



Laura Francesio

ITASS "A. Mantegna"  
Mantova

## La classe in moto: analisi di una corsa

(Pervenuto il 10.01.2006, approvato il 19.05.2006)

### ABSTRACT

Students running a race were timed at fixed distances, the measured data were plotted as position vs time diagrams and analysed from a kinematic point of view. The students were at the centre of the learning process and participated enthusiastically in this learning experience.

### Introduzione

L'idea di questa attività è nata per studiare i moti dal punto di vista esclusivamente cinematico con lo scopo di far partecipare gli studenti attivamente e da protagonisti all'esperienza proposta. Tale esperimento consiste nel fare misure di tempo a distanze fissate. Lungo un rettilineo dove alcuni studenti corrono, uno alla volta, a piedi e in bicicletta, altri compagni, muniti di cronometri, registrano i tempi di passaggio a determinati traguardi fissati.

L'attività è stata ripetuta e messa a punto in due anni scolastici successivi con alcune classi seconde del liceo classico-linguistico "Virgilio" di Mantova e, a posteriori, si è rivelata molto utile e stimolante per introdurre i concetti di velocità media e di accelerazione nonché per lo studio e l'apprendimento del moto rettilineo uniforme e del moto accelerato.

Descriverò in dettaglio l'esperienza seguendo con ordine le varie fasi che si sono rese necessarie per ottenere i risultati che di seguito sono riportati.

### Obiettivi didattici dell'esperienza

- 1) Introdurre elementi di cinematica attraverso la descrizione di moti reali, in particolare i concetti di velocità media, moto rettilineo uniforme e accelerazione.
- 2) Coinvolgere i ragazzi in un'attività sperimentale in cui le misure sono eseguite senza l'uso di strumenti sofisticati.
- 3) Sensibilizzare gli studenti sull'importanza di fornire un contributo personale di collaborazione a un'attività di gruppo che riguarda l'intera classe.

### Materiali e strumenti utilizzati

- Una bomboletta spray di colore bianco o altro colore ben visibile sul tracciato oppure gesso.
- Una bicicletta da donna con rapporto fisso.
- Una frusta, ovvero strumento musicale per bambini costituito da due assicelle di legno stagionato (lunghezza 30-40 cm; larghezza 4-7 cm), unite ad un'estremità da una cerniera. Producono uno schiocco secco e sonoro. Facile da costruire per conto proprio. In alternativa è possibile usare un paio di scarpe da ginnastica.
- Un fischiello.
- Coni colorati del tipo di quelli che si utilizzano nei cantieri stradali
- Una cordella metrica con sensibilità un centimetro e portata cinquanta metri.
- Dodici cronometri con sensibilità un centesimo di secondo e portata molto elevata rispetto alle esigenze di misura.

### Descrizione e realizzazione dell'esperimento

La realizzazione effettiva di questa attività è passata attraverso diverse fasi: una fase preliminare di tipo organizzativo, una fase di preparazione in classe e infine l'esecuzione dell'esperienza.

### I fase: organizzazione dell'esperienza.

Dopo essermi scontrata con tutti gli aspetti burocratici-assicurativi e di responsabilità per il fatto che il docente di fisica non è in nessun caso autorizzato, anche al di fuori dell'orario scolastico, a far fare agli studenti un'attività motoria, mi sono rivolta alle colleghe di educazione fisica che molto gentilmente hanno acconsentito ad effettuare l'esperienza in loro presenza, cosa che si è rivelata molto positiva in quanto gli studenti hanno colto l'aspetto pluridisciplinare dell'attività, che ha portato ad un ulteriore impegno ed entusiasmo da parte loro.

### II fase: preparazione dell'esperienza.

Con le colleghe, abbiamo individuato il rettilineo sul lungolago, a pochi passi dalla scuola, dove i ragazzi erano già abituati a fare prove di corsa nelle ore di educazione fisica.

Abbiamo misurato, usando la cordella metrica, una lunghezza complessiva di 120 metri segnando con lo spray la partenza, una serie di traguardi intermedi misurati dalla partenza (3 m, 5 m, 7 m, 10 m, 15 m, 20 m, 30 m, 45 m, 60 m, 80 m, 100 m) e l'arrivo (120 m). La scelta delle distanze dei traguardi intermedi e dei 120 metri totali, non è casuale: alcune distanze sono state scelte nell'intenzione di avere una serie di misure per vedere se si percorrono effettivamente spazi uguali in tempi uguali, e di conseguenza spazi doppi in tempi doppi (es. 15 m, 30 m, 60 m, 120 m); invece, le distanze vicino alla partenza sono state fissate il più possibile ravvicinate, compatibilmente con la possibilità effettiva di misurare manualmente il tempo, per registrare il moto accelerato all'inizio della corsa. Il passaggio a cento metri è stato scelto per avere un ulteriore dato su cui lavorare ma soprattutto perché, visto il carattere interdisciplinare dell'attività, il tempo su tale distanza rappresentava un elemento di valutazione per le colleghe di educazione fisica.

Prima della effettiva esecuzione dell'esperienza è stata dedicata un'ora in ognuna delle due classi per preparare l'attività. Si sono scelti i podisti, i ciclisti, lo starter, i cronometristi; questi ultimi hanno effettuato alcune prove con i cronometri per prendere dimestichezza con lo strumento (migliorare il proprio tempo di reazione, imparare ad accendere e spegnere il cronometro senza sbagliare i tasti). Ad ogni cronometrista è stata assegnata la propria posizione sul rettilineo rispetto alla partenza. Inoltre è stata consegnata ad ognuno una tabella che è riportata in figura 1. Nell'elenco dei corridori e dei cronometristi sono stati omessi i

TABELLA DI RACCOLTA DATI

CLASSE

		REGISTRAZIONE TEMPI A TRAGUARDI FISSATI											
distanza		3m	5m	7m	10m	15m	20m	30m	45m	60m	80m	100m	120m
cronometrista		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
PODISTI	P1												
	P2												
	P3												
	P4												
	P5												
	P6												
CICLISTI	C1												
	C2												
	C3												
	C4												
	C5												

Figura 1. Tabella consegnata agli studenti per la registrazione dei tempi durante l'esperienza.

nomi degli alunni sostituiti dalle sigle T1, T2, ... per i cronometristi, P1, P2, ... per i podisti e C1, C2, ... per i ciclisti. Tali sigle verranno utilizzate anche in seguito. Questa tabella è servita per registrare i tempi: ogni cronometrista ha compilato la propria colonna per ognuno dei corridori.

### III fase: esecuzione dell'esperienza.

I ragazzi sono stati condotti sul lungolago. Ogni cronometrista si è sistemato sul segno corrispondente alla distanza assegnatagli e dalla parte opposta del rettilineo sono stati posizionati, per ogni distanza fissata, dei coni tipo quelli utilizzati sui cantieri stradali. Con questo accorgimento l'occhio del cronometrista rimane in linea con il cono che viene coperto al passaggio del corpo del podista o dei pedali della bicicletta; in questo modo si stabilisce il momento di arresto del cronometro. Ogni corridore si è portato sulla linea di partenza secondo l'ordine dell'elenco consegnato ai cronometristi. Lo starter si è posizionato circa a metà del rettilineo, di fronte ai cronometristi, in modo che tutti potessero sentire e vedere il "VIA". Come segnale acustico si è adottato un fischio intenso e breve e contemporaneamente, come segnale visivo, un battito di assicelle colorate tenute alzate sopra la testa dallo starter stesso. È importante la sincronia di questi due momenti ed è utile che l'alunno con la funzione di starter esegua qualche prova. In mancanza delle assicelle è possibile usare un paio di scarpe da ginnastica. Al via, tutti i cronometristi, contemporaneamente, azionano i cronometri e li fermano al passaggio del corridore in corrispondenza della propria posizione, quando cioè, viene interrotta la linea di visuale tra gli occhi del cronometrista seduto a terra e il cono dalla parte opposta del rettilineo. In figura 2 è schematizzato il rettilineo con le relative suddivisioni dei traguardi.

Uno alla volta sono partiti i podisti ai quali è stato raccomandato di accelerare il più a lungo possibile nella fase iniziale e di non rallentare verso la fine. Mi preme sottolineare che questo aspetto tecnico della corsa, fondamentale per lo scopo didattico dello studio dei moti, si è realizzato con successo grazie alle docenti di educazione fisica che hanno dato, a loro volta, una valenza didattica all'attività ottenendo il massimo impegno da parte degli studenti.

Tra una corsa e l'altra, lo starter attira l'attenzione di tutti con una serie di fischi e verifica con alzate di mano che tutti i cronometri siano azzerati e che il dato precedente sia stato registrato in tabella (figura 1). Una volta accertato che tutti sono pronti, si prosegue con la prova successiva. Esaurito l'elenco dei podisti, è stato aggiunto un cronometrista in prossimità della partenza, ad una distanza di tre metri, per eseguire una misura di tempo in più nella zona di accelerazione, essendo questa inferiore rispetto a quella del podista. Sono partiti i ciclisti facendo attenzione a posizionare i pedali in corrispondenza della linea di partenza. Ai ciclisti è stata data come istruzione di non smettere di pedalare se non dopo aver superato il traguardo finale.

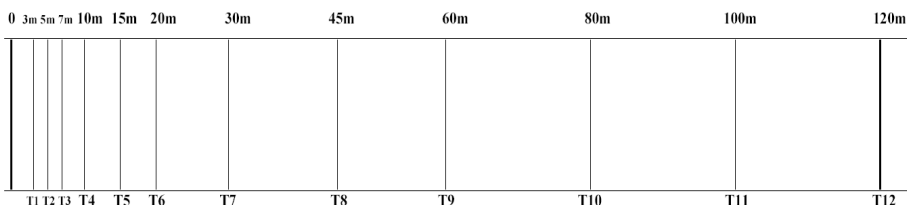


Figura 2. Disposizione schematica delle apparecchiature, degli strumenti e dei traguardi lungo il rettilineo sul quale si è svolta l'esperienza.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
x (m)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,0±0,1	1,2±0,1	1,3±0,1	1,4±0,1	1,1±0,1	0,8±0,1	1,2±0,1	1,3±0,1	1,2±0,1	1,0±0,1	1,2±0,1	1,5±0,1	1,4±0,1
7,0±0,1	1,9±0,1	2,1±0,1	2,1±0,1	1,9±0,1	1,7±0,1	1,9±0,1	2,0±0,1	1,9±0,1	1,8±0,1	1,9±0,1	2,1±0,1	2,2±0,1
10,0±0,1	2,6±0,1	2,8±0,1	3,0±0,1	2,6±0,1	2,2±0,1	2,4±0,1	2,4±0,1	2,4±0,1	2,2±0,1	2,6±0,1	2,5±0,1	2,6±0,1
15,0±0,1	3,1±0,1	3,3±0,1	3,5±0,1	3,1±0,1	2,8±0,1	2,9±0,1	2,8±0,1	3,0±0,1	3,2±0,1	3,1±0,1	3,0±0,1	3,0±0,1
20,0±0,1	3,5±0,1	3,7±0,1	4,2±0,1	3,8±0,1	3,7±0,1	3,4±0,1	3,4±0,1	3,7±0,1	3,8±0,1	3,5±0,1	3,6±0,1	3,6±0,1
30,0±0,1	5,1±0,1	5,2±0,1	5,8±0,1	4,7±0,1	4,8±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,1±0,1	5,7±0,1	5,4±0,1	5,4±0,1	5,5±0,1
45,0±0,1	6,3±0,1	7,0±0,1	7,6±0,1	6,6±0,1	7,5±0,1	6,2±0,1	7,2±0,1	7,6±0,1	7,9±0,1	7,3±0,1	7,4±0,1	7,7±0,1
60,0±0,1	7,7±0,1	9,3±0,1	10,9±0,1	8,2±0,1	8,9±0,1	7,8±0,1	8,8±0,1	9,1±0,1	10,4±0,1	10,1±0,1	9,6±0,1	10,3±0,1
80,0±0,1	11,8±0,1	11,8±0,1	13,5±0,1	12,5±0,1	11,7±0,1	11,5±0,1	11,7±0,1	12,3±0,1	13,9±0,1	13,4±0,1	12,8±0,1	13,5±0,1
100,0±0,1	14,4±0,1	14,6±0,1	17,3±0,1	13,3±0,1	14,2±0,1	13,6±0,1	14,7±0,1	15,4±0,1	17,7±0,1	16,8±0,1	16,2±0,1	17,0±0,1
120,0±0,1	17,5±0,1	17,5±0,1	20,7±0,1	16,9±0,1	17,5±0,1	16,4±0,1	17,3±0,1	18,0±0,1	20,5±0,1	19,9±0,1	19,1±0,1	20,3±0,1

Tabella I. In tabella sono riportati i tempi  $t$  di ogni podista misurati ai passaggi situati a distanza  $x$  dalla partenza. Le distanze  $x$  sono indicate nella prima colonna.

Durante l'esecuzione dell'attività non si sono incontrate difficoltà particolari. Si è verificato qualche disagio nell'accensione o spegnimento dei cronometri che ha reso necessario ripetere la corsa. Il fatto che tutti fossero impegnati a fare qualcosa e che ognuno fosse preparato relativamente al proprio ruolo, si è rivelato molto positivo ai fini della buona riuscita dell'esperienza che si è svolta in modo ordinato, organizzato, non dispersivo e con soddisfazione da parte di tutti.

### Raccolta e sistemazione dei dati sperimentali

Nella successiva ora in classe sono stati riuniti i dati delle tabelle utilizzate per la registrazione dei tempi (figura 1) e sono state compilate altre due tabelle, che ogni alunno ha trascritto sul proprio quaderno, in cui si sono riportati, rispettivamente, i tempi dei podisti e i tempi dei ciclisti.

Per quanto riguarda le incertezze, si è ritenuto, discutendone con la classe, di considerare, indipendentemente dalla sensibilità degli strumenti, un'incertezza di dieci centimetri sulle misure di distanza in quanto i segni dei traguardi erano larghi circa cinque centimetri e il diametro medio dei coni è stato stimato di circa quindici centimetri, mentre si è considerato come incertezza assoluta sul tempo il decimo di secondo per tener conto del tempo di reazione medio dei cronometristi.

La tabella I e la tabella II riuniscono i dati di entrambe le classi che hanno partecipato all'esperienza.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
x (m)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)	t(s)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,0±0,1	1,7±0,1	1,8±0,1	1,5±0,1	1,6±0,1	1,9±0,1	2,1±0,1	2,0±0,1	2,1±0,1	1,2±0,1
5,0±0,1	2,8±0,1	3,0±0,1	2,2±0,1	2,5±0,1	2,6±0,1	3,3±0,1	3,2±0,1	2,9±0,1	2,1±0,1
7,0±0,1	3,2±0,1	3,5±0,1	2,9±0,1	3,4±0,1	3,3±0,1	4,0±0,1	3,5±0,1	3,5±0,1	2,8±0,1
10,0±0,1	3,7±0,1	3,7±0,1	3,4±0,1	4,1±0,1	4,2±0,1	4,9±0,1	4,6±0,1	4,7±0,1	3,9±0,1
15,0±0,1	5,1±0,1	5,1±0,1	4,4±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,9±0,1	5,4±0,1	5,5±0,1	5,0±0,1
20,0±0,1	6,1±0,1	5,9±0,1	5,4±0,1	6,2±0,1	5,9±0,1	6,7±0,1	6,2±0,1	6,7±0,1	6,1±0,1
30,0±0,1	7,8±0,1	7,5±0,1	6,7±0,1	7,6±0,1	6,8±0,1	8,3±0,1	7,3±0,1	7,8±0,1	7,0±0,1
45,0±0,1	9,6±0,1	9,5±0,1	8,2±0,1	9,5±0,1	9,1±0,1	10,1±0,1	9,8±0,1	10,1±0,1	9,3±0,1
60,0±0,1	12,4±0,1	11,7±0,1	9,9±0,1	11,4±0,1	12,0±0,1	12,3±0,1	11,4±0,1	11,9±0,1	11,0±0,1
80,0±0,1	14,9±0,1	14,2±0,1	12,3±0,1	14,0±0,1	14,7±0,1	15,1±0,1	14,2±0,1	14,5±0,1	13,6±0,1
100,0±0,1	17,4±0,1	16,7±0,1	13,7±0,1	16,3±0,1	17,3±0,1	17,5±0,1	16,5±0,1	17,0±0,1	16,2±0,1
120,0±0,1	19,9±0,1	19,5±0,1	16,3±0,1	18,8±0,1	20,3±0,1	19,7±0,1	18,9±0,1	19,2±0,1	18,4±0,1

Tabella II. In tabella sono riportati i tempi  $t$  di ogni ciclista misurati ai passaggi situati a distanza  $x$  dalla partenza. Le distanze  $x$  sono indicate nella prima colonna.

### Rappresentazione grafica dei dati e discussione dei risultati

L'elaborazione dei dati è stata effettuata tramite l'utilizzo del programma *Excel* a gruppi di tre studenti e per molti questa è stata l'occasione per imparare ad ottenere un grafico XY usando questo programma. Ogni gruppo si è incaricato di produrre il grafico posizione-tempo relativo ad una corsa seguendo dei precisi criteri, stabiliti insieme, relativamente all'uniformità delle scale e all'utilizzo dei simboli. La scelta di un'unica scala si è resa necessaria allo scopo di sovrapporre le curve e confrontarle. Per quanto riguarda invece la rappresentazione dei dati sperimentali, si è scelto di dimensionare i "simboli" utilizzati in modo da contenere le barre d'incertezza sull'asse dei tempi, mentre sull'asse delle ordinate l'incertezza assoluta non è rappresentabile.

Tutti i grafici sono stati stampati su fogli di acetato lucido, ognuno con diverso colore e/o simbolo, per permettere agli studenti il confronto immediato delle curve attraverso la semplice sovrapposizione.

A titolo di esempio, di seguito sono riportati solo alcuni dei grafici ottenuti, anche se tutti sono risultati in ugual modo significativi e di notevole efficacia dal punto di vista didattico in quanto sono stati il punto di partenza per una proficua discussione collettiva.

In figura 3 è riportato il grafico della posizione in funzione del tempo relativo alla corsa del podista P2 mentre il grafico spazio-tempo di figura 4 riporta il confronto tra le corse dei tre podisti P7, P8 e P9. È stato osservato che la distribuzione dei punti nella prima parte ha un andamento curvilineo mentre oltre i 20-30 metri assume un andamento pressoché lineare. Appare anche evi-

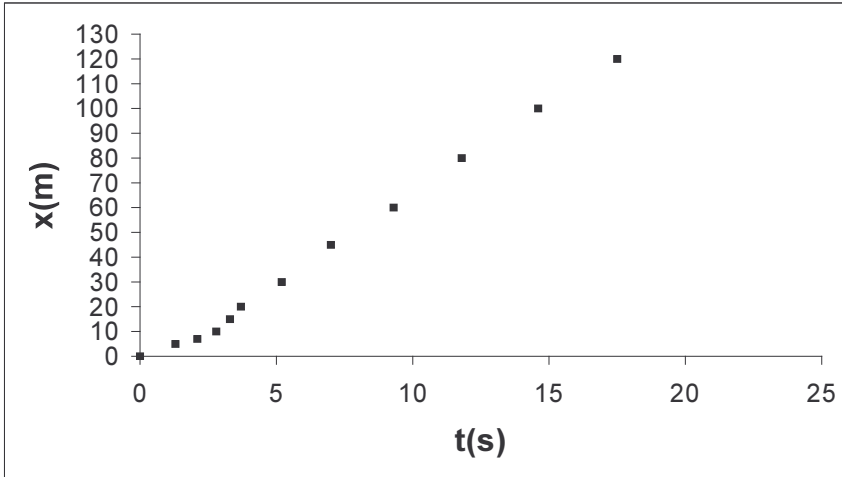


Figura 3. Grafico della posizione  $x$  in funzione del tempo  $t$  relativo all'andamento dei punti registrati per la corsa del podista P2.

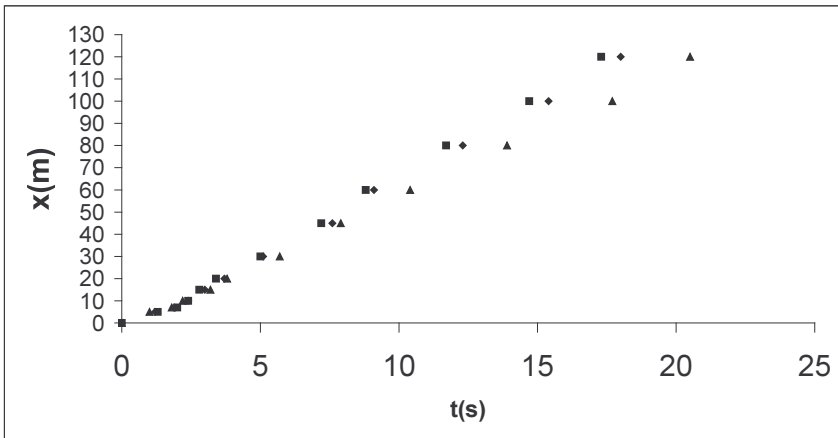


Figura 4. Grafico della posizione  $x$  in funzione del tempo  $t$  relativo all'andamento dei punti registrati per la corsa dei podisti P7 (■), P8 (◆) e P9 (▲).

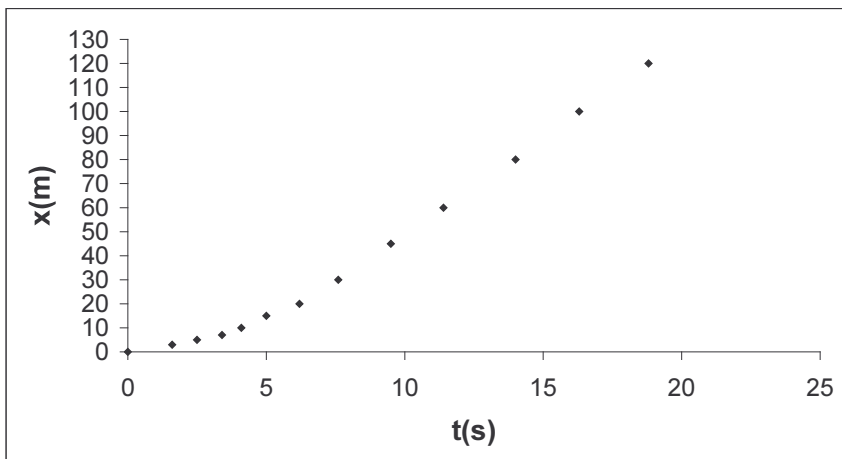


Figura 5. Grafico della posizione  $x$  in funzione del tempo  $t$  relativo all'andamento dei punti registrati per la corsa del ciclista C4.

dente che gli andamenti lineari individuabili in figura 4 mostrano pendenze diverse.

Gli studenti, che hanno confrontato i grafici, hanno anche fatto notare che P7 è un ragazzo, P8 una ragazza che svolge regolarmente attività atletica, mentre P9 una ragazza che non pratica sport con regolarità. Hanno quindi intuito che una pendenza maggiore del grafico potrebbe corrispondere ad una maggiore velocità.

In figura 5 è riportato il grafico posizione-tempo relativo alla corsa del ciclista C4. Per quanto riguarda la distribuzione dei punti, sono state fatte considerazioni analoghe alle precedenti pur tuttavia notando che il passaggio tra un andamento iniziale curvilineo e l'andamento lineare appare più graduale.

Il grafico posizione-tempo di figura 6 mette a confronto le corse della podista P9 con quella del ciclista C3. Il confronto tra questi due andamenti, e altri dello stesso tipo che non sono riportati, ha dato modo agli studenti di ragionare sul significato fisico delle due curve che si incrociano. Hanno intuitivamente capito che le coordinate del punto in cui le curve si incrociano rappresentano la posizione e l'istante di tempo in cui il ciclista, partito più lentamente, avrebbe superato la podista se i due avessero corso contemporaneamente.

Inoltre, sono state fatte considerazioni analoghe a quelle relative a figura 4 circa le pendenze degli andamenti rettilinei, il che ha rafforzato la loro convinzione che la pendenza della regione lineare di grafico è legata alla velocità del corridore.

Questa parte dell'attività è stata sicuramente la più efficace dal punto di vista didattico in quanto è stata condotta in modo autonomo dai ragazzi e le osservazioni che ho riportato relative ai grafici sono nate da deduzioni della classe in seguito ad una discussione guidata ma senza suggerimenti sostanziali da parte mia.

Molte altre considerazioni e osservazioni sono state fatte e hanno contribuito a vivacizzare il lavoro e ad arricchirlo con contributi personali. Non è possibile riportarle in questa sede per motivi di organicità dell'esposizione.

## Introduzione ai moti

L'analisi dei moti basata sull'osservazione e sul confronto dei grafici, e la discussione che ne è seguita, è servita come punto di partenza per elaborare un modello che ha permesso di introdurre i concetti di velocità e velocità media, moto rettilineo uniforme, accelerazione e accelerazione media.

Dai grafici è stato osservato che, per tutte le curve, dopo circa trenta metri dalla partenza, la distribuzione dei punti assume un andamento pressoché lineare; è pertanto lecito fare l'ipotesi che in questo tratto di curva, esista una relazione di proporzionalità diretta tra la distanza percorsa  $\Delta x$  e l'intervallo di tempo corrispondente  $\Delta t$ . Dall'esame dei dati abbiamo iniziato ad elaborare un criterio per controllare se gli spostamenti sono proporzionali agli intervalli di tempo corrispondenti. Tale ipotesi di proporzionalità è sostenuta dal fatto che, anche se tra un punto e l'altro non ci sono misure che danno informazioni dirette sul tipo di moto nel tratto  $\Delta x$  non indagato, non essendosi verificati "incidenti" durante la corsa, il moto del corridore è stato progressivo e regolare: ha quindi senso interpolare questa parte di grafico con una retta.

Le figure 7 e 8 rappresentano i grafici relativi alle corse di P12 e C9 rispettivamente, sui quali è stata eseguita una interpolazione lineare disegnando manualmente la retta che meglio approssima l'andamento dei punti sperimentali. Preso un qualunque intervallo di tempo  $\Delta t$ , la proporzionalità fra  $\Delta t$  e  $\Delta x$  esiste sempre e ai ragazzi è stato fatto notare, in particolare, che a uguali  $\Delta t$  corrispondono uguali  $\Delta x$  e a  $\Delta t$  doppi corrispondono  $\Delta x$  doppi. Quest'ultima considerazione ha permesso di introdurre la definizione operativa di velocità media e di identificar-

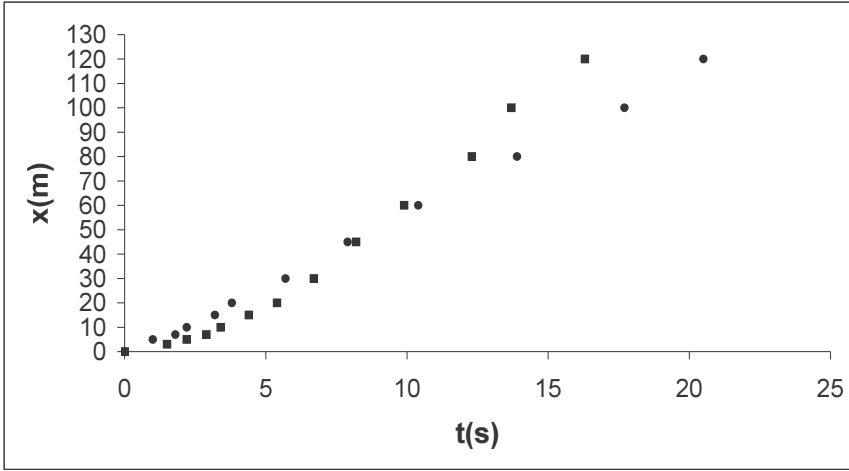


Figura 6. Grafico della posizione  $x$  in funzione del tempo  $t$  relativo all'andamento dei punti registrati per la corsa del podista P9(●) e del ciclista C3(■).

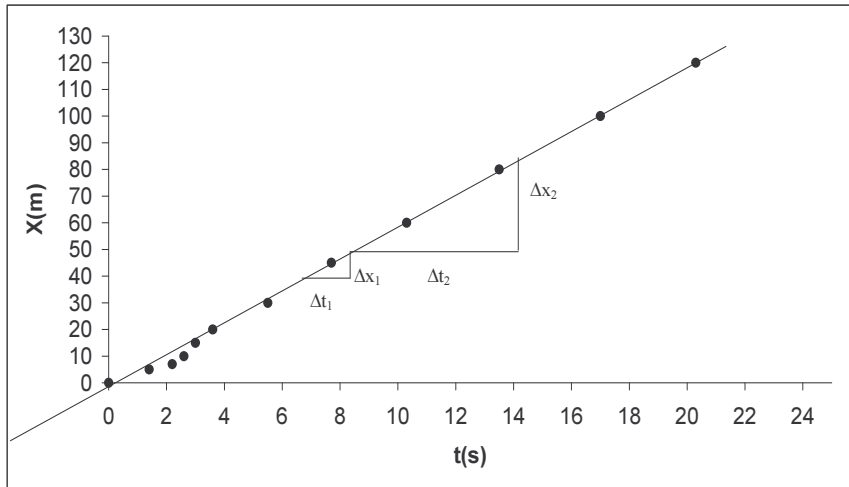


Figura 7. Grafico della posizione  $x$  in funzione del tempo  $t$  relativo all'andamento dei punti registrati per la corsa del podista P12. È evidenziato l'andamento rettilineo dei punti e il rapporto costante  $\Delta x_1/\Delta t_1 = \Delta x_2/\Delta t_2$ .

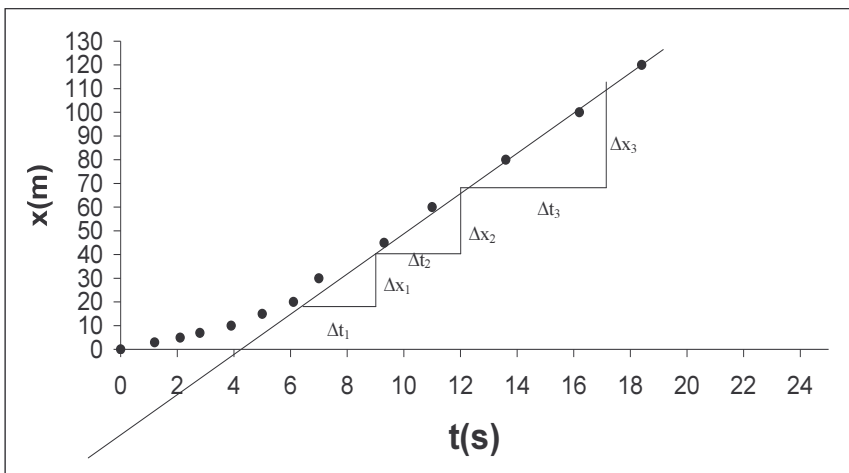


Figura 8. Grafico della posizione  $x$  in funzione del tempo  $t$  relativo all'andamento dei punti registrati per la corsa del podista P12. È evidenziato l'andamento rettilineo dei punti e il rapporto costante  $\Delta x_1/\Delta t_1 = \Delta x_2/\Delta t_2 = \Delta x_3/\Delta t_3$ .



la come la pendenza del tratto di curva considerato e cioè come il rapporto costante tra la distanza percorsa  $\Delta x$  e l'intervallo di tempo corrispondente  $\Delta t$ .

$$V_m = \Delta x / \Delta t = \Delta x_1 / \Delta t_1 = \Delta x_2 / \Delta t_2 = \Delta x_3 / \Delta t_3 \quad (1)$$

Questa analisi dei dati ha permesso di introdurre anche la definizione di moto rettilineo uniforme come particolare tipo di moto in cui la velocità media non cambia mai e che, in un grafico posizione tempo, è rappresentato da un andamento lineare.

Le conoscenze sul moto rettilineo uniforme così introdotte sono servite successivamente per l'analisi della prima parte della curva dove i punti sperimentali mostrano un andamento curvilineo. Andando a calcolare il valore delle velocità medie su intervalli temporali sempre più piccoli, si ottengono delle rette che sono praticamente tangenti alla curva con pendenze che aumentano progressivamente.

Nel primo tratto di curva quindi la velocità media non è costante ma varia in senso crescente per ogni intervallo di tempo considerato. Anche se non siamo in grado di quantificare la regolarità di tale variazione possiamo comunque affermare che siamo in presenza di un moto accelerato in cui la velocità cresce col tempo.

Il primo tratto di curva può solo fornire una stima del valore dell'accelerazione media del corridore in quel tratto di percorso come rapporto tra la variazione totale di velocità  $\Delta v$  e l'intervallo di tempo  $\Delta t$  corrispondente:

$$a_m = \Delta v_m / \Delta t = (v_f - v_i) / (t_f - t_i) \quad (2)$$

dove:  $v_f$  è la velocità media ottenuta calcolando la pendenza del tratto rettilineo;  $v_i = 0$  poiché tutti i corridori sono partiti da fermi,  $t_f$  è l'istante a cui si fa corrispondere sul grafico l'inizio del moto rettilineo uniforme,  $t_i = 0$  poiché tutti i cronometri erano azzerati al momento della partenza.

Questo lavoro di interpolazione grafica è stato svolto su tutte le curve ottenute. Le velocità medie sono state ricavate dal calcolo della pendenza del tratto rettilineo secondo la (1) e l'accelerazione media sul tratto iniziale secondo la (2). In tabella III sono riportati i risultati dei calcoli: l'incertezza assoluta su ogni risultato è stata ottenuta applicando ad ogni calcolo le regole di propagazione delle incertezze. Si è ritenuto di specificare, nella prima colonna, il sesso (M maschio o F femmina) del corridore in quanto gli studenti hanno riscontrato differenze di prestazioni che già sono state riportate e discusse in precedenza.

Dall'esame dei valori riportati in tabella III sono emerse con la classe alcune considerazioni che riporto sinteticamente.

a) I ragazzi, in generale, raggiungono valori di velocità media e di accelerazione media più elevati delle ragazze.  
b) Le velocità medie raggiunte dai ciclisti sono generalmente più elevate di quelle dei podisti.

c) Le velocità medie dei podisti vanno da un valore minimo  $v_{\min} = 6,0 \text{ m/s} = 21,6 \text{ km/h}$  ad un valore massimo  $v_{\max} = 7,5 \text{ m/s} = 27 \text{ km/h}$ , quindi la classe percorre 120 m ad una velocità media che è stata calcolata essere circa  $v = 6,8 \text{ m/s} = 24,5 \text{ km/h}$ ; un maratoneta olimpionico percorre una distanza di 42,195 km, pari alla distanza tra Maratona e Atene in un tempo di circa 2 ore e 6 minuti. La sua velocità media è quindi  $v \cong 20,1 \text{ km/h}$ ; il record del mondo maschile dei 200 metri piani è 19,32 s. La velocità media è quindi pari a  $v \cong 10,35 \text{ m/s} \cong 37,3 \text{ km/h}$ ; la "classe in moto" si muove con una velocità media molto più vicina all'andatura di una maratona nonostante abbia effettuato una prova di corsa su un percorso breve.

Queste considerazioni hanno fornito un'idea più concreta di alcuni valori di velocità in quanto sono stati confrontati con un dato che i ragazzi, personalmente, hanno "vissuto" e misurato.

corridori	$V_m = \Delta x / \Delta t$ (m/s)	$a_m = \Delta v / \Delta t$ (m/s)
P1 (M)	7,5±0,2	1,47±0,07
P2 (M)	7,5±0,3	1,44±0,09
P3 (F)	6,1±0,1	1,05±0,05
P4 (M)	7,5±0,2	1,55±0,08
P5 (M)	7,5±0,2	1,56±0,07
P6 (M)	7,4±0,2	1,51±0,05
P7 (M)	7,1±0,2	1,42±0,07
P8 (F)	6,7±0,2	1,31±0,06
P9 (F)	6,1±0,1	1,07±0,04
P10 (M)	6,0±0,1	1,11±0,04
P11 (F)	6,3±0,2	1,17±0,06
P12 (F)	6,0±0,1	1,09±0,07
C1 (F)	8,0±0,2	1,03±0,04
C2 (F)	7,5±0,1	1,00±0,03
C3 (M)	9,4±0,2	1,40±0,05
C4 (F)	8,0±0,2	1,05±0,04
C5 (F)	6,7±0,1	0,99±0,03
C6 (F)	7,9±0,2	0,95±0,03
C7 (F)	8,0±0,2	1,10±0,04
C8 (F)	8,2±0,2	1,05±0,04
C9 (F)	7,9±0,2	1,13±0,04

Tabella III. In tabella sono riportati, per ogni corridore (maschio o femmina), i valori delle velocità medie, calcolati dal tratto lineare dei grafici posizione-tempo (seconda colonna), e i valori delle accelerazioni medie (terza colonna) ricavate per il tratto iniziale della curva secondo la formula (2) dove si è utilizzato come  $v_i$  il valore riportato nella seconda colonna.

### Quando gli studenti "corrono" da soli

Attraverso questa esperienza di lavoro scolastico i ragazzi hanno acquisito conoscenze e procedure che sono servite da stimolo per ulteriori approfondimenti personali. Si sono verificati due episodi che, a mio parere, meritano di essere citati.

I) Un gruppo di studenti, dopo qualche tempo, ha fornito alla classe un lavoro prodotto in totale autonomia, di indagine statistica relativa ai risultati finali di tabella III, corredato di diagrammi a pile, istogrammi, curve di dispersione, intervalli di tolleranza e dati a confronto.

In figura 9 è riportato uno degli istogrammi prodotti da questo gruppo in cui sono stati messi a confronto i valori delle velocità medie dei podisti maschi e delle podiste femmine. A questo grafico ha fatto seguito la seguente osservazione: i ragazzi, in generale, raggiungono valori di velocità media più elevati delle ragazze; si osserva che fanno eccezione P8 (F) di cui si è già detto essere un'atleta allenata, e P10 (M). Il podista P10 pratica nuoto a livello agonistico e i nuotatori, in genere, non sono allenati per prestazioni di atletica leggera.

II) Un altro studente, invece, ha costruito il grafico posizione-tempo della gara dei 200 metri piani delle Olimpiadi del 1996 in cui Johnson fece il record del mondo sopra citato (19,32 s). Dalla registrazione della gara, ha mandato al rallentato-

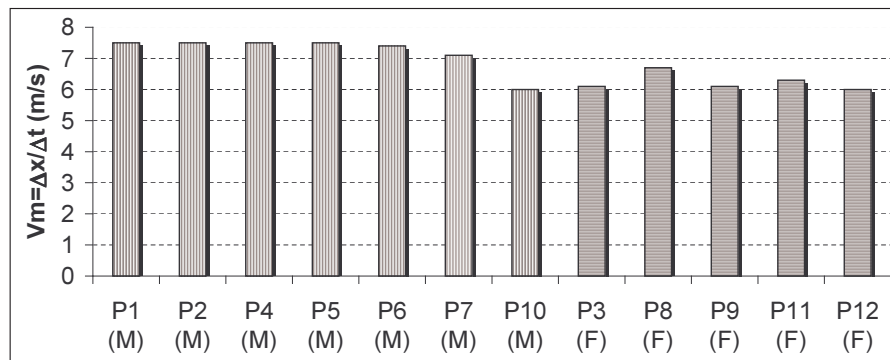


Figura 9. Istogramma dei valori delle velocità medie raggiunte da ogni podista. Podisti maschi (M) e podiste femmine (F).

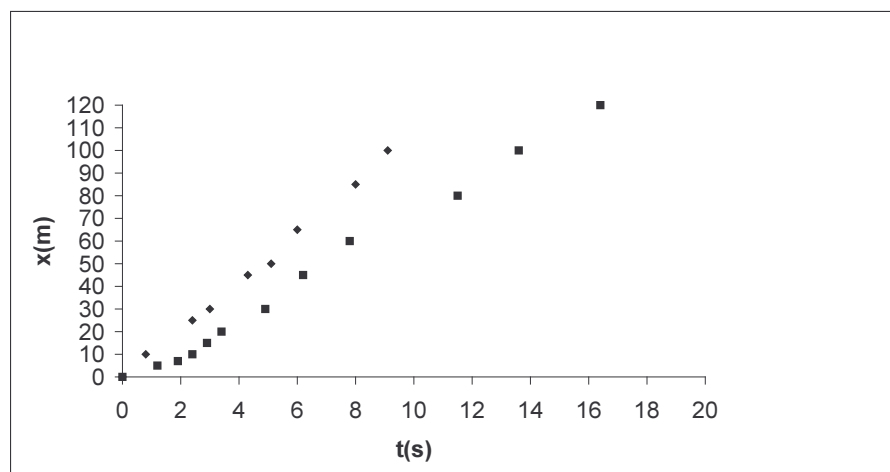


Figura 10. Grafico della posizione in funzione del tempo relativo all'andamento dei punti registrati per la corsa del podista P6(■) e del campione del mondo M. Johnson (◆).

re gli ultimi 100 m di percorso rettilineo in cui si presume che il corridore abbia già raggiunto e mantenuto la velocità massima. Ha dedotto le posizioni prendendo come riferimenti alcuni punti fissi ai bordi della pista, ha registrato i tempi corrispondenti visualizzati sullo schermo e ha costruito il grafico. Ha confrontato la pendenza del grafico di Johnson con quello della propria corsa (P6). In figura 10 è riportato il confronto delle due curve traslate nell'origine comune.

### Considerazioni conclusive

Con il presente lavoro si è presentata una proposta didattica per lo studio dei moti che ha coinvolto ragazzi e colleghi in un esperimento all'aria aperta in cui sono state effettuate misure di tempo a traguardi fissati relative alla corsa di alcuni studenti a piedi e in bicicletta e sono stati analizzati i grafici posizione-tempo di ciascuna corsa.

È stato quindi elaborato un modello, a partire dalla distribuzione dei dati nei grafici, che ha permesso di introdurre i concetti di velocità media, moto rettilineo uniforme e accelerazione media.

La visualizzazione grafica dei dati sperimentali ha svolto un ruolo rilevante in quanto ha permesso ai ragazzi di collegare in modo intuitivo certi aspetti relativi all'analisi di un moto vario; questo fatto è stato uno stimolo molto importante nel percorso dell'apprendimento.

È stato fatto presente che la registrazione di ogni moto consiste in una sequenza di dati ottenuti con misurazioni successive e costituisce una serie di fatti oggettivi che rappresentano la realtà. La correlazione di questi fatti, per esempio congiungendo i punti riportati in grafico con una linea, è invece, una interpretazione soggettiva dei valori ottenuti.

Mi sembra che abituare i ragazzi a distinguere tra fatti reali (misure) e loro interpretazione costituisca un aspetto formativo molto importante in qualsiasi campo dell'apprendimento al di là della fisica: lo studente si abitua a discernere con spirito critico tra i fatti oggettivi che costituiscono un'indagine e la loro interpretazione.

La risposta degli studenti a questa attività è stata molto positiva. Hanno partecipato con estremo entusiasmo e si sono sentiti veri protagonisti del loro processo di apprendimento. Il lavoro ha fornito ai ragazzi metodi nuovi d'indagine, è stato uno strumento utile per abituarli a rielaborare autonomamente le conoscenze acquisite, ha rappresentato, almeno per alcuni, un punto di vista nuovo nel loro modo di osservare e indagare la realtà.

### Ringraziamenti

Ringrazio e ricordo con affetto tutti gli studenti delle classi 2<sup>BL</sup> e 2<sup>CL</sup>, a.s. 2003-2004, del liceo classico-linguistico "Virgilio" di Mantova, che hanno contribuito attivamente con impegno, vivacità ed intelligenza alla realizzazione di questa esperienza.

Ringrazio inoltre la collega di educazione fisica Elena Stimamiglio che per prima ha dato la sua disponibilità nell'anno scolastico 2002-2003 a seguire l'idea pionieristica e a provare la fattibilità del lavoro dando un contributo attivo e rinnovando tale disponibilità l'anno successivo.

Infine, un grazie all'amica, nonché collega di educazione fisica, Elena Montanari, che si è attivata con entusiasmo per la buona riuscita del lavoro e mi ha incoraggiato nella realizzazione di questo resoconto.

### ERRATA CORRIGE

Per uno spiacevole errore tipografico, la figura di pagina 13 nell'Inserto al n. 3, 2006 de *La Fisica nella Scuola* è incompleta. La riproponiamo, scusandoci con gli autori ed i lettori.

#### QUESITO 10

- Nel circuito disegnato in quale caso rimane accesa soltanto la lampadina  $L_2$ ?

- A Quando  $T_1$  e  $T_3$  sono chiusi e  $T_2$  aperto.
- B Quando  $T_1$  e  $T_2$  sono chiusi e  $T_3$  aperto.
- C Quando  $T_2$  e  $T_3$  chiusi e  $T_1$  aperto.
- D In nessun caso.

