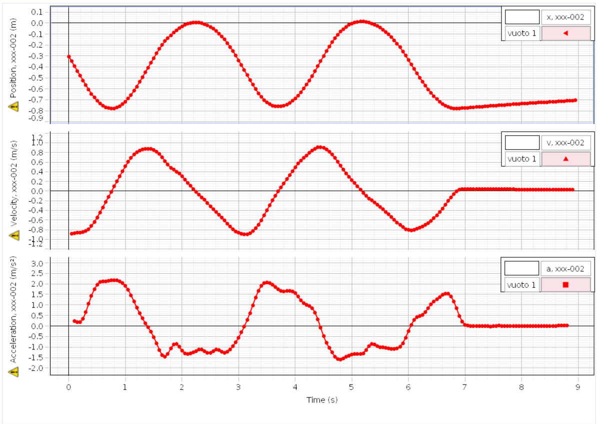
Leggi di Newton e urti centrali elastici e anelastici analisi dati

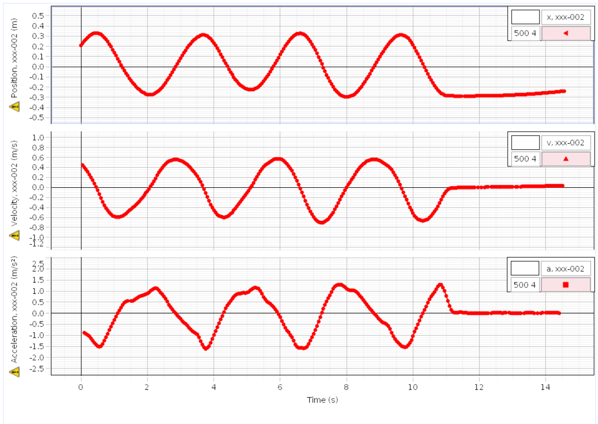
Ali Matteo,
Broggi Diana, Cantarini Giulia

Grafici posizione, velocità e accelerazione in funzione del tempo

(a) carrello rosso vuoto

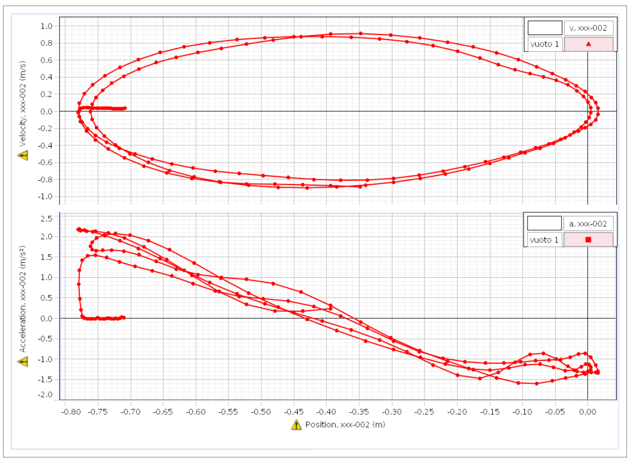


(b) carrello rosso caricato con 500g

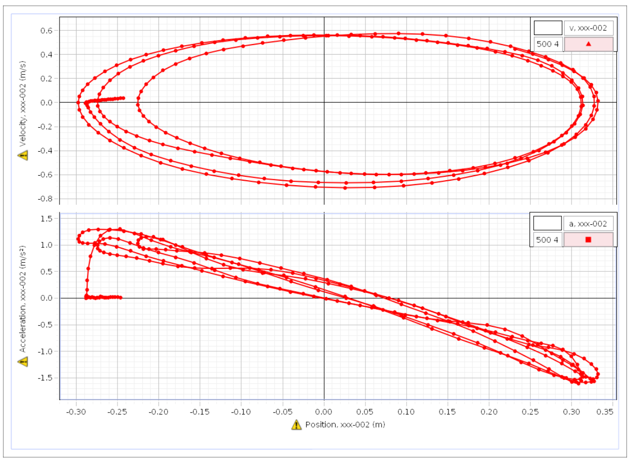


Grafici velocità e accelerazione in funzione della posizione

(a) carrello rosso vuoto



(b) carrello rosso caricato con 500g



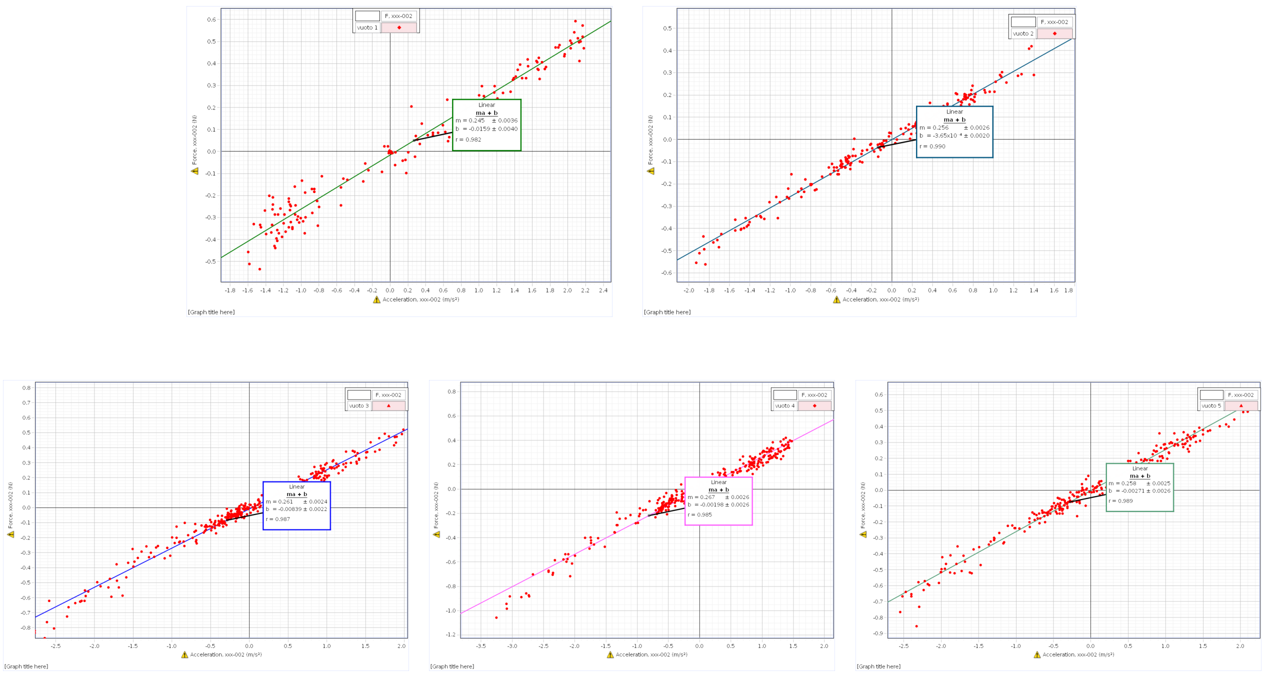
verifica della legge di Newton

massa del carrello rosso in grammi

252.64	252.63	252.62	252.63	252.62	252.62	252.62	252.62

$$\bar{m} = 252.63g$$

grafici $F_{(a)}$ per il carrello rosso vuoto



run	coefficiente angolare = m (Kg)
1:	0.245 ± 0.0036
2:	0.256 ± 0.0026
3:	0.261 ± 0.0024
4:	0.267 ± 0.0026
5:	0.258 ± 0.0025

$$\bar{m} = 0.259 \pm 0.001Kg$$

la media delle masse è stata calcolata con $\bar{m} = \frac{\sum x_i w_i}{\sum w_i} \pm \frac{1}{\sqrt{\sum w_i}}$

$$t = \frac{|m_{osservata} - m_{attesa}|}{\sigma_m} = 6.37$$

→ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è inferiore al 0.3 %.

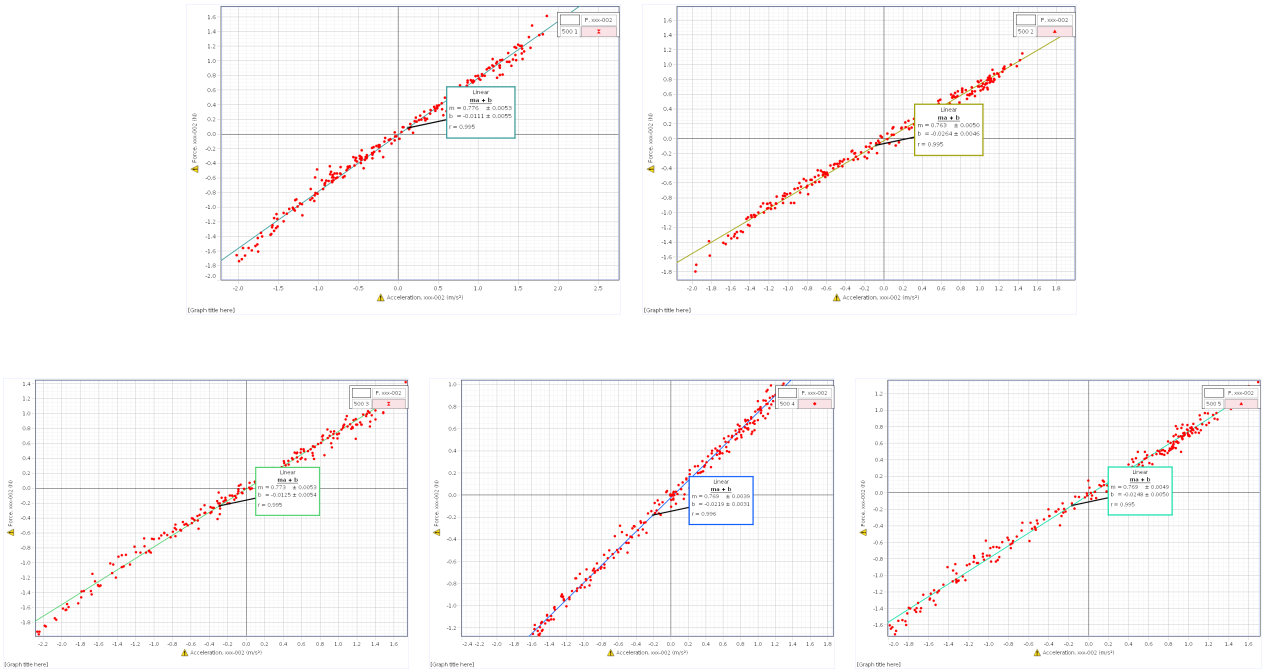
massa del pesetto da 500g grammi

506.36	506.37	506.37	506.38	506.38	506.38	506.38	506.37

$$\bar{m} = 506.37g$$

massa totale carrello rosso+pesetto da 500g = 759g.

grafici $F_{(a)}$ per il carrello rosso caricato di 500g



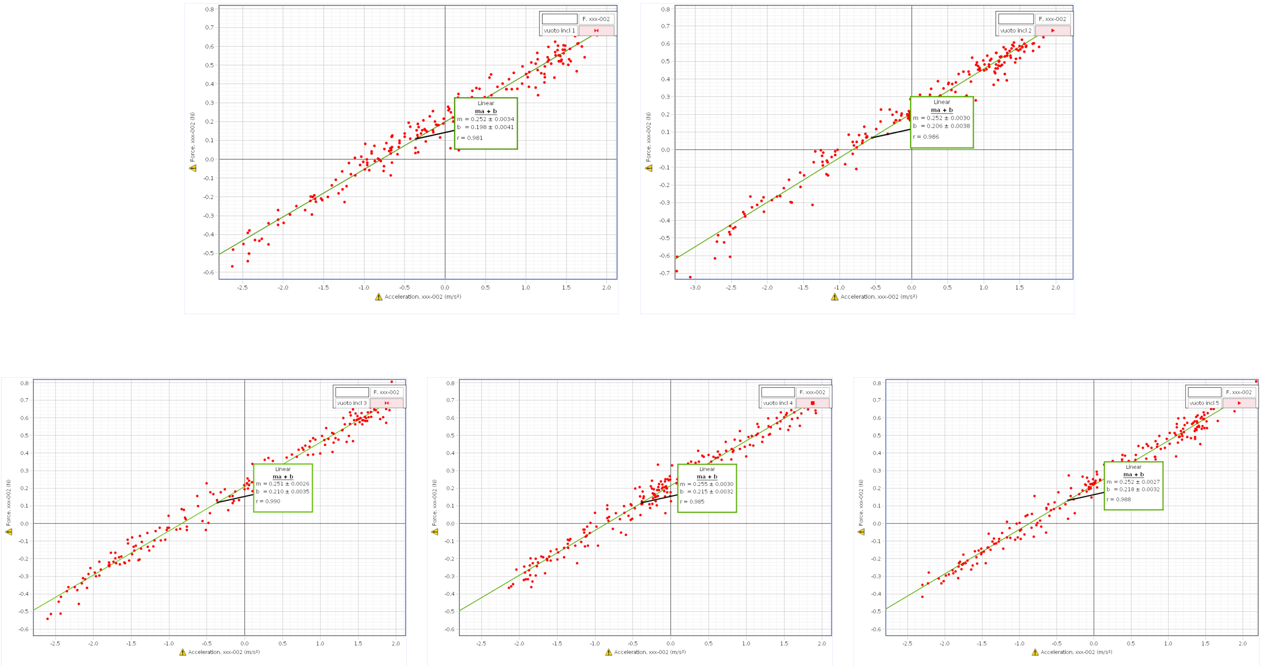
run	coefficiente angolare=m (Kg)
1:	0.776 ± 0.005
2:	0.763 ± 0.005
3:	0.773 ± 0.005
4:	0.769 ± 0.004
5:	0.769 ± 0.005

$$\bar{m} = 0.770 \pm 0.002Kg$$

$$t = \frac{|m_{osservata} - m_{attesa}|}{\sigma_m} = 5.5$$

→ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è inferiore al 0.3 %.

grafici $F_{(a)}$ per il carrello rosso su piano inclinato di $\theta = 5°$



run	coefficiente angolare=m (Kg)	intercetta = -mgsin(θ) (Kg m/s^2)
1:	0.252 ± 0.003	0.198 ± 0.004
2:	0.252 ± 0.003	0.206 ± 0.004
3:	0.251 ± 0.003	0.210 ± 0.004
4:	0.255 ± 0.003	0.215 ± 0.003
5:	0.252 ± 0.003	0.218 ± 0.003

$$\bar{m} = 0.252 \pm 0.001 \quad \bar{\theta} = -4.89 \pm 0.03°$$

$$con \quad \sigma_\theta = arcsin(\frac{\sigma_A}{gm})$$

$$t = \frac{|m_{osservata} - m_{attesa}|}{\sigma_m} = 0.63$$

→ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è del 52.9%.

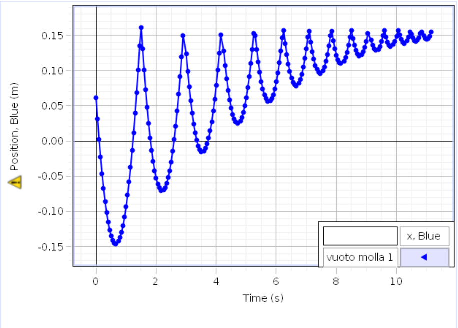
$$t = \frac{|\theta_{osservato} - \theta_{atteso}|}{\sigma_\theta} = 3.7$$

→ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è inferiore al 0.3 %.

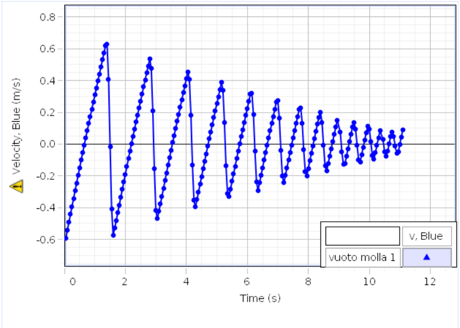
urti centrali

Grafici molla run 1 in funzione del tempo

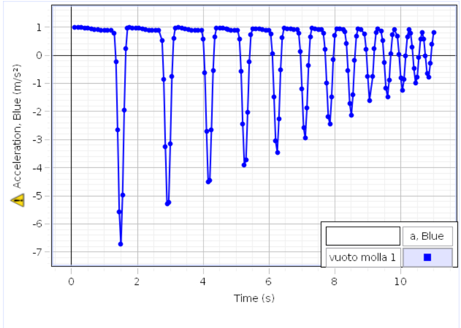
(a) posizione



(b) velocità

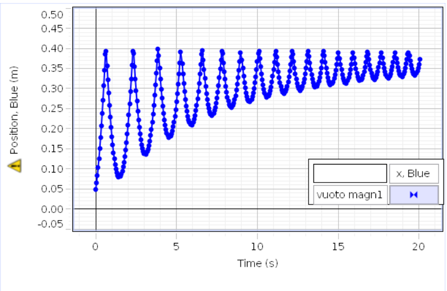


(c) accelerazione

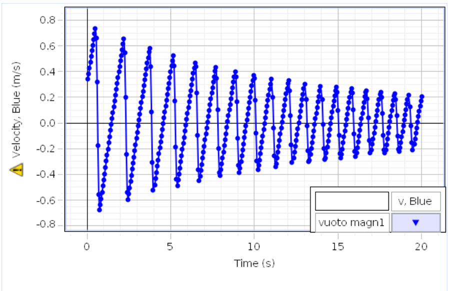


Grafici magnete run 1 in funzione del tempo

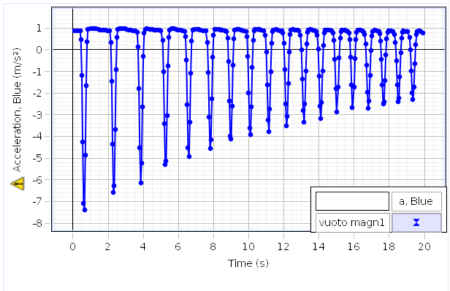
(a) posizione



(b) velocità



(c) accelerazione

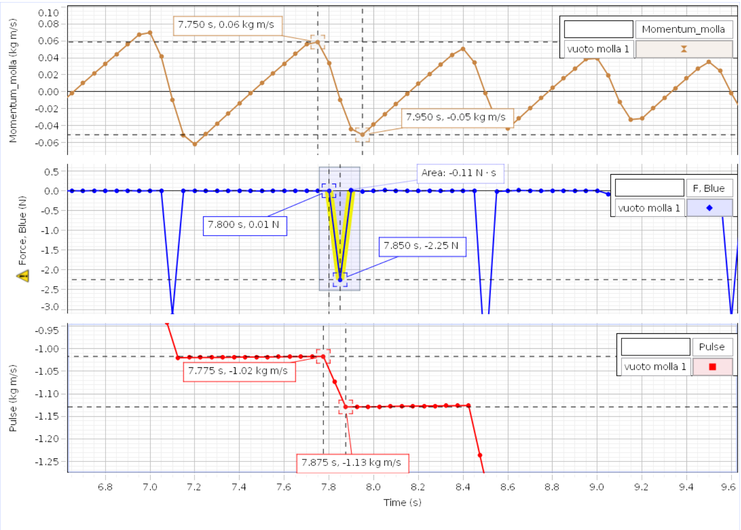


.

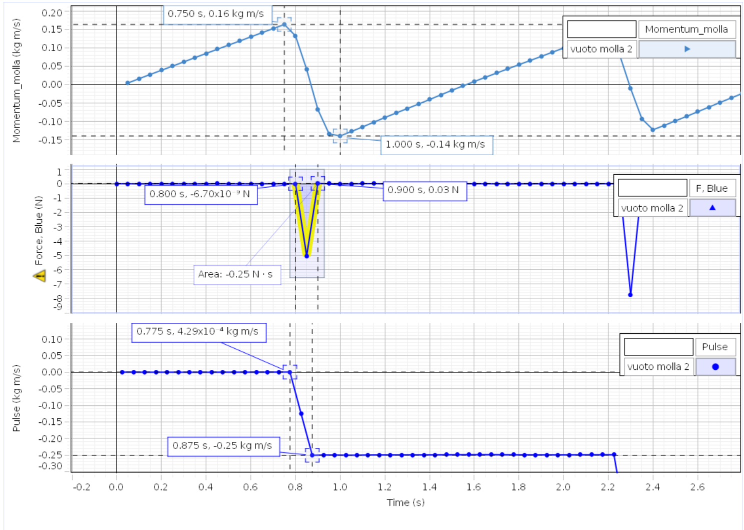
verifica del teorema dell'impulso

Grafici della quantità di moto, forza e impulso con la molla

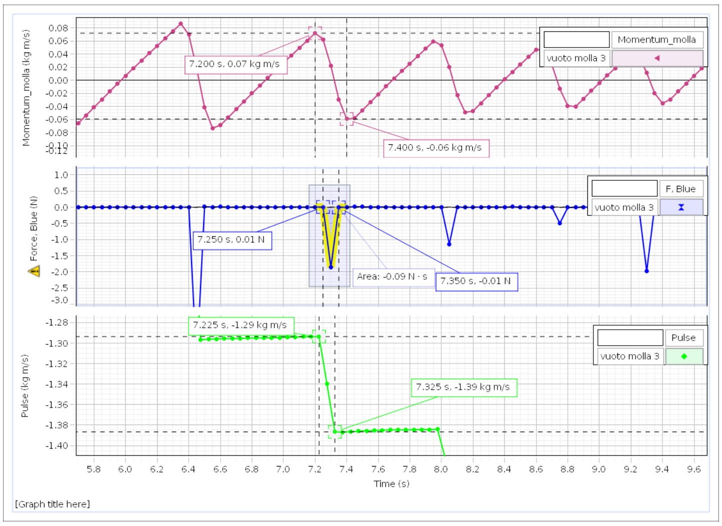
(a) run 1



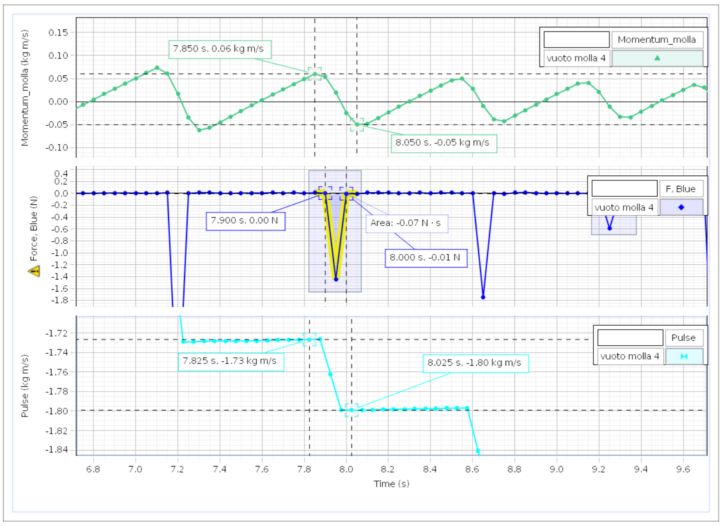
(b) run 2



(a) run3

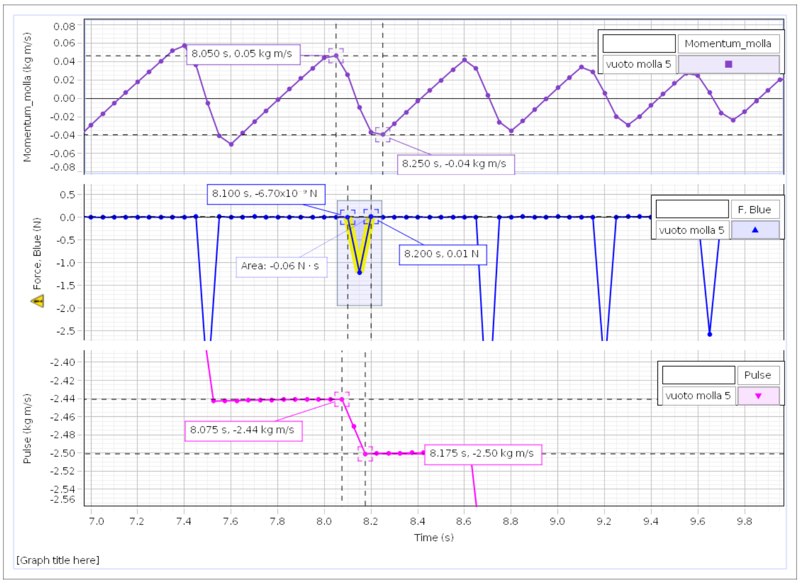


(b) run 4



.

(a) run 5



verifica teorema dell'impulso con la molla

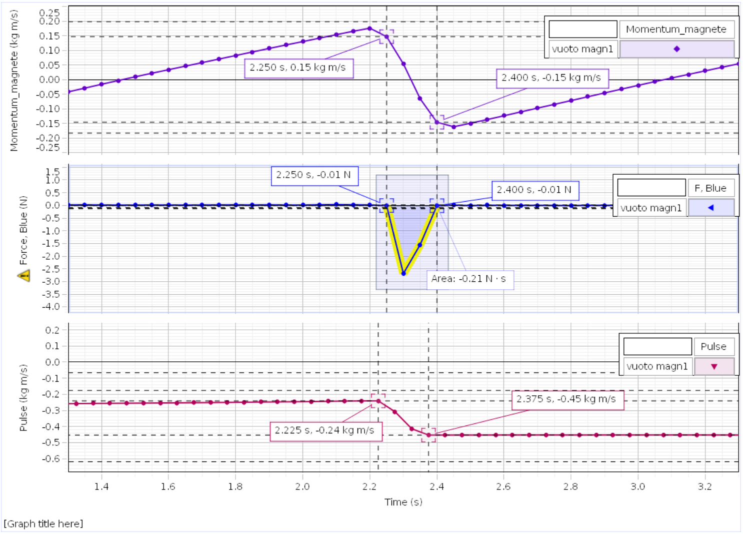
run	Δp (Kg m/s)	I (N s)
1:	-0.05-0.06 = -0.11	-0.11
2:	-0.14-0.16 = -0.30	-0.25
3:	-0.06-0.07 = -0.13	-0.09
4:	-0.05-0.06 = -0.11	-0.07
5:	-0.04-0.05 = -0.09	-0.06

$$t = \frac{|\bar{I} - \bar{\Delta p}|}{\sqrt{\sigma_I^2 + \sigma_{\Delta p}^2}} = \frac{0.032}{\sqrt{0.038^2 + 0.034^2}} = 0.63$$

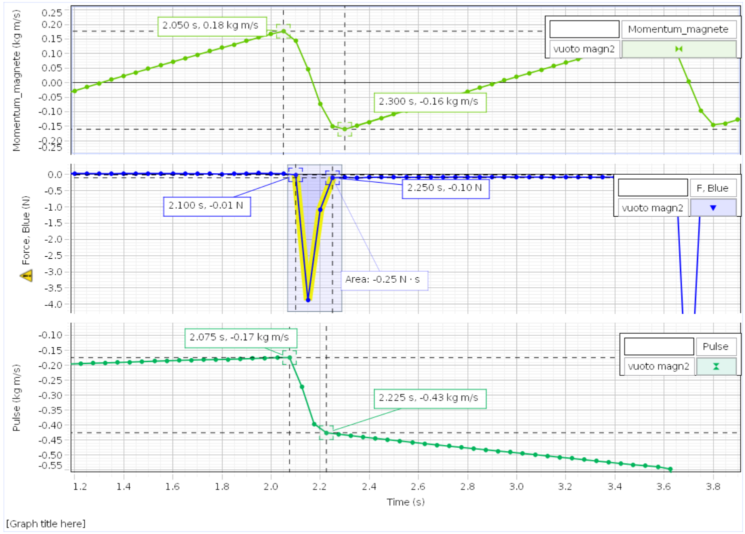
$\rightarrow$ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è del 53%.

Grafici della quantità di moto, forza e impulso con il magnete

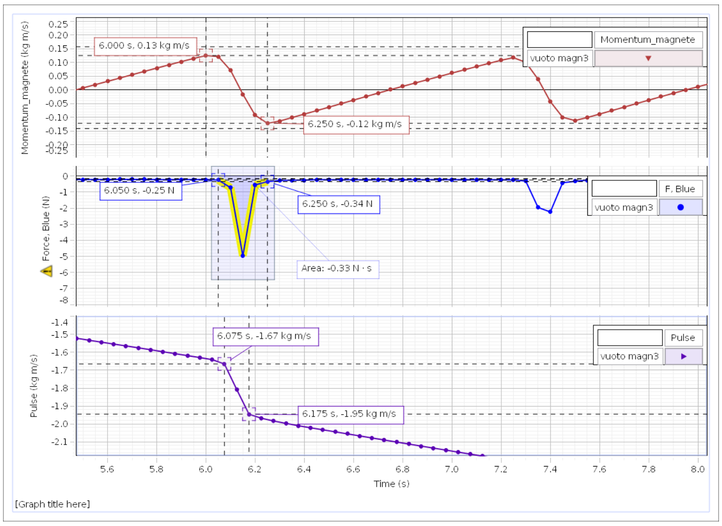
(a) run 1



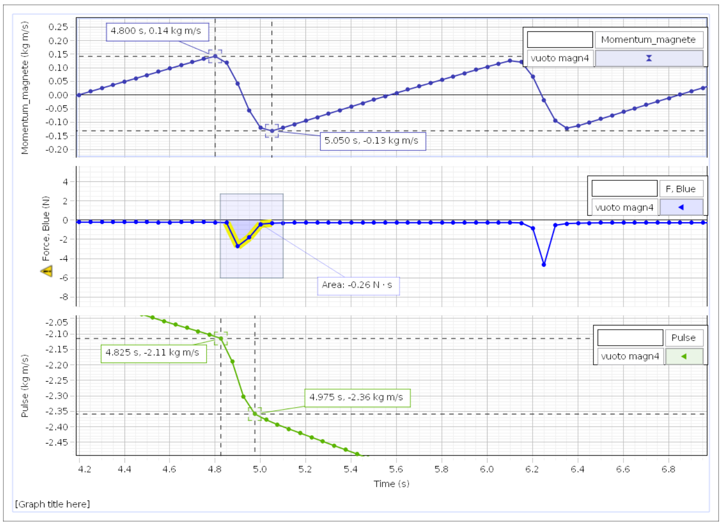
(b) run 2



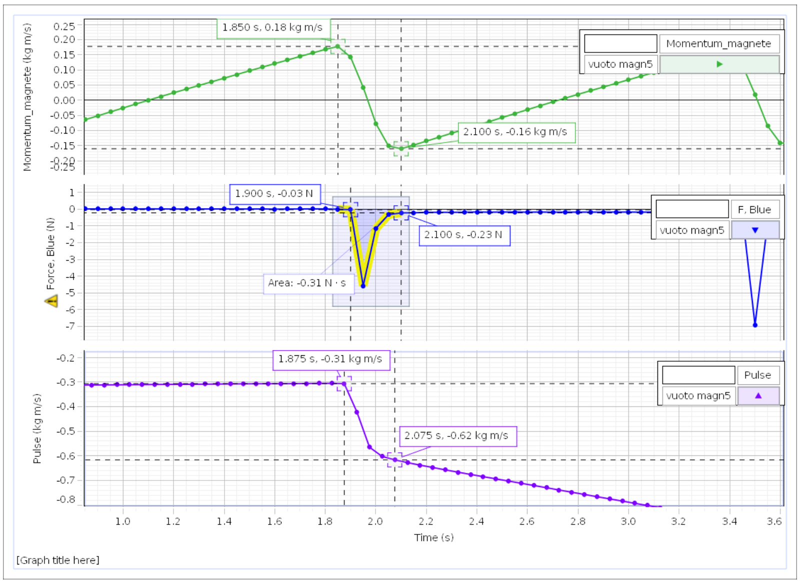
(a) run3



(b) run 4



(a) run 5



verifica teorema dell'impulso con il magnete

run	Δp (Kg m/s)	I (N s)
1:	-0.15-0.15 = -0.30	-0.21
2:	-0.16-0.18 = -0.34	-0.25
3:	-0.12-0.13 = -0.25	-0.33
4:	-0.13-0.14 = -0.27	-0.26
5:	-0.16-0.18 = -0.34	-0.31

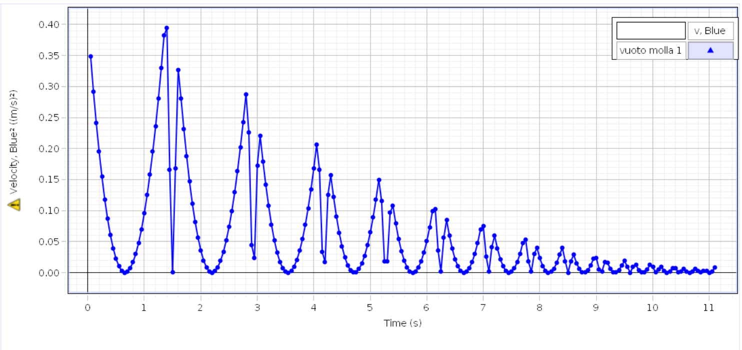
$$t = \frac{|\bar{I} - \bar{\Delta p}|}{\sqrt{\sigma_I^2 + \sigma_{\Delta p}^2}} = \frac{0.028}{\sqrt{0.018^2 + 0.022^2}} = 0.99$$

$\rightarrow$ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è del 32.2%.

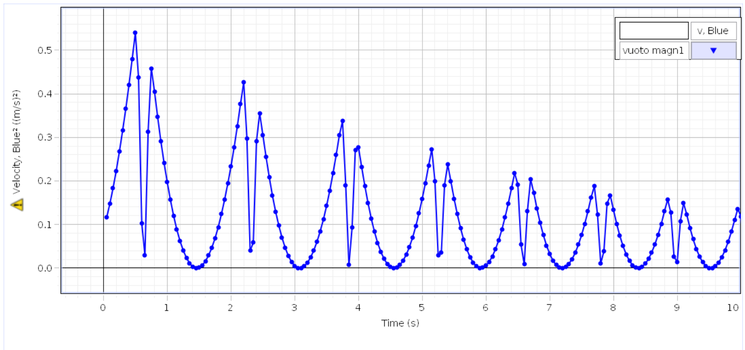
verifica della conservazione dell'energia

Grafici di $v^2_{(t)}$ per il run 1

(a) molla

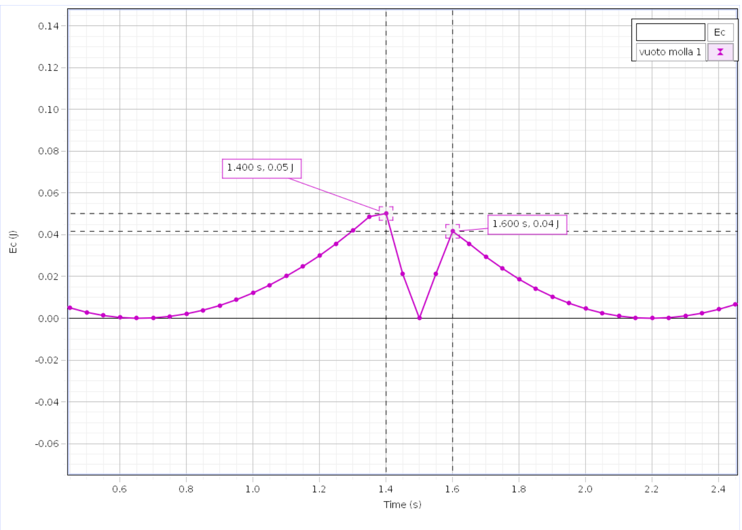


(b) magnete

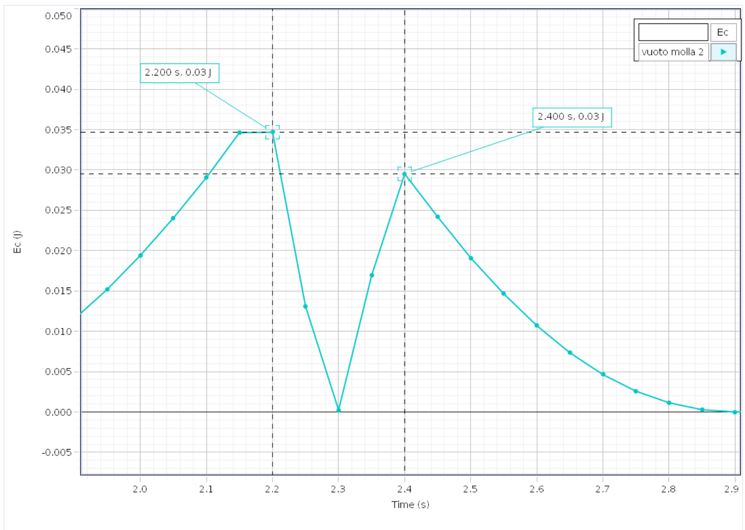


Grafici dell'Energia Cinetica con la molla

(a) run 1

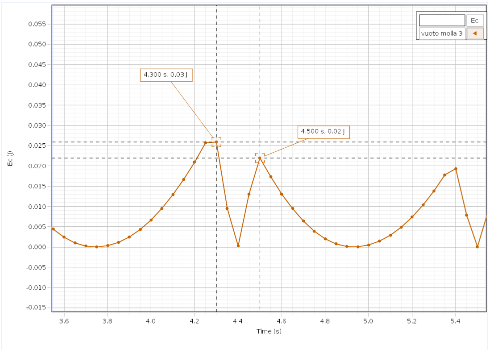


(b) run 2

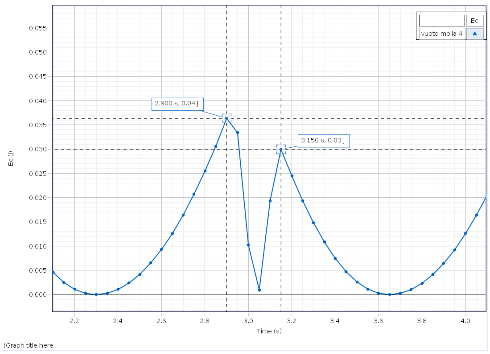


.

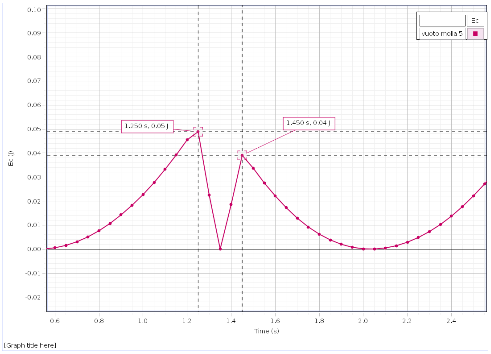
(a) run3



(b) run 4



(c) run 5



verifica conservazione dell'energia con la molla

run	ΔEc (J)
1:	0.042-0.050 = -0.008
2:	0.030-0.035 = -0.005
3:	0.022-0.026 = -0.004
4:	0.030- 0.036 = -0.006
5:	0.039-0.049 = -0.01

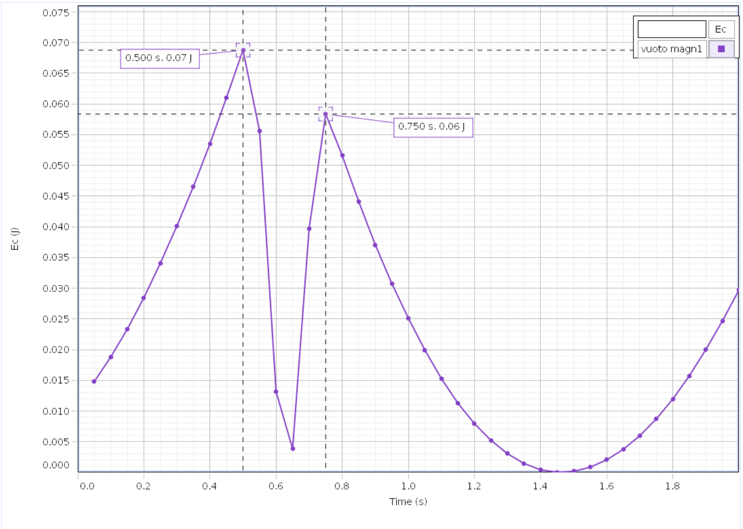
$$t = \frac{|\bar{\Delta}_{Ec} - 0|}{\sigma_{\Delta Ec}} = \frac{0.0066}{0.001} = 6.6$$

$\rightarrow$ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è inferiore al 0.3%, risultato non accettabile.

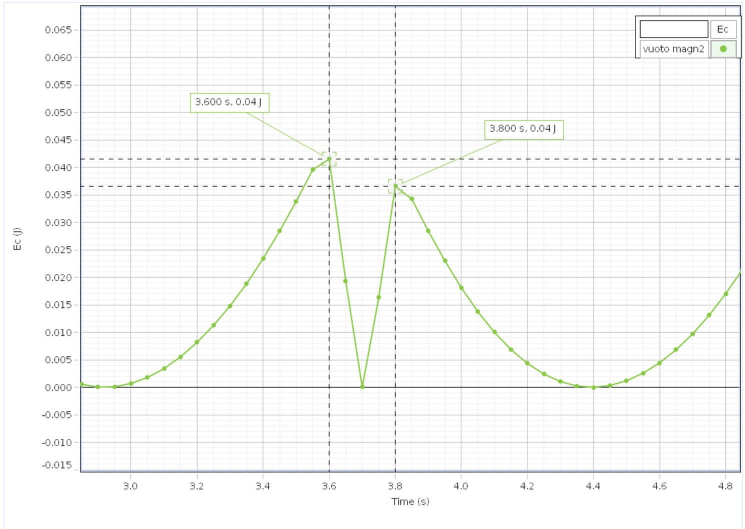
.

Grafici dell'Energia Cinetica con il magnete

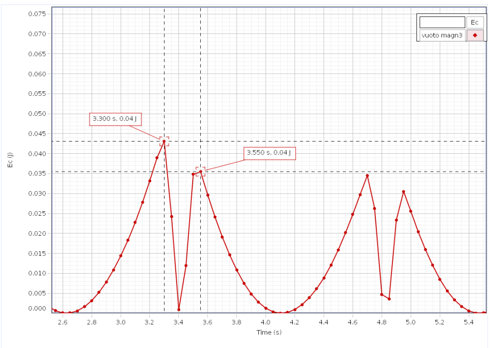
(a) run 1



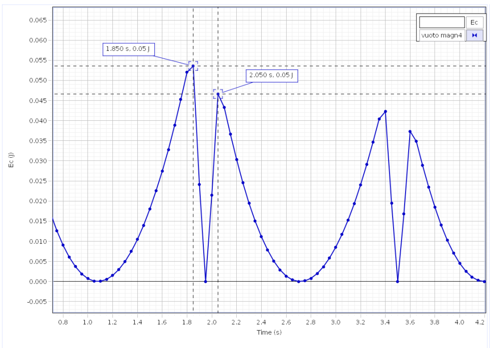
(b) run 2



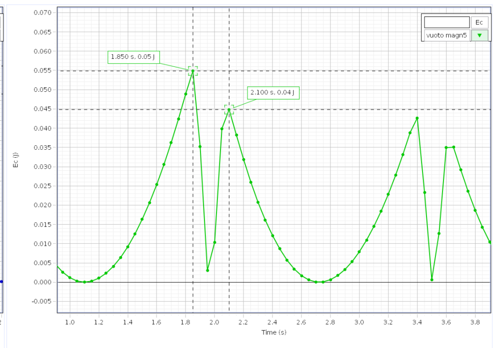
(a) run3



(b) run 4



(c) run 5



verifica della conservazione dell'energia con il magnete

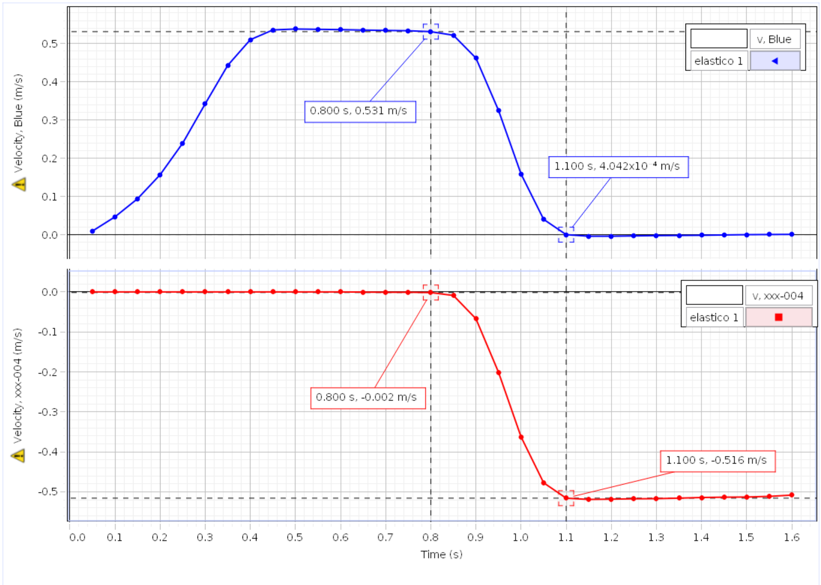
run	ΔEc (J)
1:	0.058-0.069 = -0.011
2:	0.037-0.042 = -0.005
3:	0.036- 0.043 = -0.007
4:	0.047-0.054 = -0.007
5:	0.045-0.055 = -0.010

$$t = \frac{|\bar{\Delta_{Ec}} - 0|}{\sigma_{\Delta Ec}} = \frac{0.008}{0.001} = 8$$

$\rightarrow$ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è inferiore al 0.3%, risultato non accettabile.

urti tra due carrelli

Grafico $v_{(t)}$ run 1 urto elastico



$$v_{fR} = v_{iB} \frac{2m_B}{m_R + m_B}$$

carrello blu $v_f = 0$

run	v_i (m/s)
1:	0.531
2:	0.474
3:	0.380
4:	0.558
5:	0.642

carrello rosso $v_i = 0$

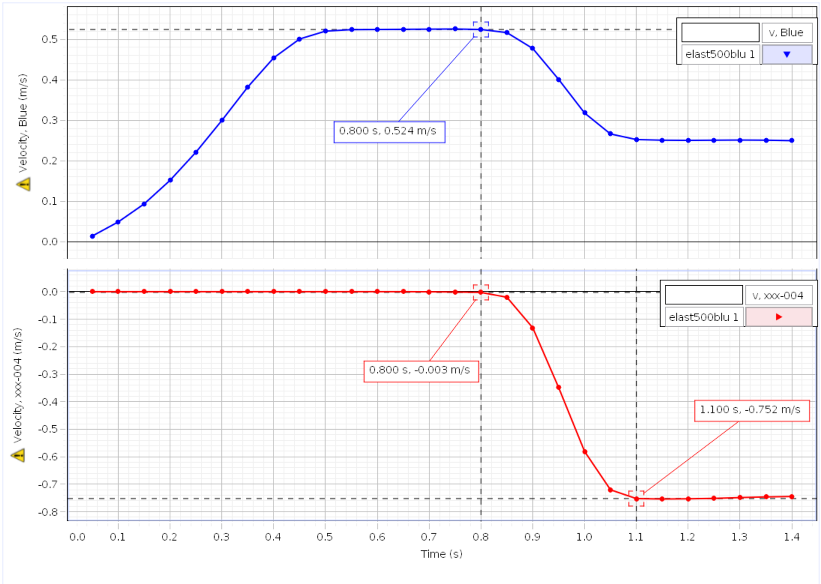
run	$v_{fosservata}$ (m/s)	$v_{fattesa}$ (m/s)
1:	0.516	0.528
2:	0.469	0.472
3:	0.368	0.378
4:	0.544	0.555
5:	0.618	0.639

$$v_{fR} = v_{iB} \frac{2(0.270Kg)}{0.543Kg}$$

$$t = \frac{|\bar{v_{oss}} - \bar{v_{att}}|}{\sqrt{\sigma^2_{vosservata} + \sigma^2_{vattesa}}} = 0.19$$

$\rightarrow$ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è del 85%.

Grafico $v_{(t)}$ run 1 urto elastico (con carrello blu caricato con 500g)



carrello blu $v_f = 0$

run	v_i (m/s)
1:	0.524
2:	0.400
3:	0.376
4:	0.612
5:	0.829

carrello rosso $v_i = 0$

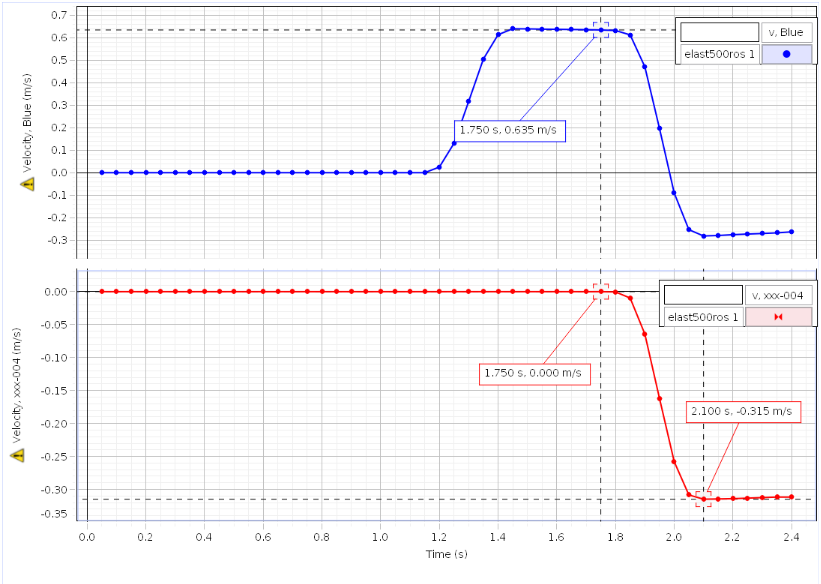
run	$v_{fosservata}$ (m/s)	$v_{fattesa}$ (m/s)
1:	0.752	0.775
2:	0.576	0.592
3:	0.543	0.556
4:	0.881	0.906
5:	0.808	0.828

$$v_{fR} = v_{iB} \frac{2(0.777Kg)}{1.050Kg}$$

$$t = \frac{|\bar{v_{oss}} - \bar{v_{att}}|}{\sqrt{\sigma^2_{vosservata} + \sigma^2_{vattesa}}} = 0.2$$

$\rightarrow$ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è del 84%.

Grafico $v_{(t)}$ run 1 urto elastico (con carrello rosso caricato con 500g)



carrello blu $v_f = 0$ carrello rosso $v_i = 0$

run	v_i (m/s)
1:	0.635
2:	0.640
3:	0.405
4:	0.547
5:	0.528

run	$v_{fosservata}$ (m/s)	$v_{fattesa}$ (m/s)
1:	0.315	0.327
2:	0.320	0.330
3:	0.201	0.209
4:	0.277	0.282
5:	0.264	0.272

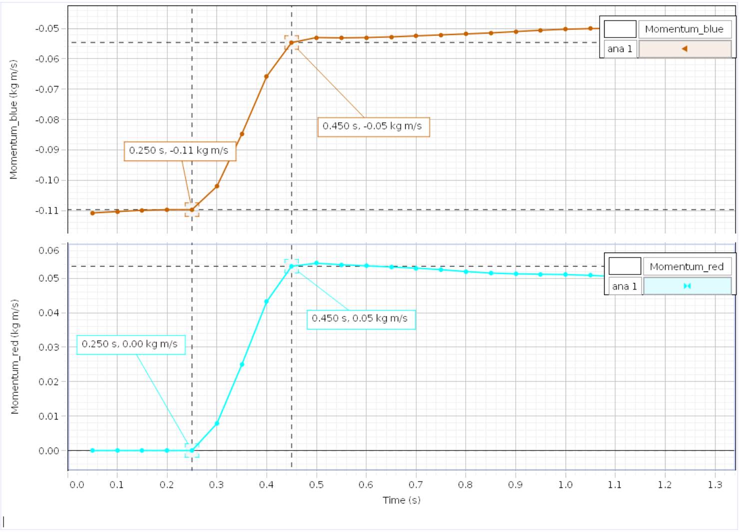
$$v_{fR} = v_{iB} \frac{2(0.270Kg)}{1.050Kg}$$

$$t = \frac{|\bar{v_{oss}} - \bar{v_{att}}|}{\sqrt{\sigma^2_{vosservata} + \sigma^2_{vattesa}}} = 0.28$$

$\rightarrow$ la probabilità che la differenza sia dovuta solo ad errori casuali è del 78%.

urto anaelastico (carrelli vuoti, $v_{iR} = 0$)

(a) quantità di moto



(b) energia cinetica

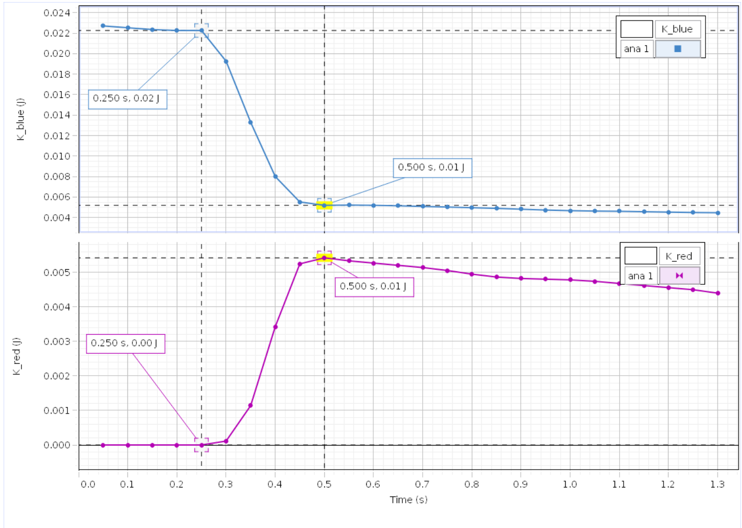


Tabella variazione della quantità di moto con carrelli vuoti

run	Δp carrello blu (Kg m/s)	Δp carrello rosso (Kg m/s)	Δp totale (Kg m/s)
1:	0.055-0.110 = -0.055	0.054-0 = 0.054	-0.001
2:	0.060-0.121 = -0.061	0.061-0 = 0.061	0
3:	0.060-0.123 = -0.063	0.060-0 = 0.060	-0.003
4:	0.052-0.108 = -0.056	0.053-0 = 0.053	-0.003
5:	0.072-0.148 = -0.076	0.073-0 = 0.073	-0.003

$$t = \frac{|\bar{\Delta p} - 0|}{\sigma_{\Delta p}} = 3.3$$

→ la probabilità che la discrepanza con $\Delta p = 0$ sia dovuto solo ad errori casuali è del 0.1 %, risultato non accettabile.

Tabella variazione della energia cinetica con carrelli vuoti

run	ΔEc carrello blu (J)	ΔEc carrello rosso (J)	ΔEc totale (J)
1:	0.005-0.022 = -0.017	0.0054-0 = 0.0054	-0.012
2:	0.006-0.027 = -0.021	0.0067-0 = 0.0067	-0.014
3:	0.007-0.028 = -0.021	0.007-0 = 0.007	-0.014
4:	0.0049-0.0214 = -0.017	0.005-0 = 0.005	-0.012
5:	0.010-0.040 = -0.030	0.010-0 = 0.010	-0.02

urto anaelastico (carrello blu caricato con 500g, $v_{iR} = 0$)

(a) quantità di moto

(b) energia cinetica

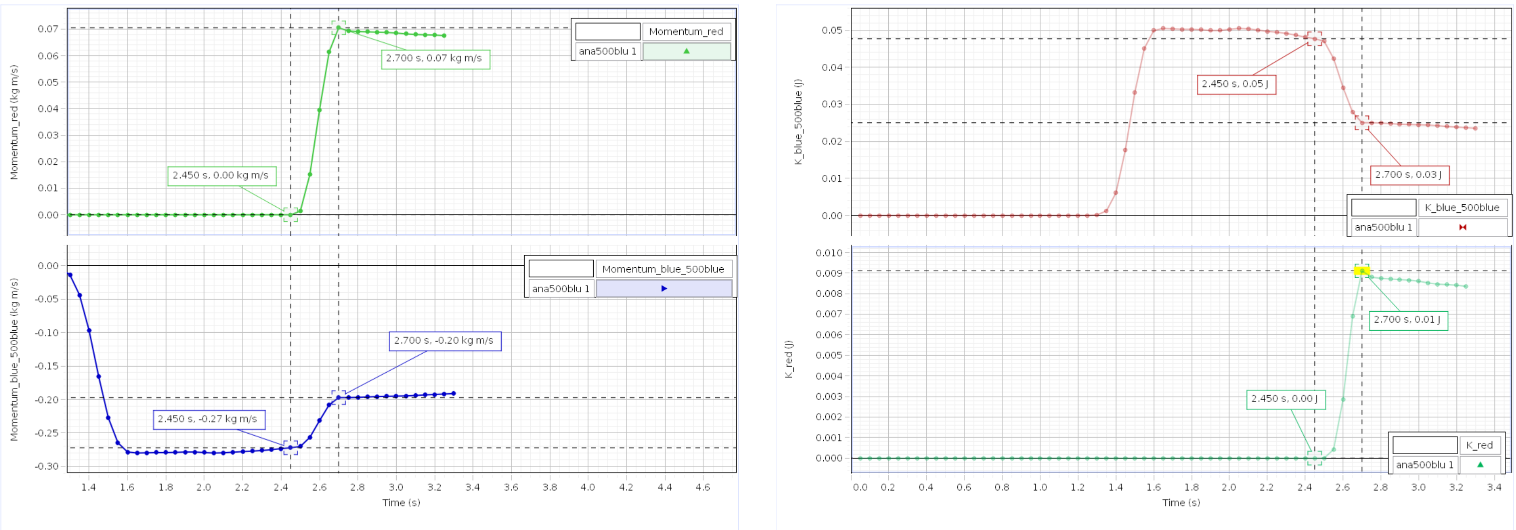


Tabella variazione della quantità di moto con carrello blu caricato di 500g

run	Δp carrello blu (Kg m/s)	Δp carrello rosso (Kg m/s)	Δp totale (Kg m/s)
1:	0.200-0.272 = -0.072	0.071-0 = 0.071	-0.001
2:	0.328-0.456 = -0.128	0.114-0 = 0.114	-0.014
3:	0.213-0.295 = -0.082	0.076-0 = 0.076	-0.006
4:	0.227-0.311 = -0.084	0.0813-0 = 0.081	-0.003
5:	0.233-0.317 = -0.084	0.082-0 = 0.082	-0.002

$$t = \frac{|\bar{\Delta p} - 0|}{\sigma_{\Delta p}} = 2.2$$

→ la probabilità che la discrepanza con $\Delta p = 0$ sia dovuto solo ad errori casuali è del 3%, risultato accettabile.

Tabella variazione della energia cinetica con carrello blu caricato di 500g

run	ΔEc carrello blu (J)	ΔEc carrello rosso (J)	ΔEc totale (J)
1:	0.025-0.048 = -0.023	0.009-0 = 0.009	-0.014
2:	0.069-0.134 = -0.065	0.024-0 = 0.024	0.041
3:	0.029-0.056 = -0.027	0.011-0 = 0.011	-0.016
4:	0.033-0.062 = -0.029	0.012-0 = 0.012	-0.017
5:	0.035-0.065 = -0.030	0.012-0 = 0.012	-0.018

urto anaelastico (carrello rosso caricato con 500g, $v_{iR} = 0$)

(a) quantità di moto

(b) energia cinetica

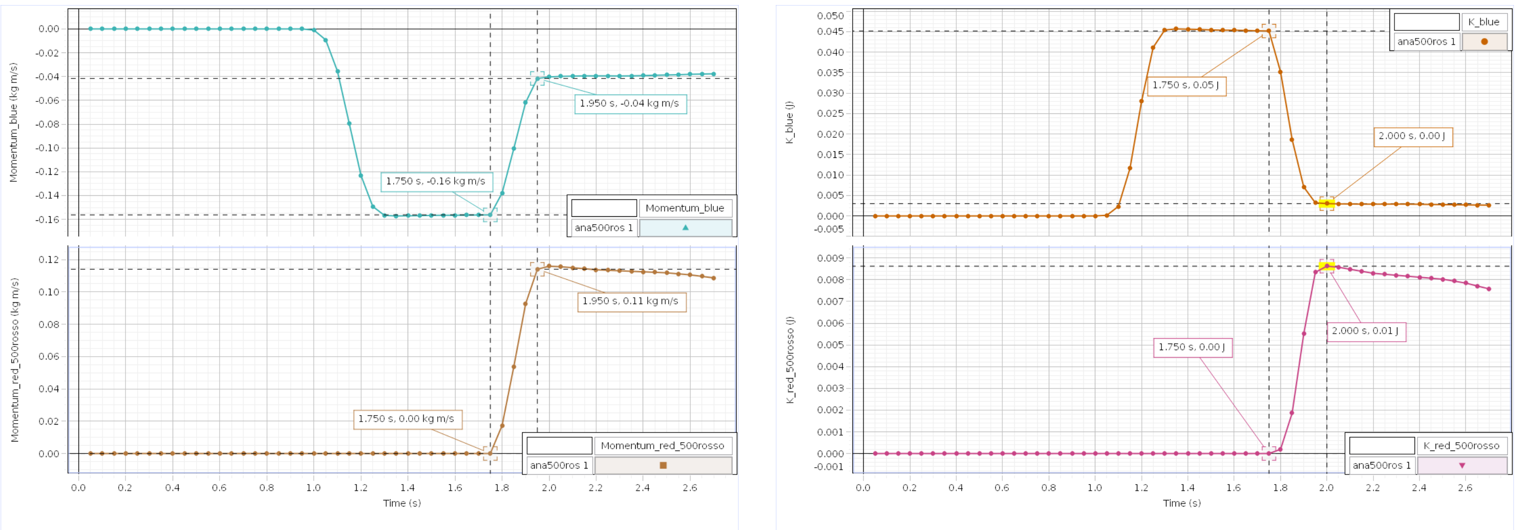


Tabella variazione della quantità di moto con carrello rosso caricato con 500g

run	Δp carrello blu (Kg m/s)	Δp carrello rosso (Kg m/s)	Δp totale (Kg m/s)
1:	0.040-0.156 = -0.116	0.116-0= 0.116	0
2:	0.044-0.169 = -0.125	0.126-0 = 0.126	0.001
3:	0.049-0.188 = -0.139	0.140-0 = 0.140	0.001
4:	0.039-0.162 = -0.123	0.122-0 = 0.122	-0.001
5:	0.050+0.202 = -0.152	0.151- 0 = 0.151	-0.001

$$t = \frac{|\bar{\Delta p} - 0|}{\sigma_{\Delta p}} = 0$$

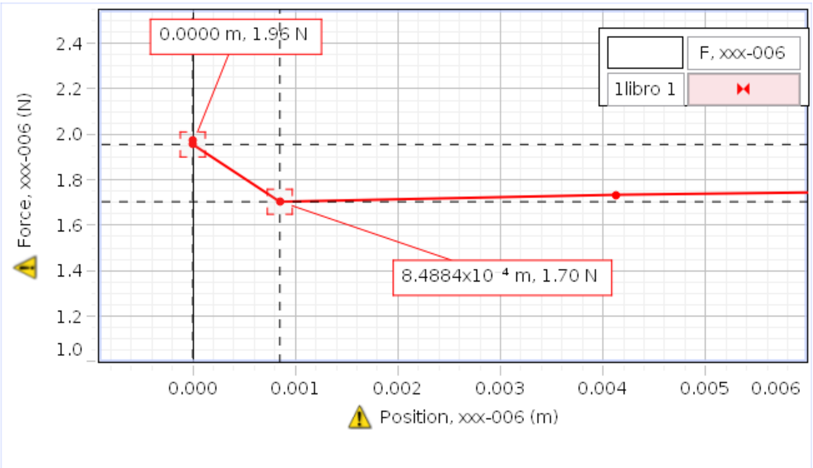
→ la probabilità che la discrepanza con $\Delta p = 0$ nei diversi run sia dovuto solo ad errori casuali è del 100%.

Tabella variazione della energia cinetica con carrello rosso caricato con 500g

run	ΔEc carrello blu (J)	ΔEc carrello rosso (J)	ΔEc totale (J)
1:	0.003-0.045 = -0.042	0.009- 0 = 0.009	-0.033
2:	0.004-0.053 = -0.049	0.010-0 = 0.010	-0.039
3:	0.004-0.065 = -0.061	0.013-0 = 0.013	-0.048
4:	0.003-0.048 = -0.045	0.010-0 = 0.010	-0.035
5:	0.005-0.075 = -0.070	0.015-0 = 0.015	-0.055

calcolo del coefficiente di attrito

Grafico $F_{(x)}$ con un libro davanti al carrello sottoposto a tensione



In questo esempio il valore della tensione applicata è 1.96 N (peso del pesetto da 200g). Quando il carrello è libero di muoversi la tensione tende a spostare il carrello in avanti, contrastando la forza di attrito del libro posto di fronte al carrello: la risultante ora non è più T=1.96N ma T-F_a=1.70N $\Rightarrow$ $F_a = 0.26N$ è la forza necessaria a spostare il carrello trattenuto dal libro.

$$\mu = \frac{F_a}{m_{libro}g} = 0.0055$$

.

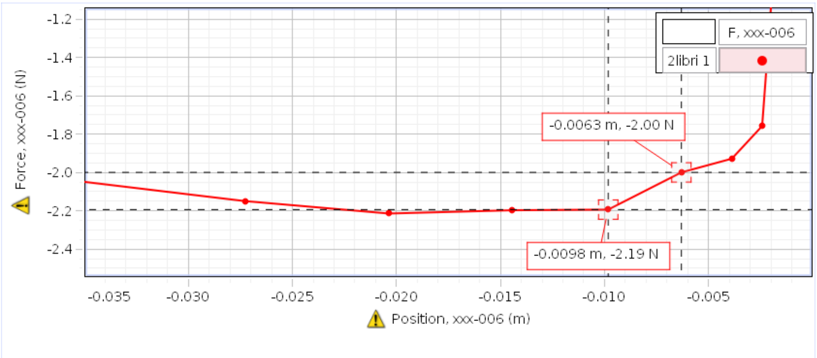
abbiamo calcolato μ per tutti i run eseguiti:

1 Libro, $m_{libro} = 0.482Kg$

run	F_a (N)	μ
1:	0.26	0.055
2:	0.27	0.057
3:	0.29	0.06
4:	0.22	0.005
5:	0.13	0.027

$$\bar{\mu} = 0.041 \pm 0.011$$

Grafico $F_{(x)}$ con due libri davanti al carrello sottoposto a tensione



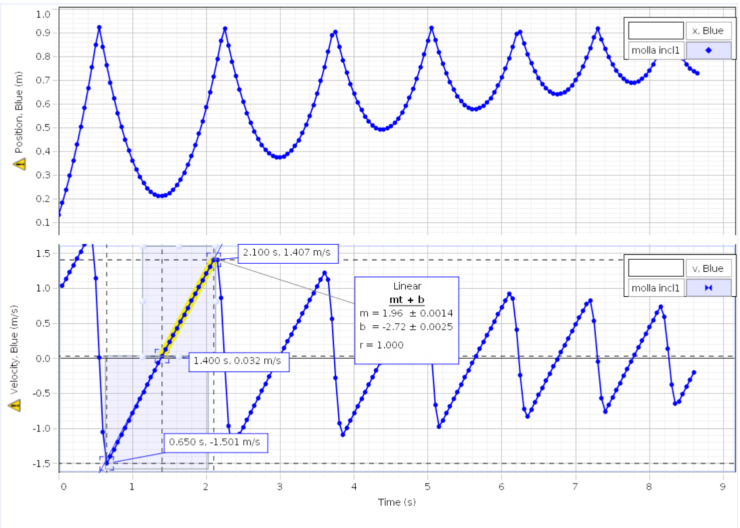
La formula per μ è la stessa riportata sopra, m_{libri} è diverso

2 Libri, $m_{libritot} = 0.798Kg$

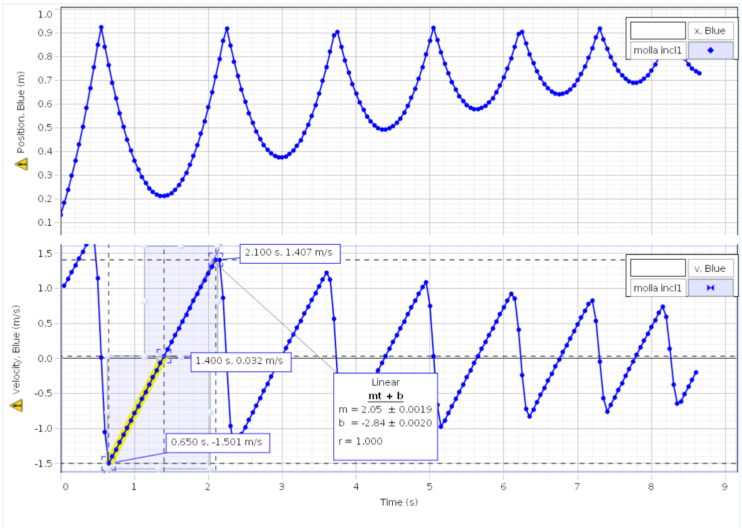
run	F_a (N)	μ
1:	0.19	0.024
2:	0.19	0.024
3:	0.04	0.005
4:	0.10	0.013
5:	0.25	0.032

$$\bar{\mu} = 0.0196 \pm 0.0047$$

Grafici $v_{(t)}$ e $x_{(t)}$ del carrello blu con molla, $\theta = 12°$



(a) discesa: coefficiente angolare $= 1.96 \pm 0.0014$



(b) salita: coefficiente angolare $= 2.05 \pm 0.0019$