,281	-142,104

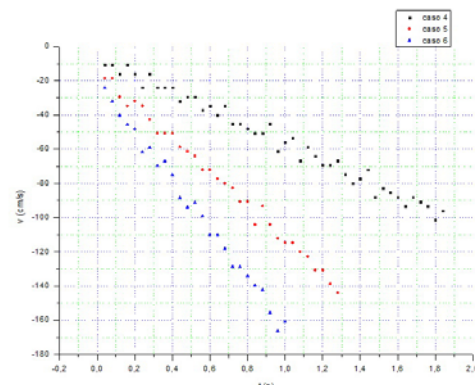
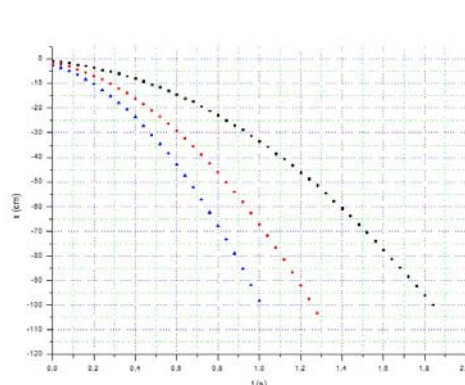
0,920	-28,803	-58,095	-85,149
0,960	-31,257	-62,573	-91,799
1,000	-33,498	-67,157	-98,234
1,040	-35,632	-71,741	
1,080	-38,300	-76,538	
1,120	-40,647	-81,442	
1,160	-43,208	-86,666	
1,200	-45,982	-91,889	
1,240	-48,756	-97,433	
1,280	-51,423	-103,190	
1,320	-54,411		
1,360	-57,612		
1,400	-60,706		
1,440	-63,587		
1,480	-67,108		
1,520	-70,416		
1,560	-73,830		
1,600	-77,351		
1,640	-81,085		
1,680	-84,607		
1,720	-88,234		
1,760	-91,969		
1,800	-96,023		
1,840	-99,864		

0,920	-45,347	-103,942	-155,510
0,960	-61,352	-111,938	-166,235
1,000	-56,016	-114,603	-160,872
1,040	-53,349	-114,603	
1,080	-66,686	-119,933	
1,120	-58,684	-122,598	
1,160	-64,019	-130,594	
1,200	-69,354	-130,594	
1,240	-69,354	-138,589	
1,280	-66,686	-143,919	
1,320	-74,689		
1,360	-80,024		
1,400	-77,356		
1,440	-72,021		
1,480	-88,026		
1,520	-82,691		
1,560	-85,358		
1,600	-88,026		
1,640	-93,361		
1,680	-88,026		
1,720	-90,693		
1,760	-93,361		
1,800	-101,363		
1,840	-96,028		

Abbiamo raccolto in tabella solo i dati ricavati nell'intervallo di tempo in cui agisce la forza “del pesetto” (prima che tocchi terra).

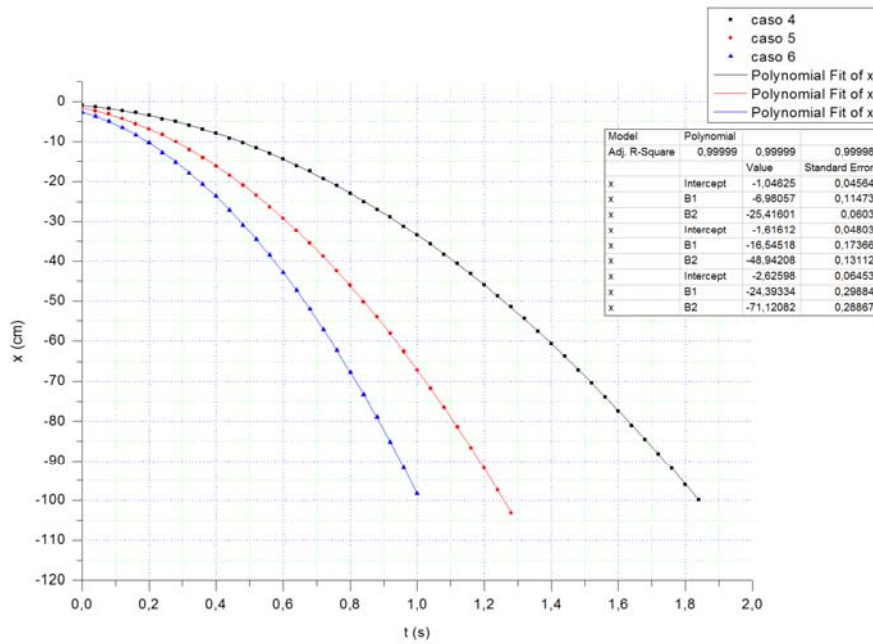
A partire dalla definizione di velocità $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ abbiamo ricavato la velocità “media” per ogni intervallo di tempo: ($\Delta t = 0.04s$).

Rappresentiamo su un grafico cartesiano, per ogni caso “filmato”, la posizione e la velocità in funzione del tempo:



Da una prima analisi riusciamo a distinguere i tre diversi moti: la traccia **nera** (caso 4) risulta la più “lenta”, la traccia **blu** (caso 6) è la più veloce, mentre la **rossa** è una “via di mezzo” (caso 5).

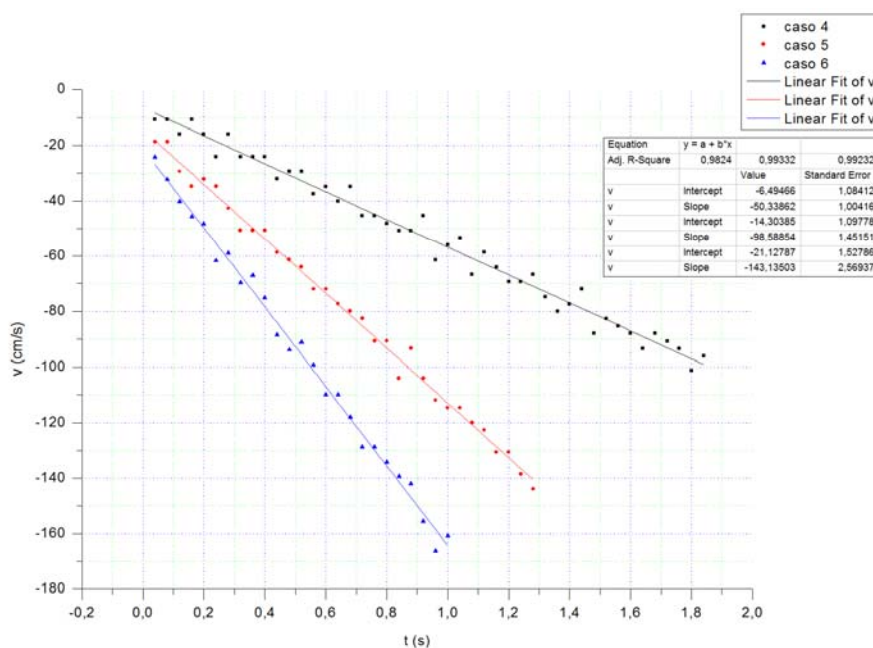
Interpoliamo i dati **x-t** con un *fit* di secondo grado (*parabola*):



La legge oraria per il moto uniformemente accelerato è $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$:
dobbiamo perciò associare ai termini derivanti dal *fit* i parametri:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{intercept} = s_0 \\ B1 = v_0 \\ B2 = \frac{1}{2} a \end{array} \right.$$

Allo stesso modo per i dati **v-t** ricorriamo ad un *fit* di primo grado (*retta*):
 $v = v_0 + at$



Confrontando il doppio dei parametri $B2$ con il termine *slope* (pendenza), troviamo che i valori risultano compatibili.

A questo punto rimane da vedere se la *seconda legge della dinamica* è rispettata:

$$F = ma$$

In questa esperienza la forza agente sul sistema (formato dalle due masse: carrello m_c e pesetto m_p) è la sola forza peso del pesetto (che traina il carrello), quindi:

$$F = m_p g = (m_p + m_c) a$$

da cui,

$$a = \frac{m_p g}{m_p + m_c}$$

Sostituendo i valori otteniamo:

- caso 4: $m_c=330.6 \text{ g}$ e $m_p=20 \text{ g}$ ricaviamo $a_4=0.56 \text{ m/s}^2 \rightarrow a_4/2 = 0.28 \text{ m/s}^2$
- caso 5: $m_c=330.6 \text{ g}$ e $m_p=40 \text{ g}$ ricaviamo $a_5=1.06 \text{ m/s}^2 \rightarrow a_5/2 = 0.53 \text{ m/s}^2$
- caso 6: $m_c=330.6 \text{ g}$ e $m_p=60 \text{ g}$ ricaviamo $a_6=1.51 \text{ m/s}^2 \rightarrow a_6/2 = 0.76 \text{ m/s}^2$

Confrontando la metà dei valori a_4 , a_5 e a_6 così ottenuti con i parametri $B2$ derivanti dal fit di secondo grado troviamo una buona compatibilità: la seconda legge della dinamica “funziona”.

• **Approfondimenti**

In ogni grafico abbiamo inserito i valori estrapolati dal software di analisi.

Lasciamo al lettore (studente o insegnante) la possibilità di studiare in modo più analitico la compatibilità tra i coefficienti numerici e la relativa interpretazione.