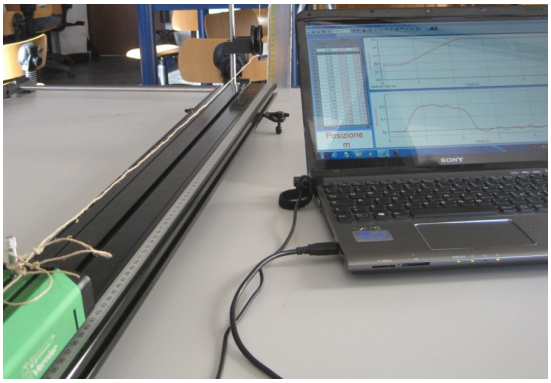
Carrello e molla, energia potenziale elastica.

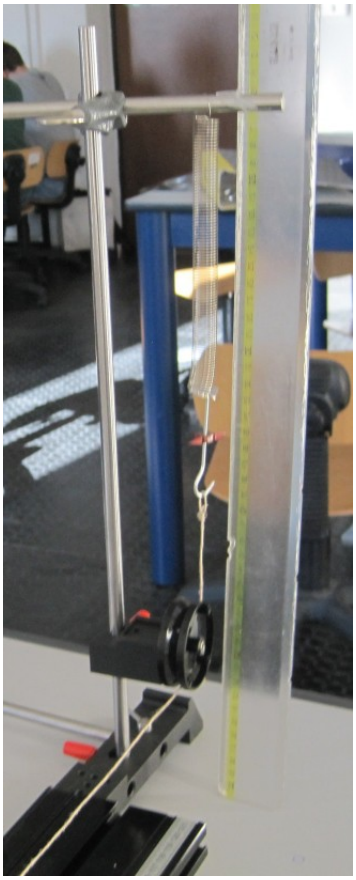
Finalità
Verificare che, in un sistema carrello-molla in cui si suppone che gli attriti siano trascurabili e che l'energia posseduta dalla molla venga trasferita sotto forma di energia cinetica al carrello, l'energia della molla ha la forma $Uel=½\cdot k\cdot(\Delta x)^2$, dove k è la costante elastica della molla e Δx l'allungamento della molla.

Alternative sperimentali
Per misurare posizione e velocità è preferibile usare un sistema RTL, per poter utilizzare Tracker è necessario effettuare un video con una camera che permette un elevato valore di fotogrammi per secondo (*fps* molto maggiore di 30).

Materiale necessario
Una rotaia (lunghezza 120 cm) con carrello (massa 0,514 kg) a basso attrito, sistema RTL (sensore di posizione a ultrasuoni, interfaccia per il sensore, PC) molla elicoidale, filo inestensibile, stativo con puleggia, asta graduata.







Principio della misura

Ad ogni allungamento della molla si misura la velocità acquistata dal carrello quando questa viene lasciata libera fra la fine dell'accelerazione del carrello e prima dell'effetto della forza d'attrito.

Descrizione della procedura

Il sistema RTL è in grado di misurare nel tempo la posizione di un carrello che può muoversi orizzontalmente su una rotaia a basso attrito.

Il carrello viene collegato tramite un filo che corre orizzontalmente fino ad una piccola puleggia fissata ad uno stativo; questa permette di piegare il filo di 90° verso l'alto fino ad ancorarlo ad una molla elicoidale che pende fissata ad un braccio alla sommità dello stativo. Una riga graduata è posta solidale allo stativo in posizione verticale per permettere la misura della posizione dell'estremità inferiore della molla grazie ad un indice solidale ad essa.
Quando il carrello viene allontanato dalla puleggia la tensione del filo inestensibile carica la molla il cui allungamento può essere misurato dalla posizione dell'indice sull'asta graduata. Se il carrello viene lasciato libero questo accelera finché la molla è in tensione e poi prosegue con velocità costante fino a quando non diventa apprezzabile l'effetto della forza d'attrito sulla rotaia.

In regime di attrito trascurabile, l'energia cinetica trasferita al carrello dopo l'accelerazione risulta equivalente alla energia potenziale elastica della molla caricata alla posizione stabilita.
Dati campione ed elaborazione dei dati

Determinazione della costante elastica della molla

m(g)	s(cm)	Ds(m)	F(N)	pendenza(N/m)	
0	35	0	0	**4,8**	m: massa appesa alla molla
20	31,5	0,035	0,20		s: posizione dell'indice della molla
30	29	0,060	0,29		Ds: allungamento della molla
50	25	0,10	0,49		F: forza peso applicata alla molla

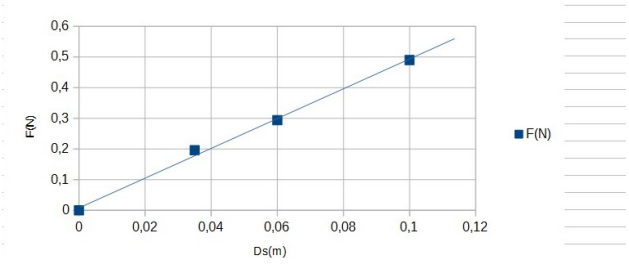
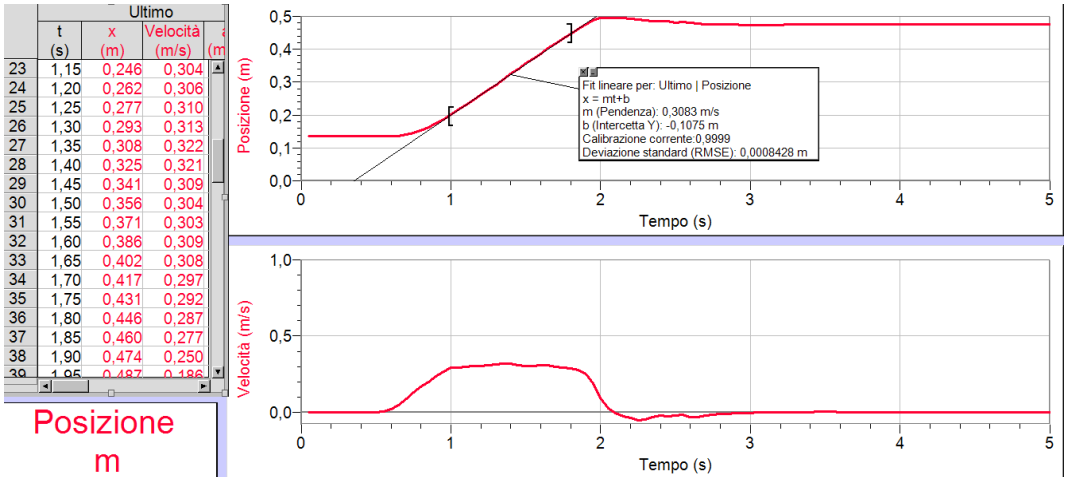


Fig. 1. Viene determinata la costante elastica della molla ricorrendo alla usuale esperienza sulla legge di Hooke.



	t (s)	x (m)	Velocità (m/s)
23	1,15	0,246	0,304
24	1,20	0,262	0,306
25	1,25	0,277	0,310
26	1,30	0,293	0,313
27	1,35	0,308	0,322
28	1,40	0,325	0,321
29	1,45	0,341	0,309
30	1,50	0,356	0,304
31	1,55	0,371	0,303
32	1,60	0,386	0,309
33	1,65	0,402	0,308
34	1,70	0,417	0,297
35	1,75	0,431	0,292
36	1,80	0,446	0,287
37	1,85	0,460	0,277
38	1,90	0,474	0,250
39	1,95	0,487	0,186

Fig. 2. Risultato dell'acquisizione del sistema RTL dei dati cinematici del carrello tirato dalla molla. Nell'intervallo di tempo compreso fra circa 1,0 s e 1,8 s il carrello libero si muove di moto uniforme. Il fit lineare della posizione in funzione del tempo fornisce il valore della velocità costante.

Velocità del carrello libero in funzione dell'allungamento della molla

Dx(m)	v(m/s)	pendenza:	Dx: allungamento della molla
0,14	0,44	**2,9**	v: velocità del carrello libero
0,14	0,41	coeff.corr.:	
0,12	0,37	0,998	
0,10	0,31		
0,10	0,31		
0,08	0,26		
0,08	0,25		
0,06	0,20		
0,06	0,19		
0,04	0,14		
0,04	0,13		
0,02	0,081		
0,02	0,067		

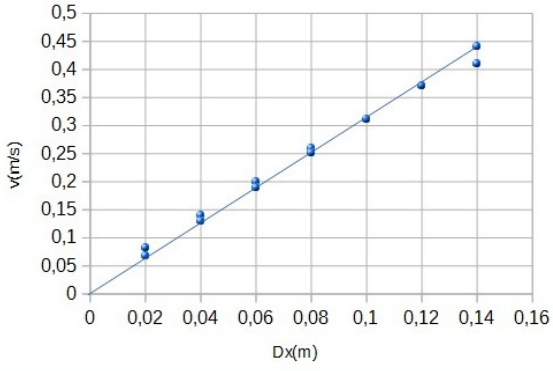


Fig. 3. Ad ogni moto libero del carrello causato dal tiro della molla allungata di una lunghezza Δx corrisponde un valore della velocità v costante. I valori vengono rappresentati graficamente per verificarne la correlazione.

Energia cinetica del carrello libero in funzione di k Dx^2

Dx(m)	v(m/s)	k (Dx)^2(J)	T= 0,5 m v^2 (J)
0,14	0,44	0,094	0,050
0,14	0,41	0,094	0,043
0,12	0,37	0,069	0,035
0,10	0,31	0,048	0,025
0,10	0,31	0,048	0,025
0,08	0,26	0,031	0,017
0,08	0,25	0,031	0,016
0,06	0,20	0,017	0,010
0,06	0,19	0,017	0,0093
0,04	0,14	0,008	0,0050
0,04	0,13	0,008	0,0043
0,02	0,081	0,002	0,0017
0,02	0,067	0,002	0,0012

pendenza:	Dx: allungamento della molla		
0,49	v: velocità del carrello libero		
coeff.corr.:	Massa del carrello:	**0,514**	kg
0,996	Costante elastica della molla:	**4,8**	N/m

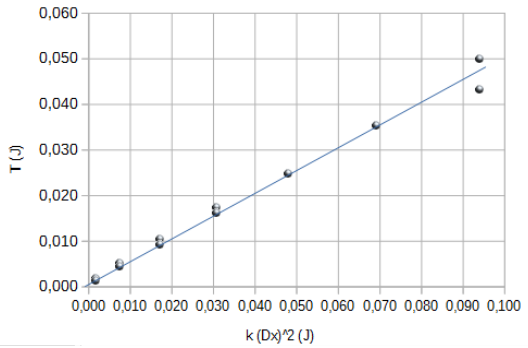


Fig. 4. L'energia cinetica T del carrello in moto uniforme viene messa in relazione con la quantità $k \cdot (\Delta x)^2$. Il coefficiente di proporzionalità ottenuto dal fit risulta 0,49.

Discussione dei risultati

Se supponiamo che l'energia della molla in tensione, che chiamiamo *energia potenziale elastica Uel*, viene trasferita tutta al carrello sotto forma di energia cinetica *T,* ci aspettiamo, visto che sperimentalmente risulta $v \propto \Delta x$ che sia anche $Uel \propto (\Delta x)^2$,dato che $T \propto v^2$. L'energia potenziale della molla deve dipendere anche dalla sua grandezza caratteristica, la costante elastica k, quindi $Uel = f\,(k, (\Delta x)^2)$. La relazione ipotizzabile più semplice è $Uel \propto k \cdot (\Delta x)^2$. La relazione espressa sotto forma grafica in Fig. 4 mostra $T \propto k \cdot (\Delta x)^2$ con un fattore di proporzionalità che differisce dal valore ½ al più del 2% . Si può quindi affermare che effettivamente $Uel = ½ \cdot k \cdot (\Delta x)^2$ se si ipotizza la conservazione dell'energia $T + Uel$.