

PERCORSO DIDATTICO SULLA VELOCITÀ

Una proposta basata sui lavori di J. Piaget

Leonardo Barsantini, Lucia Ciabini

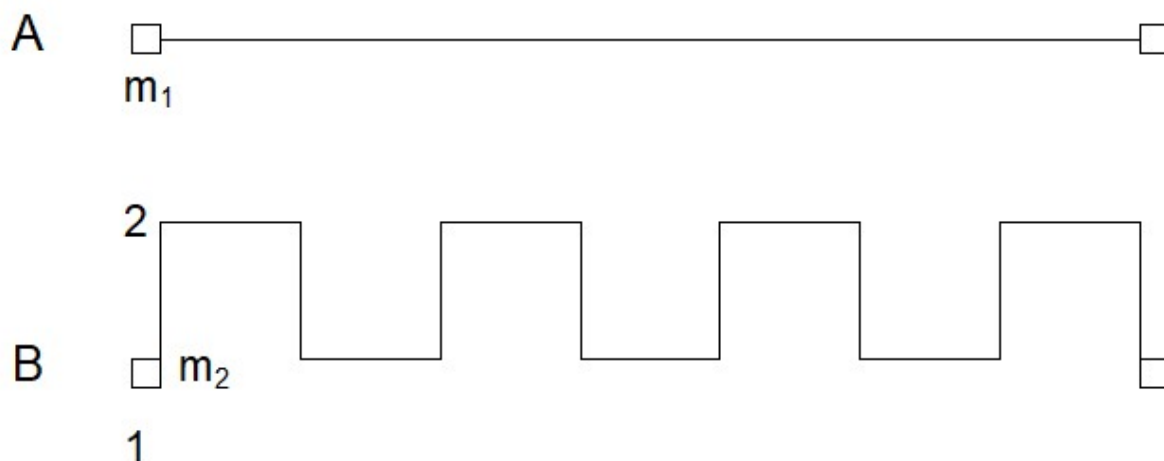
Il percorso si propone l'obiettivo di familiarizzare lo studente con il concetto di velocità offrendo esperienze significative che chiariscano il ruolo giocato, nella determinazione della velocità, dalle distanze percorse e dai tempi impiegati a percorrere tali distanze.

La presente proposta nasce dall'analisi attenta del lavoro di J. Piaget sui movimenti e le velocità (J. Piaget, La nozione di movimento e di velocità nel bambino, New Compton Ed. 1975). Da questa opera si comprende chiaramente come la definizione di velocità espressa per mezzo della relazione distanza percorsa diviso tempo impiegato sia insufficiente per lo studente, se non si chiariscono precedentemente alcuni punti: il ruolo giocato dalla traiettoria (fare un cammino altrettanto lungo quanto un altro non significa arrivare altrettanto lontano), il sorpasso, i punti di partenza e di arrivo.

Il percorso è diviso in due parti: il movimento e la velocità. La prima parte, che può essere vista come una sorta di prerequisito, vuole focalizzare l'attenzione dello studente sulla distanza percorsa su una data traiettoria e sull'importanza della misurazione della distanza stessa. La seconda parte, relativa alla velocità, cerca di porre lo studente di fronte a situazioni diverse, che gli permettano di pensare alla velocità in funzione delle distanze percorse e dei tempi impiegati; nella parte finale si è cercato di introdurre i grafici distanza-tempo in modo "concreto", in modo, cioè, che la loro "costruzione" abbia un significato per gli studenti. Non si fa riferimento alla relazione che definisce la velocità come distanza percorsa diviso tempo impiegato, se non nella parte finale, non perché questa prima o poi non vada introdotta, ma perché riteniamo importante, in una prima fase, che gli studenti concettualizzino la velocità attraverso il ricorso alle distanze e ai tempi, a tal proposito, i

grafici possono dare una definizione operativa di velocità tanto adeguata quanto la formula.

Spostamento e traiettoria



Tracciate su un foglio abbastanza grande due linee diverse, A e B, che congiungano in modo diverso gli stessi due punti, partenza e arrivo; questi potrebbero rappresentare due città, oppure due luoghi all'interno della città o della scuola, o altro ancora. Su queste linee farete muovere due oggetti m_1 e m_2 .

1. Partendo dall'origine di A percorrete con m_1 , un tratto che lo porti circa a metà percorso. Chiedete allo studente di percorrere, con m_2 , un tratto altrettanto lungo sulla linea B.

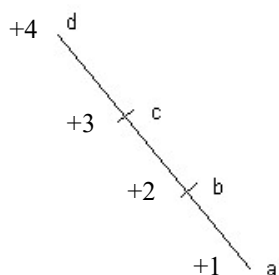
2. Muovete m_2 dal punto 1 al punto 2 della linea B e chiedete di quanto deve muoversi m_1 sulla linea A, affinché faccia un percorso della stessa lunghezza.

Gli studenti dovrebbero arrivare a capire che percorrere tratti di uguale lunghezza, quindi allontanarsi di tratti uguali dal punto di partenza, non significa arrivare ugualmente vicini al

punto d'arrivo. Si scelga un'unità di misura opportuna per confrontare la lunghezza dei percorsi.

3. Questa parte del percorso, proposta a ragazzi del secondo o terzo anno della scuola secondaria di primo grado, può essere tralasciata o svolta dandole un'interpretazione matematica, rendendo così più chiare le richieste. In particolare si può associare ad ogni traguardo un numero relativo come illustrato di seguito.

Tracciate su un cartoncino un percorso rettilineo e poggiatelo poi contro una parete allo scopo di ottenere un percorso in salita. Con riferimento alla figura ponete le seguenti domande.



Si va dal punto a fino al punto c, dal punto c fino al punto d, dal punto d al punto a: si è fatta più salita o discesa?

4. Si va dal punto a al punto c, dal punto c al punto b, dal punto b al punto d e infine dal punto d al punto a. Ci sono tante salite quante discese? La somma delle salite equivale alla somma delle discese? Gli studenti possono effettuare una misurazione dei percorsi.

Queste domande dovrebbero condurre lo studente a comprendere che non c'è prevalenza della salita rispetto alla discesa (o viceversa) e che ciò che conta è la distanza percorsa.

Dice Piaget a questo proposito: *“Per la maggior parte dei soggetti giovani la funicolare (il dispositivo utilizzato da Piaget consisteva in una montagna di cartone sulla quale faceva circolare lungo una spago una perlina che raffigurava una funicolare), fa più salita che discesa”*. Semplici calcoli con i numeri relativi confermano che, anche se salire è più faticoso, se si parte e si arriva nello stesso punto, le quantità di salita e di discesa sono le stesse.

A questo punto si potrà introdurre il termine “traiettoria”: gli studenti dovrebbero essere in grado di definirla come la linea effettivamente percorsa dall’oggetto in moto, distinguendola esplicitamente dal segmento immaginario che congiunge partenza e arrivo.

La velocità

Premessa

Nel percorso che segue si utilizza il termine “distanza” e il simbolo “d” per indicare la lunghezza del percorso sulla traiettoria.

Si rimanda all’appendice Annotazioni e precisazioni per l’insegnante per un chiarimento e un approfondimento di alcuni aspetti della definizione di velocità che aiutano a comprendere lo sviluppo del percorso.

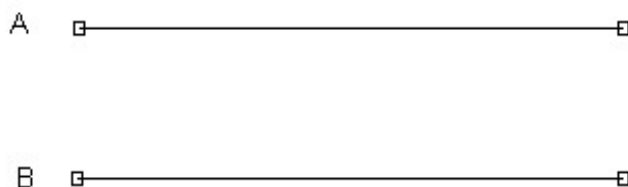
I PARTE

1. Chiedete agli studenti cosa significa: “essere veloce”, “il più veloce”?¹

Gli studenti indicheranno situazioni a loro familiari quali le gare di corsa. Se ciò non accadesse si potrebbe chiedere loro di proporre un modo per verificare chi è il più veloce.

Gli studenti, quasi sicuramente, proporranno la situazione analizzata nel punto 2.

2. Presentate alla lavagna, o su un foglio, i seguenti percorsi che simulano una gara fra due ragazzi.



3. Chiedete: se partono contemporaneamente, chi è il più veloce? Gli studenti, molto probabilmente, risponderanno che il più veloce è quello che arriva prima.

Chiedete allora: come è il tempo del più veloce rispetto a quello del più lento? Come sono le distanze percorse?

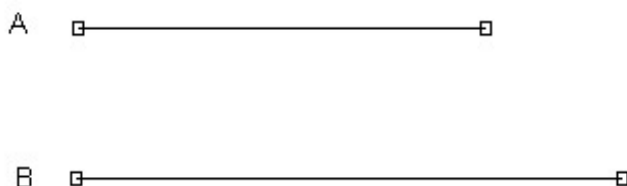
Gli studenti dovrebbero arrivare a comprendere che, in una situazione di questo tipo, il più veloce percorre la stessa distanza in un tempo inferiore.

4. Sempre con riferimento al punto 2, agli studenti si potrebbe anche proporre una gara su tempi fissati e distanze diverse (record dell'ora ciclistico). Questa situazione

¹ È opportuno, e coerente con il percorso, non chiedere in questa prima domanda cosa significa “velocità”.

può essere introdotta ponendo le seguenti domande: con riferimento alla gara del punto 3, quando il più veloce arriva al traguardo, dove si trova il più lento? Se il più veloce continua a correre finché anche il più lento arriva al traguardo, dove arriva?

5. Presentate allora le due traiettorie A e B

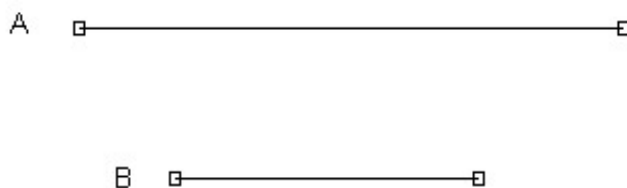


e simulate una gara in cui due persone partono contemporaneamente e giungono contemporaneamente. Chiedete agli studenti quale oggetto, a loro parere, è stato il più veloce e perché. Chiedete ancora: come sono i tempi impiegati? Come sono le distanze percorse?

In questo caso, in cui non coincidono i punti di arrivo, dovrebbe risultare chiaro che è più veloce l'oggetto che nello stesso tempo percorre una distanza maggiore.

6. Mettete a confronto le due situazioni, del punto 2 e del punto 5, facendo scrivere agli alunni e alle alunne in quale relazione (maggiore, minore, uguale) deve essere il tempo impiegato dal più lento, col tempo del più veloce, nel caso in cui le distanze siano uguali; in quale relazione deve essere la distanza percorsa dal più lento rispetto a quella del più veloce, nel caso in cui i tempi impiegati siano gli stessi.

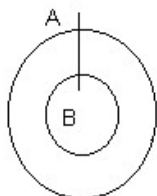
7. Si consideri ora il caso di uno studente che si muove sulla traiettoria A, e di uno che si muove su una traiettoria B, in modo che si realizzi la situazione riportata in figura; i due studenti partono e arrivano nello stesso istante.



Chi è il più veloce? Perché? Gli studenti dovrebbero rispondere chiarendo le relazioni fra distanze percorse e tempi impiegati.

Questa situazione è diversa dalle precedenti perché adesso non coincidono né il punto di partenza, né quello di arrivo. Dalla discussione dovrebbe emergere che la gara è caratterizzata dal sorpasso dello studente A, più veloce, ai danni di B, che parte più avanti, ma alla fine della gara si trova indietro.

8. Tracciate sul terreno due cerchi concentrici come riportato nel disegno



e chiedete a due ragazzi di muoversi sulle due traiettorie, partendo assieme dal traguardo e giungendo assieme ai rispettivi traguardi allineati, aiutandosi a mantenere l'allineamento con un lungo bastone afferrato da entrambi gli studenti.

Chi è il più veloce? Perché?

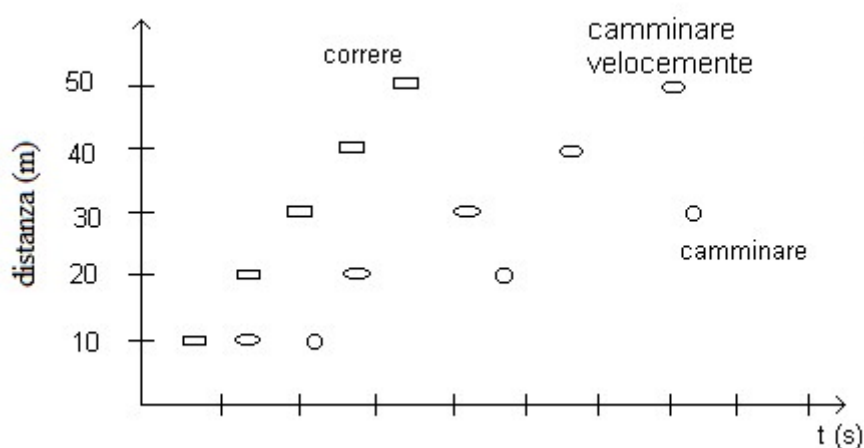
In questo caso le considerazioni fatte precedentemente sul tempo e sulla distanza intesa come lunghezza del percorso sulla traiettoria, per determinare il più veloce², continuano a valere, ma devono essere riutilizzate in un contesto diverso in cui la traiettoria non è più

² Ricordiamo che si lavora con la *average speed*.

rettilinea. Inoltre si realizza anche un'altra importante condizione: non c'è più un sorpasso visibile del più veloce nei confronti del più lento.

9. Fate camminare normalmente, velocemente, correre, un'alunna o un alunno su una distanza³ fissata (trenta metri), disponendo gli altri studenti lungo il percorso, (ad esempio ogni cinque metri o anche meno), fate rilevare i tempi al passaggio della ragazza/ragazzo. È opportuno fare camminare o correre la studentessa qualche metro prima della partenza per avere fin dall'inizio maggiore regolarità. Inoltre è consigliabile, sia per coinvolgere un maggior numero di studenti che per avere misure più attendibili, fare prendere i tempi a 3 studenti per ogni misurazione; ciò permette di scartare misure troppo imprecise e ricavare il valore del tempo effettuando la media.⁴

Se la ragazza cammina o corre abbastanza regolarmente i grafici che si ottengono sono i seguenti. (In ogni caso i grafici che si ottengono sono un buon punto di partenza).



I grafici così costruiti non dovrebbero più risultare astratti perché riportano le distanze dello studente che si muove, ad esempio ogni dieci metri (o anche meno), e il tempo rilevato al

³ Sull'uso del termine "distanza" si veda quanto si dice a pagina 35 su "lunghezza del percorso" o "lunghezza del tragitto".

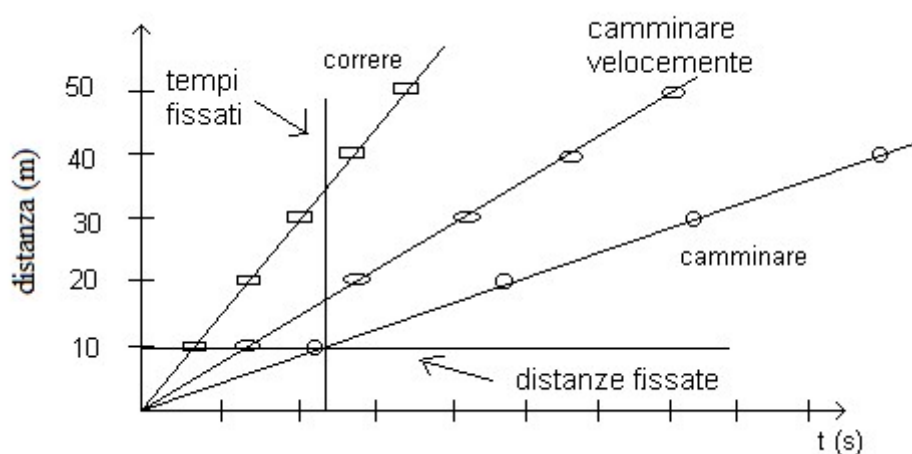
⁴ In appendice 2 un esempio di un'esperienza realizzata con i dati presi dagli studenti durante una prova svolta nel giardino della scuola e i relativi grafici.

passaggio. Le posizioni, in corrispondenza delle quali si prende il tempo, sono utili per calcolare le distanze percorse. Il confronto avviene fra tre modalità di percorrere la traiettoria che manifestano con immediatezza una graduatoria in termini di velocità; i punti sul grafico acquistano un preciso significato fisico.

10. Si chieda qual è la linea, relativamente ad ogni sequenza di dati, che sembra descrivere meglio l'andamento dei punti sul grafico.

Compatibilmente con l'errore dovuto alle tante approssimazioni sperimentali (utile individuarle e discuterle) si noterà che i punti di una stessa serie tendono a stare su una retta. Questa parte del percorso consente di fare un utile collegamento con la programmazione di matematica, in particolare con la trattazione della proporzionalità diretta e della rappresentazione di rette sul piano cartesiano che può essere utile svolgere in parallelo.

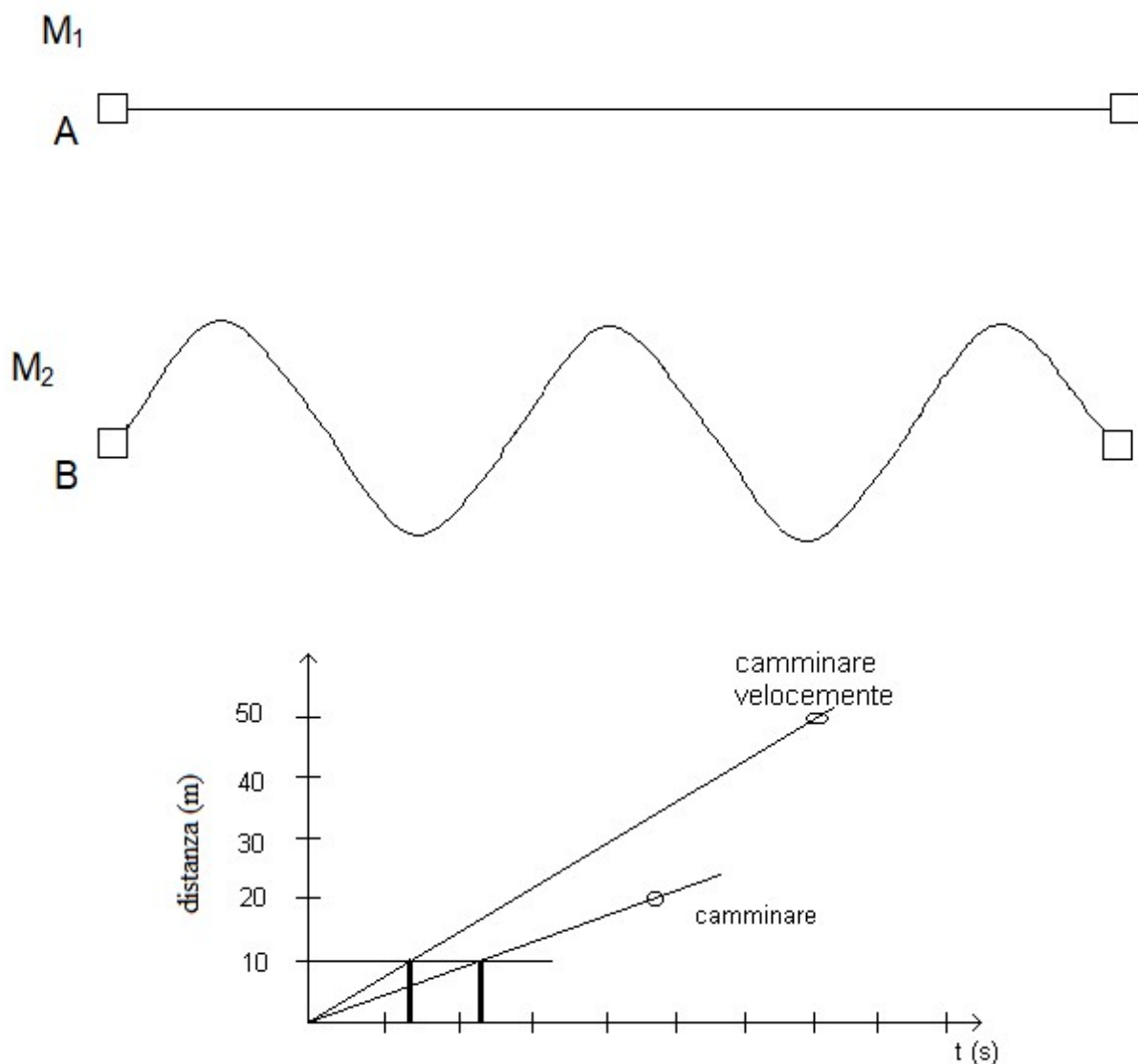
Chi è il più veloce fissata la distanza percorsa? Chi è il più veloce fissato il tempo impiegato?



Diventa ora “visibile” il confronto fra le diverse velocità. E’ importante che, oltre a saper costruire il grafico, gli studenti siano anche in grado di saperlo leggere. Diventa possibile un confronto fra velocità, anche nel caso in cui siano diverse sia le distanze percorse che i tempi impiegati.

11. Si può anche riflettere su un possibile confronto fra le velocità per i percorsi presentati nella prima parte (Spostamento e traiettoria) per introdurre il movimento. Se M_1 cammina di passo normale e M_2 cammina di passo svelto, si realizza una situazione in cui sia i tempi sia le distanze sono diverse ma il confronto in termini di velocità è ancora possibile per mezzo del grafico.

(Nel percorso B gli angoli sono stati smussati per facilitare, agli studenti, la possibilità di percorrerlo con velocità costante nel caso si intenda sperimentare anche questo confronto).



Si può definire “più veloce”, quello che percorre una distanza maggiore in un dato tempo,

ad esempio nell'unità di tempo.

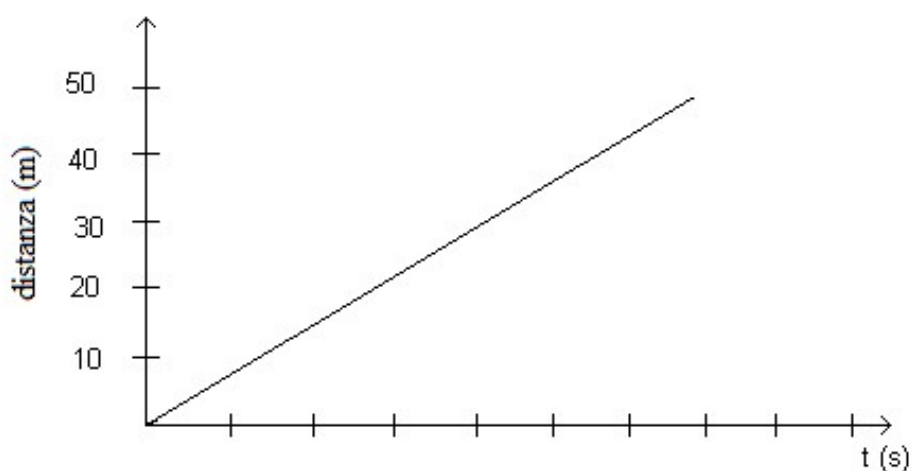
II PARTE

Gli studenti possono adesso approfondire le loro conoscenze, generalizzando quello che hanno appreso allo studio di semplici moti vari.

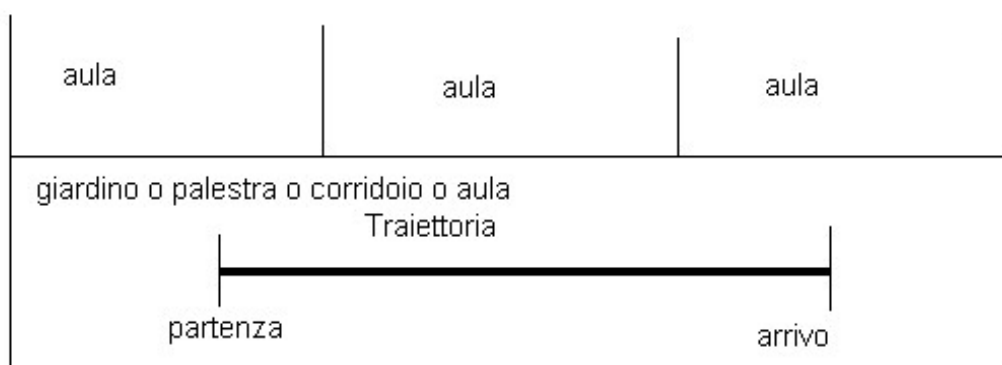
Il punto di partenza sono i grafici che, in questo contesto, costituiscono il linguaggio essenziale per la descrizione dei moti che verranno studiati e che si dimostreranno un valido strumento per la comprensione del fenomeno fisico in studio; ma ribaltando il punto di vista, il percorso può anche fornire un valido ausilio alla comprensione dei grafici stessi sviluppando nello studente non solo la capacità di costruire rappresentazioni grafiche ma anche di interpretarle.

1. Riproponete una delle situazioni già affrontate nella prima parte, ad esempio il caso dello studente che cammina di “passo regolare” (da ora in poi diciamo a “velocità costante”; possiamo utilizzare il termine velocità ma ricordando che ancora non la abbiamo definita con una formula) su un percorso fissato con i compagni che prendono i tempi di passaggio alle distanze intermedie.

Fate quindi riportare, dagli studenti, i dati su un grafico spazio-tempo. Il risultato che dovrebbero ottenere è riportato in figura.



2. Chiedete adesso agli studenti di tracciare su una pianta della classe il tragitto percorso, cioè la traiettoria. La traiettoria in questo caso risulta rettilinea come riportato nella seguente figura.



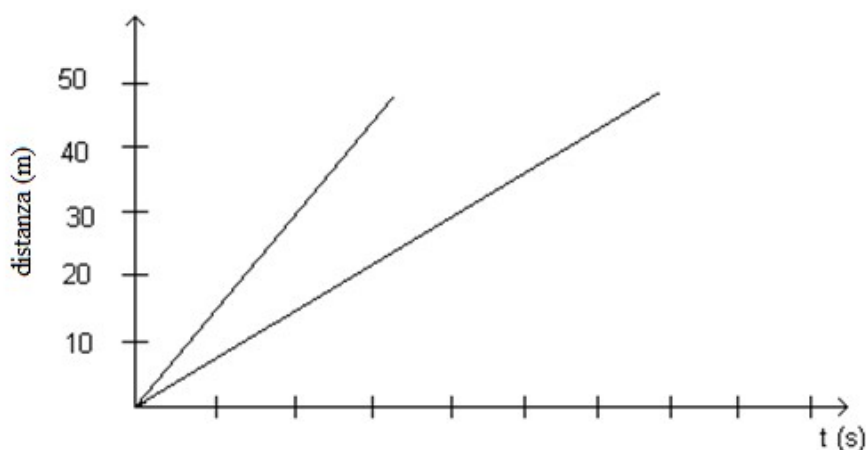
3. Chiedete agli alunni se la linea riportata sul grafico, ottenuta con i dati riportati in tabella, coincide con la traiettoria.

Non è detto che tutti gli studenti forniscano la risposta corretta, probabilmente per molti di loro l'evidenza percettiva della traiettoria effettivamente percorsa è più forte della rappresentazione grafica. In questo caso è opportuno presentare agli studenti una prima situazione problematica che metta in evidenza la differenza fra le due linee tracciate.

4. Fate percorrere la stessa traiettoria a una diversa velocità costante (ad esempio

di passo regolare ma un po' più svelto), e fate riportare nello stesso grafico i nuovi dati.

(L'insegnante può anche organizzarsi in modo tale da non dover ripetere tutte le volte nuove prove, ma riutilizzare i vecchi dati).

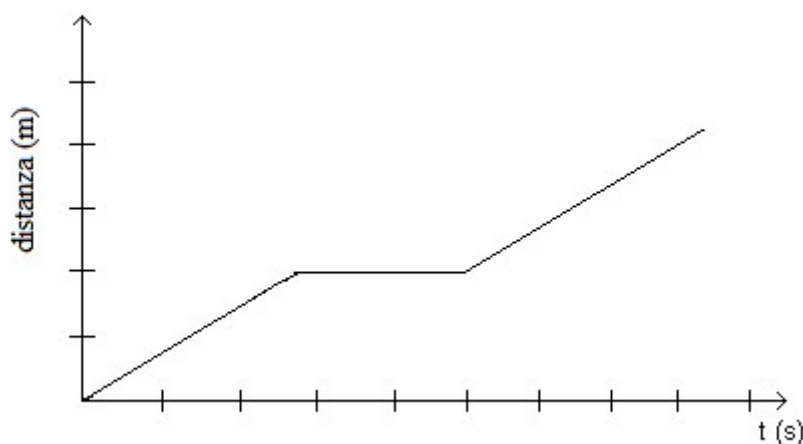


5. Riproponete la domanda del punto 3.

Risulta adesso evidente che mentre la traiettoria resta immutata, le linee del grafico variano al variare della velocità. Infatti mentre la traiettoria dà informazioni sul cammino percorso, il grafico spazio-tempo dà informazioni sulla velocità con cui tale cammino è stato percorso.

6. Sempre sulla stessa traiettoria, fate camminare un'alunna a velocità costante, quindi fatela fermare per alcuni secondi, per esempio all'altezza di uno degli studenti che lungo il percorso prendono i tempi di transito, quindi fatela ripartire sempre a velocità costante. Riportati i dati in grafico si ottiene il seguente andamento:⁵

⁵ Per la stessa prova fatta con il sensore di movimento si veda l'appendice 3.



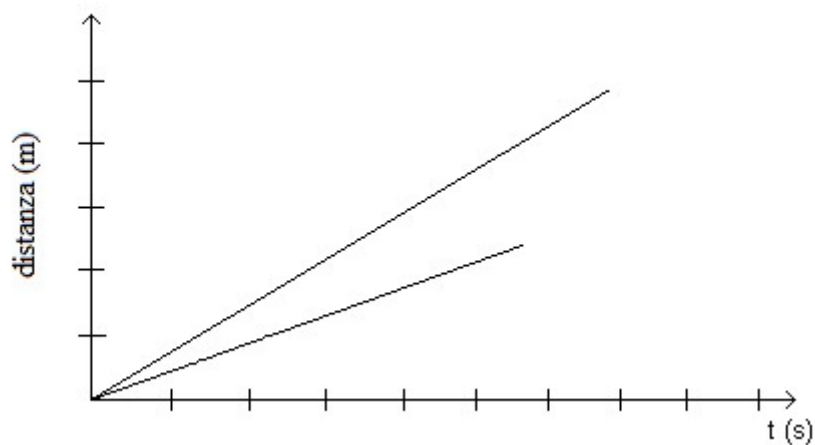
In questo caso la differenza con la traiettoria risulta ancora più marcata rispetto al caso precedente e dovrebbe convincere gli studenti della differenza fra le due rappresentazioni. Alcuni studenti, posti di fronte al grafico precedente, affermano che "non si è andati dritti". È utile far riflettere gli studenti che nel "tratto orizzontale" la "posizione" dello studente non è variata.

7. Ricordando che questo tipo di rappresentazione fornisce informazioni sulla velocità, si può ora chiedere che cosa rappresenta il tratto orizzontale del grafico.

Gli studenti potrebbero a questo punto fornire la risposta corretta e indicare che nel tratto orizzontale, essendo il ragazzo fermo, la velocità è nulla.

Può essere di aiuto analizzare nuovamente i vecchi grafici, in cui si faceva un confronto fra velocità diverse, dai quali si ricava che i risultati "meno veloci" forniscono linee meno inclinate.

8. Con riferimento alla seguente figura, chi è il meno veloce/più lento?



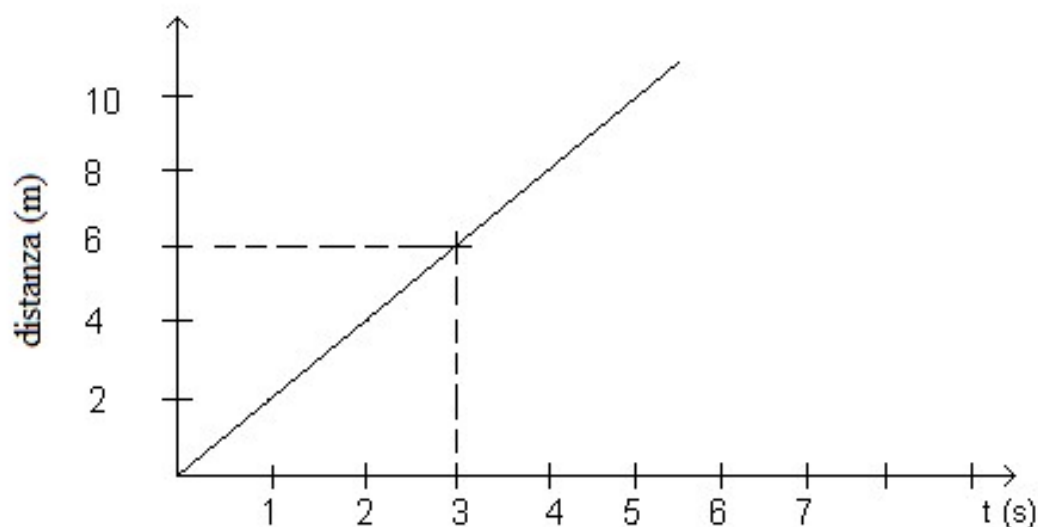
Fate anche tracciare una terza linea che rappresenti una velocità più piccola delle due riportate sul grafico. Nel caso limite di velocità nulle che linea si dovrà tracciare?

9. Fate tracciare una linea che rappresenti una velocità maggiore di tutte quelle riportate fino a ora. Nel caso limite di velocità “infinita” che linea si dovrà tracciare?

I ragazzi dovrebbero essere adesso in grado, non solo di costruire, ma anche di interpretare un grafico relativo alla velocità.

10. A questo punto è possibile lavorare con moti vari più complessi in cui lo studente, o qualche oggetto in movimento, compie un moto con velocità diverse da tratto a tratto. Il grafico tracciato potrà mettere in evidenza le caratteristiche del moto.

11. Il grafico rappresenta un oggetto che si muove con velocità costante.



Sapendo, come si ricava anche dal grafico, che l'oggetto percorre in 3s una distanza di 6m è possibile ricavare la distanza percorsa in un secondo? Come si può fare?

12. Realizza, ricavando i dati dal grafico, una tabella che metta in relazione le distanze percorse con i tempi impiegati.

distanza metri	tempo secondi	distanza/tempo metri/secondi
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	

Riempi la terza colonna della tabella con i dati a tua disposizione. Cosa osservi a proposito dei valori della terza colonna? I dati ricavati danno qualche indicazione sul fatto che in questo caso il rapporto è costante? In che relazione sono questi dati con la distanza percorsa dall'oggetto in un secondo?

13. Come possiamo definire la velocità dell'oggetto?⁶

Gli studenti sono così giunti a definire la velocità attraverso la formula, intendendo con d la distanza percorsa e con t il tempo impiegato.

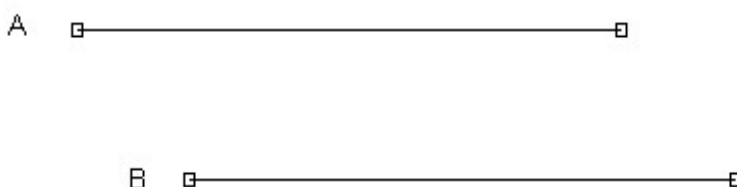
$$v = \frac{d}{t}$$

14. Il grafico che riporta le diverse posizioni occupate nel movimento e i relativi tempi e la formula “distanza percorsa/tempo impiegato” forniscono lo stesso risultato in termini di velocità?

Prove di verifica

Prove relative alla prima parte

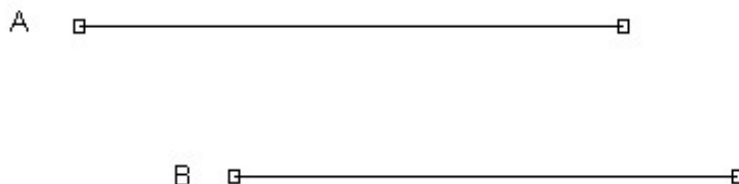
1. Presentate agli studenti due traiettorie di uguale lunghezza. Dite loro che il tempo impiegato dall'oggetto che percorre A è maggiore del tempo impiegato dall'oggetto su B.



⁶ Il termine velocità è utilizzato nel capitolo ma soltanto quando si arriva al punto 13 giunge il momento di definire la velocità come rapporto d/t . Si può riflettere sul fatto che un termine può essere utilizzato nel linguaggio comune ma acquista uno specifico significato in ambito scientifico soltanto quando se ne dà una precisa definizione operativa.

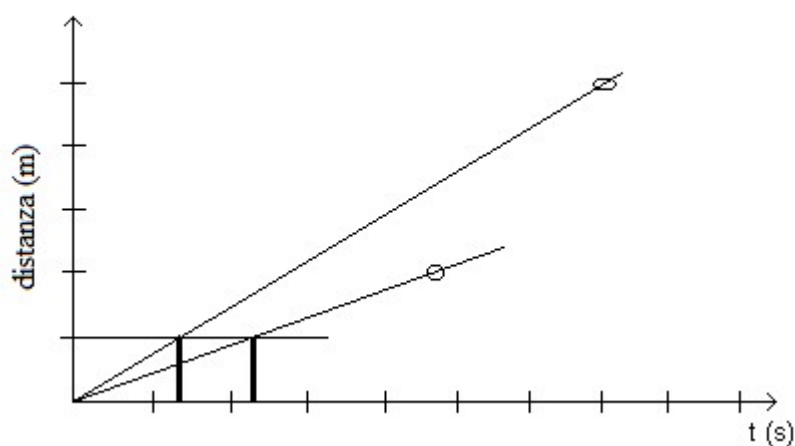
Chiedete agli studenti di indicare chi è il più veloce e perché.

2. Presentate due traiettorie diverse per lunghezza. Dite agli studenti che il tempo impiegato dai due oggetti a percorrere le traiettorie è uguale.



Chi è il più veloce? Perché?

3. Fornendo agli studenti gli opportuni dati, fate costruire un grafico come quello riportato in figura.



Chiedete agli studenti di indicare il più veloce.

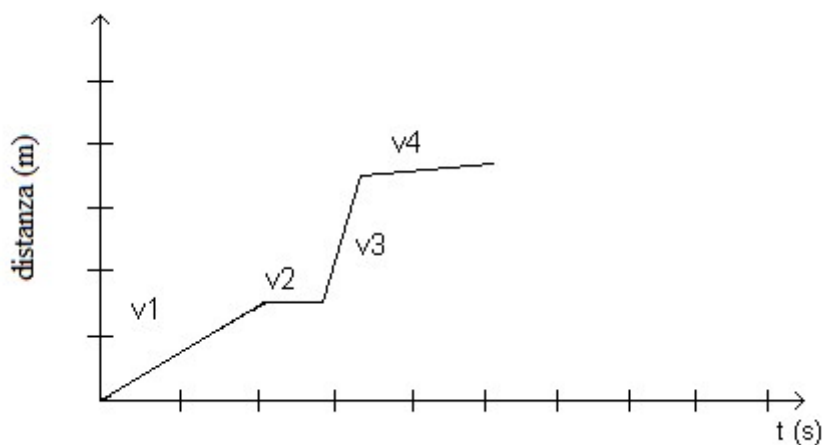
4. Con riferimento al grafico dell'esercizio 5, fissate il tempo e chiedete di determinare le distanze percorse, oppure fissate la distanza percorsa e chiedete di

determinare i tempi impiegati.

5. Sempre utilizzando il grafico precedente, chiedete agli studenti di ricostruire una tabella ricavando, ad esempio, le distanze percorse in corrispondenza di tempi fissati. In questo caso si richiede il percorso inverso di quello che viene normalmente proposto allo studente, cioè il passaggio dal grafico alla tabella.

Prove relative alla seconda parte

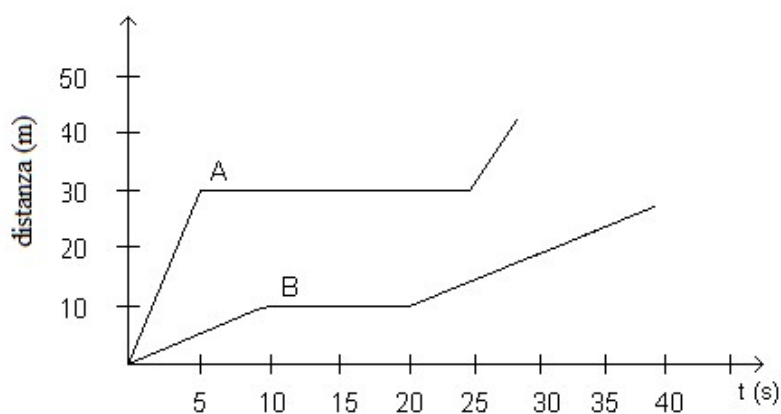
6. Un corpo si muove su una traiettoria rettilinea con una velocità che varia da tratto a tratto secondo l'andamento riportato nel grafico.



Ordina le quattro velocità dalla maggiore alla più piccola.

7. A e B rappresentano i moti di due oggetti diversi; per quanto tempo stanno fermi?

Che distanza hanno percorso quando si fermano?



Chi si ferma prima? Chi riparte prima?

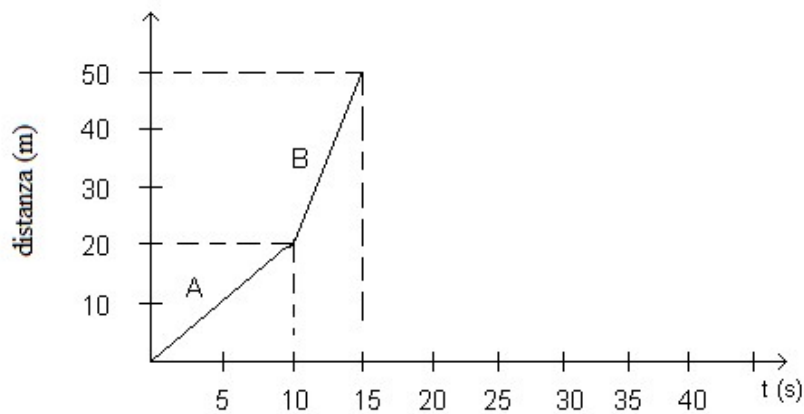
8. Quando diciamo che un oggetto ha una velocità di 6m/s che cosa intendiamo dire?

9. Proporre una situazione in cui non sono uguali né le distanze percorse né i tempi impiegati, come si fa a stabilire chi è il più veloce?

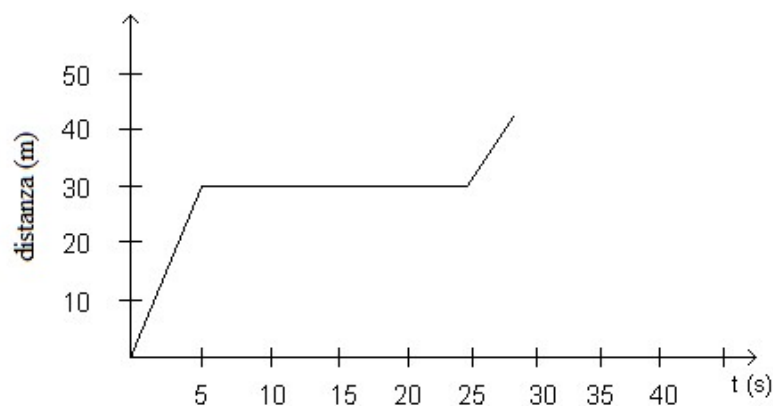
10. In una corsa a staffetta il primo corridore A percorre una certa distanza e poi lascia il testimone a un secondo corridore B.

Qual è la distanza percorsa e il tempo impiegato dal primo corridore A? Qual è la distanza percorsa e il tempo impiegato dal secondo corridore B?

Ricava la velocità del primo e del secondo corridore.



11. Con riferimento al grafico, qual è la distanza percorsa nell'intervallo di tempo che vada 5s a 25s? Quanto dura questo intervallo di tempo? Calcola la velocità dell'oggetto in questo tratto.



Altri problemi sul moto a velocità costante

Calcoli ed equivalenze di riscaldamento

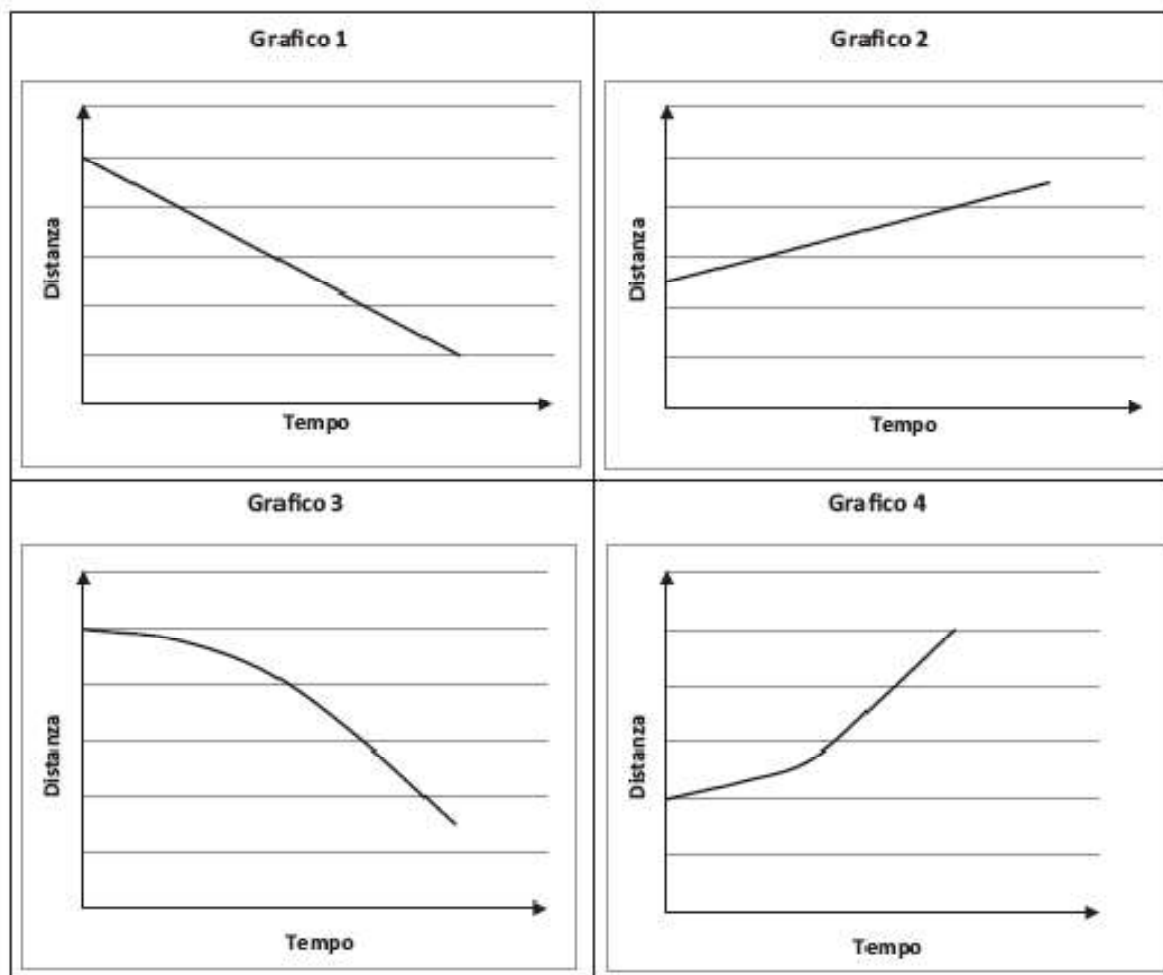
- 1) Calcola la velocità media, espressa in km/h di un'automobile che percorre 300 m in 5 s.
- 2) In quanto tempo un ciclista che pedala alla velocità media di 44 km/h percorre una distanza di 150 km? E quanto tempo impiega a percorrere una distanza di 300 m?
- 3) Qual è la distanza percorsa in 25' (minuti!) da un treno che viaggia alla velocità media di 130 km/h?
- 4) Una moto viaggia alla velocità di 50 m/s. Determinare la velocità in km/h e la distanza percorsa in 15 min. [180km/h; 45km]
- 5) Due automobili viaggiano di moto uniforme lungo due strade rettilinee e perpendicolari. Calcolare a quale distanza, in linea d'aria, si trovano dopo 10 min, supponendo che le automobili siano partite nello stesso istante dall'incrocio delle due strade con velocità rispettivamente di 90 km/h e 144 km/h [28,3 km]
- 6) Dall'orario ferroviario del Piemonte si ricavano i seguenti dati:
 - La stazione di Asti dista da quella di Torino Porta Nuova 56 km
 - Il treno Intercity che parte da Torino P.N. alle 7.50 arriva ad Asti alle 8.20
 - Il treno regionale che parte da Torino P.N. alle 8.20 arriva ad Asti alle 9.23Quanto tempo impiega l'intercity ad arrivare (30' = 0,5 h), e a quale velocità media si muove ($V = 56 \text{ km} : 0,5 \text{ h} = 112 \text{ km/h}$)?
Quanto tempo impiega il regionale (1 h 03' = 63' = $63 : 60 = 1,05 \text{ h}$), e quale è la sua velocità media ($56 \text{ km} : 1,05 \text{ h} = 53,33 \text{ km/h}$)?
Nel momento in cui l'intercity arriva a destinazione quanti km ha percorso il regionale?
- 7) Qual è stata la velocità media di U. Bolt quando ha stabilito il record mondiale dei 100 m piani, percorrendoli in 9" 58? Esprimi la velocità in km/h.
- 8) Un'auto viaggia per 240 km alla velocità media di 60km/h e per successivi 240 km alla velocità media di 120 km/h. Calcolare la velocità media durante l'intero percorso e il tempo impiegato a percorrerlo [80 km/h; 6h]

Dalle Prove Invalsi

Dalla PN 2014

D9. Due treni viaggiano uno verso l'altro con velocità costanti.

Individua fra i seguenti grafici quello che descrive come varia la distanza fra i due treni al passare del tempo.



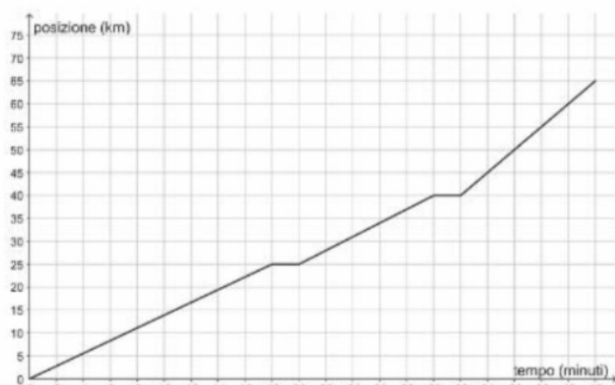
- A. ☐ Grafico 1
B. ☐ Grafico 2
C. ☐ Grafico 3
D. ☐ Grafico 4

Dalla PN 2019 (V scuola secondaria di secondo grado)

Domanda

Il grafico seguente rappresenta la posizione di un treno in funzione del tempo nel percorso dalla stazione di Bologna alla stazione di Reggio Emilia.

Durante il percorso il treno effettua due fermate intermedie: la prima a Castelfranco e la seconda a Modena.



Domanda 1/2

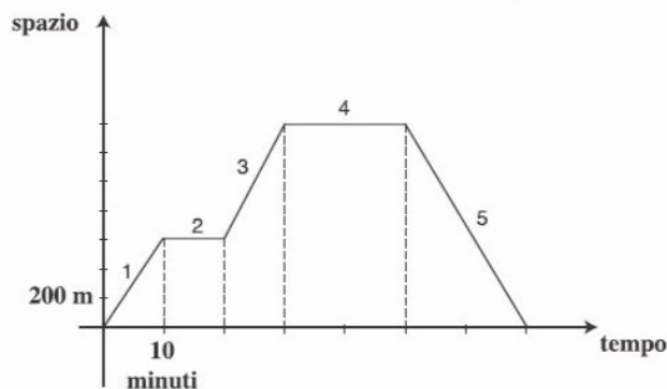
Sulla base del grafico indica se ciascuna delle seguenti affermazioni è vera (V) o falsa (F).

Fai riferimento al grafico a sinistra e clicca su una alternativa in ogni riga.

	V	F
1. In ognuna delle stazioni intermedie il treno si ferma per due minuti	☐	☐
2. Il percorso Castelfranco - Modena è lungo 40 km	☐	☐
3. Nel tratto Bologna - Castelfranco la velocità media è maggiore che nel tratto Modena - Reggio Emilia	☐	☐

Dalla PN 2010

D15. Manuela è uscita da casa per fare una passeggiata lungo un viale. Il grafico seguente rappresenta la posizione di Manuela in funzione del tempo.



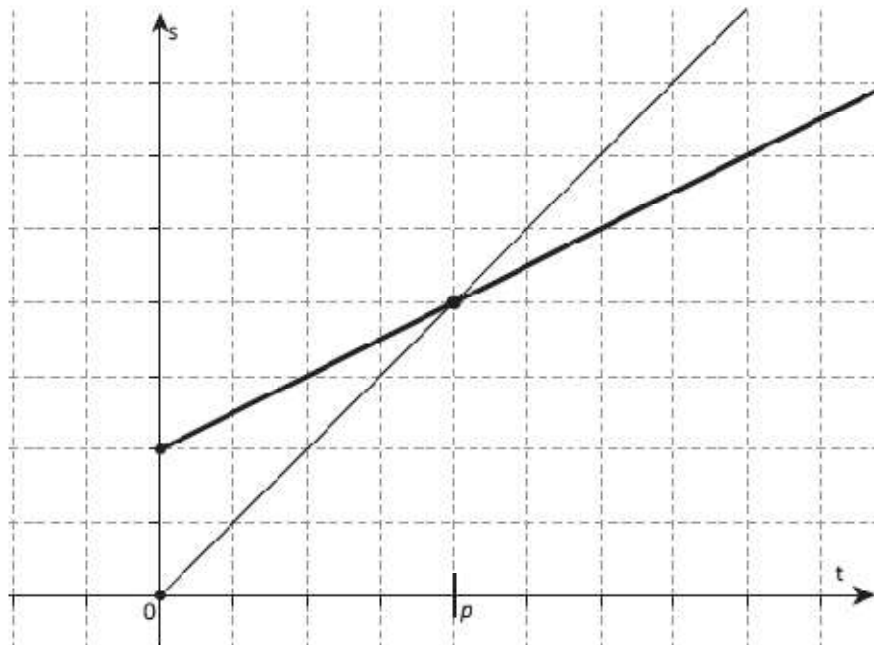
Indica se ciascuna delle seguenti affermazioni è vera o falsa.

	V	F
a. Il grafico mostra che Manuela nel tratto 3 ha camminato più velocemente che nel tratto 1	☐	☐
b. Il grafico mostra che Manuela nel tratto 5 è tornata indietro	☐	☐
c. Il grafico mostra che Manuela nel tratto 1 e nel tratto 5 ha camminato alla stessa velocità	☐	☐
d. In 70 minuti, comprese le soste, Manuela ha percorso 1400 metri	☐	☐

e. Osservando il grafico, quale informazione ricavi su quello che Manuela ha fatto nel tratto 2 e nel tratto 4?

Risposta:

D10. Il seguente grafico rappresenta il moto di due oggetti che si muovono sulla stessa traiettoria rettilinea.



a. Il grafico può rappresentare

- A. ☐ il moto di due oggetti che partono all'istante 0 da due posizioni differenti
- B. ☐ il moto di due oggetti che partono uno all'istante 0 e l'altro in un istante successivo
- C. ☐ il moto di due oggetti che partono all'istante 0 dallo stesso punto con velocità diverse
- D. ☐ il moto di due oggetti che viaggiano alla stessa velocità

b. Nell'istante p

- A. ☐ i due oggetti si trovano nello stesso punto
- B. ☐ i due oggetti hanno la medesima velocità
- C. ☐ i due oggetti hanno percorso lo stesso spazio a partire dall'istante 0
- D. ☐ i due oggetti si fermano

Dalla PN 2011

- D5.** Giovanni e Caterina si stanno allenando in piscina. Nuotano entrambi alla stessa velocità ma Giovanni ha cominciato più tardi ad allenarsi. Quando Giovanni ha fatto 10 vasche, Caterina ne ha fatte 30. Al termine dell'allenamento Giovanni ha fatto 50 vasche; quante ne ha fatte Caterina?

Risposta:

Dalla PN 2012

- E20.** L'autostrada A11 collega i caselli di Firenze-Peretola e di Pisa Nord con un percorso lungo 81 km. La seguente tabella riporta la distanza in chilometri di tutti i caselli autostradali dal casello di Firenze-Peretola.

km	Nome casello
0	Firenze-Peretola
4,2	Firenze Ovest
9	Prato Est
16,8	Prato Ovest
27,4	Pistoia
39	Montecatini Terme
46,4	Chiesina Uzzanese
49,3	Altopascio
57,2	Capannori
66	Lucca
81	Pisa Nord

- a.** Quali sono i due caselli autostradali più vicini fra loro?

- A. ☐ Firenze-Peretola – Firenze Ovest
B. ☐ Chiesina Uzzanese – Altopascio
C. ☐ Firenze Ovest – Prato Est
D. ☐ Altopascio – Capannori

- b.** Un automobilista entra in autostrada a Lucca ed esce al casello di Prato Ovest.
Qual è la distanza tra i due caselli?

Risposta: km

- c.** Giovanni ha percorso tutta l'autostrada A11 ad una velocità media di 100 km/h.
Quanto è durato l'intero viaggio?

- A. ☐ Circa un'ora e un quarto
B. ☐ Circa un'ora
C. ☐ Circa tre quarti d'ora
D. ☐ Circa mezz'ora

Dalla PN 2013

D18. La velocità del suono nell'aria è di circa 340 metri al secondo, di molto inferiore alla velocità della luce. Durante un temporale, un fulmine si scarica a terra. Mario vede il lampo e 3 secondi dopo sente il tuono.

a. A che distanza da Mario, all'incirca, si è scaricato il fulmine?

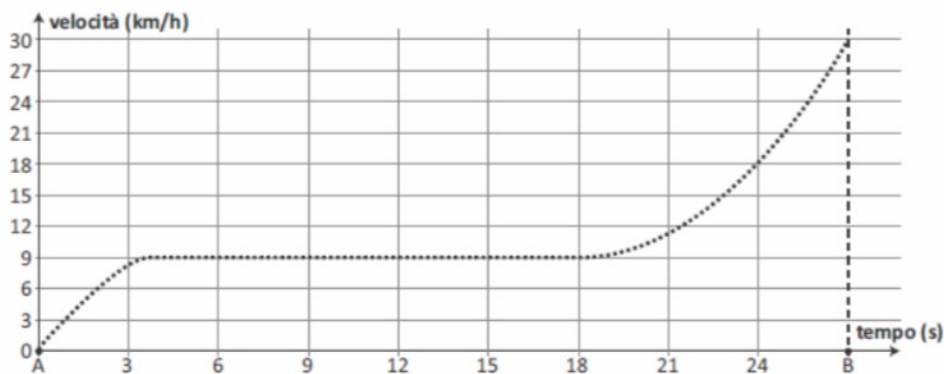
Risposta: metri

b. Dopo quanto tempo Mario avrebbe sentito il tuono se il fulmine si fosse scaricato a una distanza di circa 1,7 km da lui?

Risposta: secondi

Dalla PN 2015

D14. Luca percorre una strada in bicicletta e, con l'aiuto del computer, registra la propria velocità ogni decimo di secondo. Il grafico in figura rappresenta le diverse velocità raggiunte da Luca al passare del tempo.



Qual è la moda delle velocità raggiunte da Luca tra l'istante A e l'istante B?

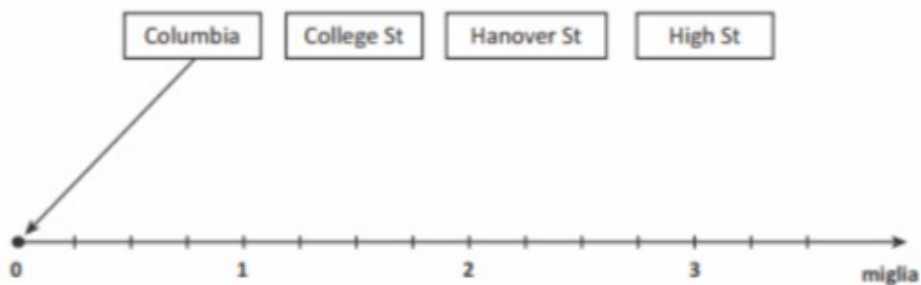
Risposta: km/h

Dalla PN 2017

- D4. In figura viene riportato un cartello stradale americano che indica le distanze (in miglia) di tre località disposte lungo la stessa strada dall'uscita Columbia. Ad esempio, la distanza $1\frac{1}{2}$ corrisponde a $1 + \frac{1}{2}$ miglia.

Columbia EXITS	
College St	$1\frac{1}{2}$
Hanover St	$2\frac{1}{4}$
High St	3

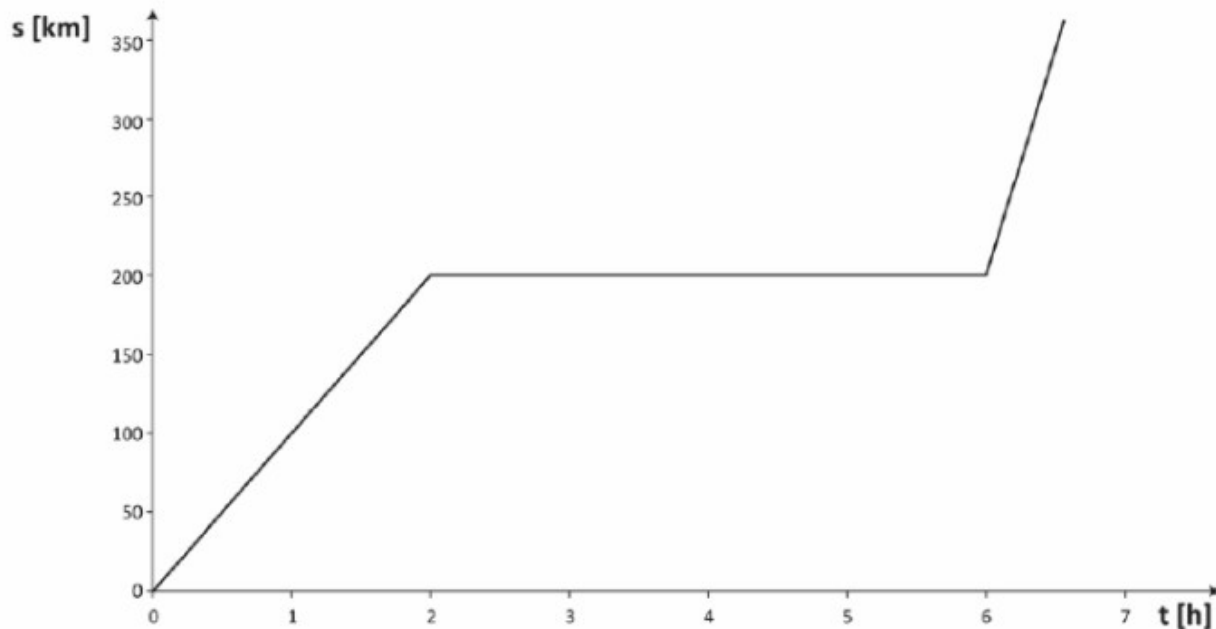
- a. Collega con una freccia i riquadri corrispondenti alle località con la loro posizione sulla strada.



- b. John esce all'uscita Columbia e vuole raggiungere College St. Se viaggia alla velocità media di 15 miglia all'ora, quanto tempo impiega?

- A. ☐ 6 minuti
B. ☐ 9 minuti
C. ☐ 12 minuti
D. ☐ 15 minuti

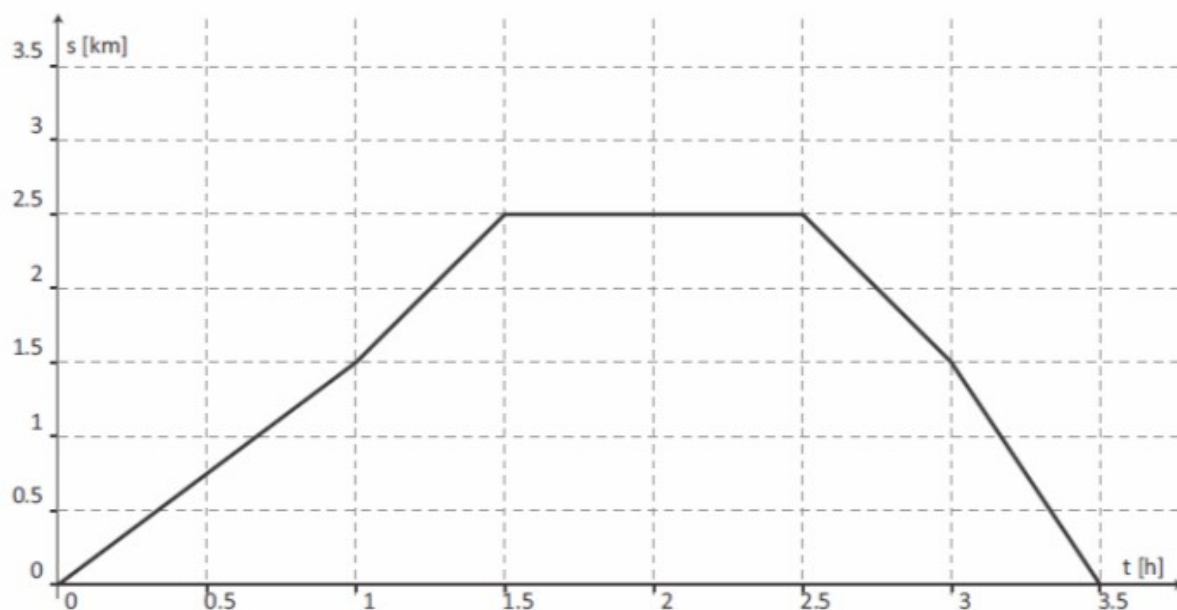
D28. Il seguente grafico rappresenta le posizioni assunte da un corpo in funzione del tempo. La posizione s è espressa in chilometri (km) e il tempo t in ore (h).



Quale fra le seguenti è una corretta descrizione del movimento del corpo?

- A. ☐ Si muove con velocità costante per 2 ore, poi si ferma per 6 ore e infine riparte con una velocità maggiore di quella con cui si è mosso nelle prime 2 ore
- B. ☐ Si muove con velocità costante per 2 ore, poi si ferma per 4 ore e infine riparte con una velocità minore di quella con cui si è mosso nelle prime 2 ore
- C. ☐ Si muove con velocità costante per 2 ore, poi si ferma per 6 ore e infine riparte con una velocità minore di quella con cui si è mosso nelle prime 2 ore
- D. ☐ Si muove con velocità costante per 2 ore, poi si ferma per 4 ore e infine riparte con una velocità maggiore di quella con cui si è mosso nelle prime 2 ore

D27. Il seguente grafico rappresenta la posizione s (in km) in funzione del tempo t (in h) di un oggetto che si muove su una traiettoria rettilinea.



Indica se ciascuna delle seguenti affermazioni è vera (V) o falsa (F)

		V	F
a.	L'oggetto ha impiegato 3,5 h per compiere l'intero percorso	☐	☐
b.	L'oggetto ha percorso in totale 2,5 km	☐	☐
c.	L'oggetto è rimasto nella stessa posizione per 1 h	☐	☐
d.	Nella prima ora e mezza, l'oggetto si è mosso alla velocità media di circa 2,5 km/h	☐	☐

Appendice

Annotazioni e precisazioni per l'insegnante

Nella lingua inglese si usano due termini per indicare la velocità: *speed* e *velocity*. Questi termini sono usati in modo indifferente nell'inglese colloquiale, ma gli autori dei manuali di fisica fanno una distinzione fra i due nella definizione della velocità media che qui è utile riportare.

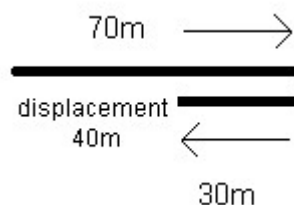
La *average speed*⁷ di un oggetto è definita come la distanza (*distance*) “d” percorsa divisa il tempo impiegato a percorrere questa distanza. In simboli si può scrivere che:

$$\bar{v}_s = \frac{d}{t}$$

dove $\bar{v}_s$ è la *average speed*, d è la distanza percorsa e t il tempo impiegato. Nella definizione della *average speed* non si fa riferimento alla natura vettoriale della velocità ma soltanto al suo valore numerico (*magnitude*). Si tratta di una grandezza che può essere utilmente utilizzata come primo passo per la costruzione del concetto di velocità che poi sarà raffinato in seguito.

L'introduzione della velocità vettoriale richiede, per gli autori di lingua inglese, il passaggio al termine *velocity*. In questo caso la definizione di velocità media non fa più riferimento alla distanza percorsa intesa come lunghezza del percorso sulla traiettoria ma a quello che loro chiamano *displacement* e che noi potremmo tradurre con spostamento o anche con distanza fra il punto di partenza e di arrivo. Il *displacement* è inteso come il cambiamento nella posizione di un oggetto.

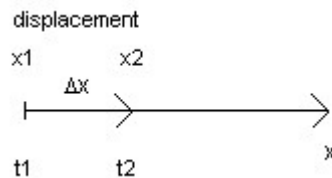
Faccio un esempio. Una persona cammina su una traiettoria rettilinea per 70m, poi gira e torna indietro di 30 m.



La distanza percorsa è pari a 100m ma il *displacement*/spostamento è di 40m perché la persona è soltanto a 40m dal punto di partenza.

Il modulo della *average velocity* $\bar{v}$ è definito come il rapporto fra il *displacement* e il tempo impiegato.

⁷ Le seguenti considerazioni sono riprese dal testo di Douglas C. Giancoli, Physics, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1989, Second Edition.



Molti testi, facendo riferimento alla natura vettoriale e alla necessità di definire un sistema di riferimento, indicano il *displacement* con Δx .

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

(Nel passaggio ai vettori il *vector displacement* diventa: $\vec{\Delta x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$)

Nell'esempio sopra riportato della persona che cammina per 70m in un verso e per 30m nel verso opposto, supponiamo in 80s, la *average speed* è:

$$\bar{v}_s = \frac{d}{t} = \frac{100m}{80s} = 1,25 \frac{m}{s}$$

Il modulo della *average velocity* è:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{40m}{80s} = 0,5 \frac{m}{s}$$

Il modulo della *average velocity* è inferiore alla *average speed* perché, in definitiva, dopo 80s ci si trova "soltanto" a 40m dalla posizione di partenza.

In alcuni casi le due definizioni di velocità media portano allo stesso risultato, se la persona dell'esempio precedente, continua a camminare per 100m nello stesso verso, anche il *displacement* è pari a 100m. Inoltre, nel passaggio alla velocità istantanea, il modulo della *instantaneous velocity* è uguale alla *instantaneous speed* perché al tendere del Δt a zero l'infinitesimale *displacement* non differisce dalla infinitesimale distanza percorsa lungo la traiettoria.

La puntualizzazione sull'uso di termini inglesi è necessaria per distinguere fra i due concetti di velocità media. La *average speed* è qui utilizzata per introdurre il concetto di velocità e con il termine velocità si fa riferimento alla *average speed*. In seguito, introdotti i vettori, si potrà passare alla *average velocity* per poi approdare alla *instantaneous velocity*. Il concetto di velocità istantanea è quindi il punto di arrivo, ma per far questo è necessario ripercorrere il cammino che parte dalla *average speed*. Proprio per non creare confusione, il fatto che in italiano si utilizzi sempre il solo termine velocità rafforza l'esigenza di approfondire in momenti diversi la velocità media intesa come *speed*, come *velocity* e, infine, come velocità istantanea. Il punto di arrivo è la velocità istantanea ma il percorso che passa dalla velocità media, nelle sue declinazioni, è propedeutico e indispensabile. Questa considerazione sulla necessità di costruire i concetti in modo graduale vale non soltanto per la velocità, ma anche per i concetti di peso e massa o di peso specifico e

densità, tanto per fare qualche altro esempio. Detto in altre parole, la definizione di velocità, media o istantanea che sia, deve arrivare alla fine di un percorso che gli studenti devono compiere per familiarizzare con il concetto stesso nelle sue molteplici sfaccettature. Percorso che inizia alla scuola secondaria di primo grado, per poi completarsi alla scuola secondaria di secondo grado.

A proposito dell'introduzione al concetto di velocità media, dice Arons⁸:

“Il modo più comune per definire il concetto di velocità media è un’espressione del tipo: <<per velocità media in un dato intervallo di tempo si intende la variazione della posizione divisa per l’intervallo di tempo in cui ha avuto luogo lo spostamento [qui Arons si riferisce alla velocity]. Non vi è nulla in tutto ciò che sia sbagliato dal punto di vista logico, ma il fatto di iniziare la definizione con la frase <<la velocità media è...>> lascia in molti studenti l’impressione che il nome <<velocità>> in qualche modo venga prima, come se fosse qualche tipo di concetto di base che essi dovrebbero già conoscere, e che l’idea contenuta in $\Delta s/\Delta t$ venga in un secondo tempo. Non solo in questo caso, ma ogni volta che si introduce un concetto nuovo, l’insegnamento viene rafforzato in maniera significativa se ci si attiene al precetto <<prima l’idea e poi il nome>>”.

Un percorso sulla velocità deve approfondire anche termini di uso comune, ad esempio “distanza”, che acquisiscono un significato in uno specifico contesto. Nel volume del Prof. Manlio Mandò, *Lezioni di Fisica Generale, Parte Prima, I Fondamenti della Meccanica*, Libreria Universitaria, Bologna, 1968, si afferma:

“Fra i vari modi di definire un moto è particolarmente importante quello di assegnare la traiettoria (elemento puramente spaziale, geometrico, del moto) ed inoltre la cosiddetta equazione oraria, cioè la funzione $s(t)$, essendo s la distanza percorsa a partire da una certa posizione, misurata lungo l’arco della traiettoria (si pensi ad esempio alla carta su cui è segnato il tracciato di una ferrovia e all’orario che dà i tempi corrispondenti per quel certo treno)”.

Qui, il Prof. Mandò definisce la distanza come la lunghezza del percorso sulla traiettoria, anche se con il termine distanza, in ambito geometrico, ad esempio, si intende la lunghezza del segmento che congiunge due punti. Ma il Prof. Mandò, sta introducendo il concetto di velocità e, anche se si rivolge a studenti universitari, il suo uso del termine distanza va visto nel contesto. Prosegue:

“Definiremo moto uniforme quel moto in cui le distanze percorse (e misurate lungo la traiettoria) sono proporzionali ai tempi impiegati a percorrerle, qualunque siano i punti

⁸ Arnold B. Arons, *Guida all’insegnamento della fisica*, Zanichelli, Bologna, 1992.

estremi di queste distanze. [...] il rapporto costante $\frac{s}{t}$ prende il nome, come tutti sanno, di velocità per cui da ora in poi useremo il termine “v”.

Analizza, poi, il caso di un moto non uniforme:

“Abbiamo visto come sia possibile definire la nuova grandezza velocità nel caso del moto uniforme, ma il concetto di velocità ha in sé qualcosa di intuitivo e noi siamo portati a parlare di velocità anche nei moti non uniformi, così p. es., in una corsa noi sappiamo che il moto dei corridori non è uniforme e diciamo che durante la volata finale la velocità è più grande che in altri momenti. Vediamo se è possibile precisare tale concetto intuitivo; intanto anche in una corsa si parla di velocità media definita allo stesso modo del moto uniforme e cioè $v_m = \frac{s}{t}$. Ma noi sappiamo che se prendiamo diversi tratti del percorso otterremo in generale valori diversi per la velocità media. Per esempio la velocità media in salita sarà minore che la velocità media in discesa, ma ciò non toglie che in qualche momento della discesa (p. es. una brusca frenata per un ostacolo) la velocità possa essere minore di quella di qualche tratto di salita o addirittura nulla se il corridore p. es. si ferma a cambiare una gomma.”.

È evidente che il passaggio successivo sarà quello che porterà alla velocità istantanea, ma il percorso delineato nel testo è ben chiaro e partendo dalla “*distanza percorsa a partire da una certa posizione, misurata lungo l’arco della traiettoria*” e passando per la velocità di moti uniformi (ma non necessariamente rettilinei) si arriva alla velocità media dei moti non uniformi.

Per un atleta che percorre un giro di pista e torna al punto di partenza ha senso definire la velocità media come la distanza percorsa lungo la traiettoria, che in questo caso è la pista, fratto il tempo impiegato, perché questa misura ci dà informazioni sulla “qualità dell’atleta”. Se definissimo soltanto la velocità come il rapporto fra *displacement* e tempo, per tutti gli atleti che percorrono un giro di pista avremmo un solo risultato: zero.

Il docente che lo desidera, può introdurre il termine “lunghezza del tragitto o lunghezza del percorso” al posto del termine distanza ma dovrà pur sempre chiarire agli studenti che si può parlare di “*distanza percorsa a partire da una certa posizione, misurata lungo l’arco della traiettoria*” (cioè la lunghezza del percorso) e di distanza come “*lontananza dal punto di partenza e di arrivo o lunghezza del segmento che unisce il punto di partenza e di arrivo*”. Per entrambi gli usi del termine distanza è necessario un chiarimento e una contestualizzazione perché non si può pretendere che i giovani studenti siano portati a farsi un’idea chiara dell’uso di questo termine se prima non si sono indagate le due possibilità. Per portare un altro esempio, nella traduzione di un testo in lingua inglese per il

biennio della scuola superiore⁹ si parla di “distanza percorsa” intesa come la lunghezza complessiva del tragitto e di “spostamento, Δx ” per indicare il cambiamento di posizione cioè la differenza fra la posizione finale x_f e quella iniziale x_i : $\Delta x = x_f - x_i$.

Abbiamo visto l'utilità di definire una velocità media scalare per un atleta che percorre un giro di pista e torna al punto di partenza. Si legge su Wikipedia che le gare di corsa di atletica sono dette “gare su distanza”. Ad esempio i 400m piani che si svolgono al coperto su piste da 200m si completano su due giri, cioè tornando al punto di partenza. È vero che in questi casi si prendono i tempi, ma conoscendo la distanza percorsa lungo la traiettoria, cioè la lunghezza della pista, si può calcolare la velocità media. E anche la maratona è indicata come una gara di corsa sulla “distanza” di 42,195km.

Sulle nostre strade abbiamo sia sistemi di controllo della velocità istantanea (autovelox) che media (tutor) e quest'ultimo non fa riferimento ai soli tratti autostradali rettilinei (e non è che se superiamo il limite di velocità ma torniamo al punto di partenza non ci possono fare la multa).

Nel percorso didattico sulla velocità che segue, quasi sempre ci si muove su traiettorie rettilinee, ma al punto 8 si propone il confronto fra il movimento su due traiettorie circolari concentriche. Dopo quanto abbiamo detto, questo caso particolare può ancora essere proficuamente analizzato con le studentesse e gli studenti perché è una estensione del moto uniforme (se gli studenti camminano di passo costante) per traiettorie non rettilinee e, inoltre, introduce la riflessione sul sorpasso che è visto talvolta come una condizione indispensabile da alcuni alunni per dire che A va più veloce di B.

Nella parte iniziale sullo Spostamento e Traiettoria si mette a confronto una traiettoria rettilinea con una a forma di “merlo di castello”. La scelta di questa seconda traiettoria può sembrare curiosa ma, in questa prima parte del percorso, facilita la misurazione della lunghezza di un percorso, rispetto a una traiettoria curvilinea, poiché è composta di tanti segmenti. Poi nel percorso si parlerà quasi sempre di traiettorie rettilinee, ma al punto 11 della prima parte si riconsiderano le due traiettorie iniziali e si confrontano le velocità di percorrenza per mezzo di un grafico. Sull'asse verticale del grafico si riporta la distanza. Aver riflettuto e sperimentato nella prima parte permette di approfondire nella seconda parte. Particolarmente rilevante è il punto 6 dove si arriva a comprendere la differenza fra l'informazione contenuta nel grafico e la traiettoria percorsa. Alcuni studenti, visto il grafico, dichiarano di non essere andati abbastanza “diritti”. Qui si può richiamare il

⁹ James S. Walker, Fisica, primo biennio, Pearson, 2017.

confronto fra la traiettoria A e B del punto 11 della prima parte dove, pur in presenza di una traiettoria a “merlo di castello” percorsa a velocità costante, il grafico distanza-tempo è una retta e non tiene traccia della forma della traiettoria.

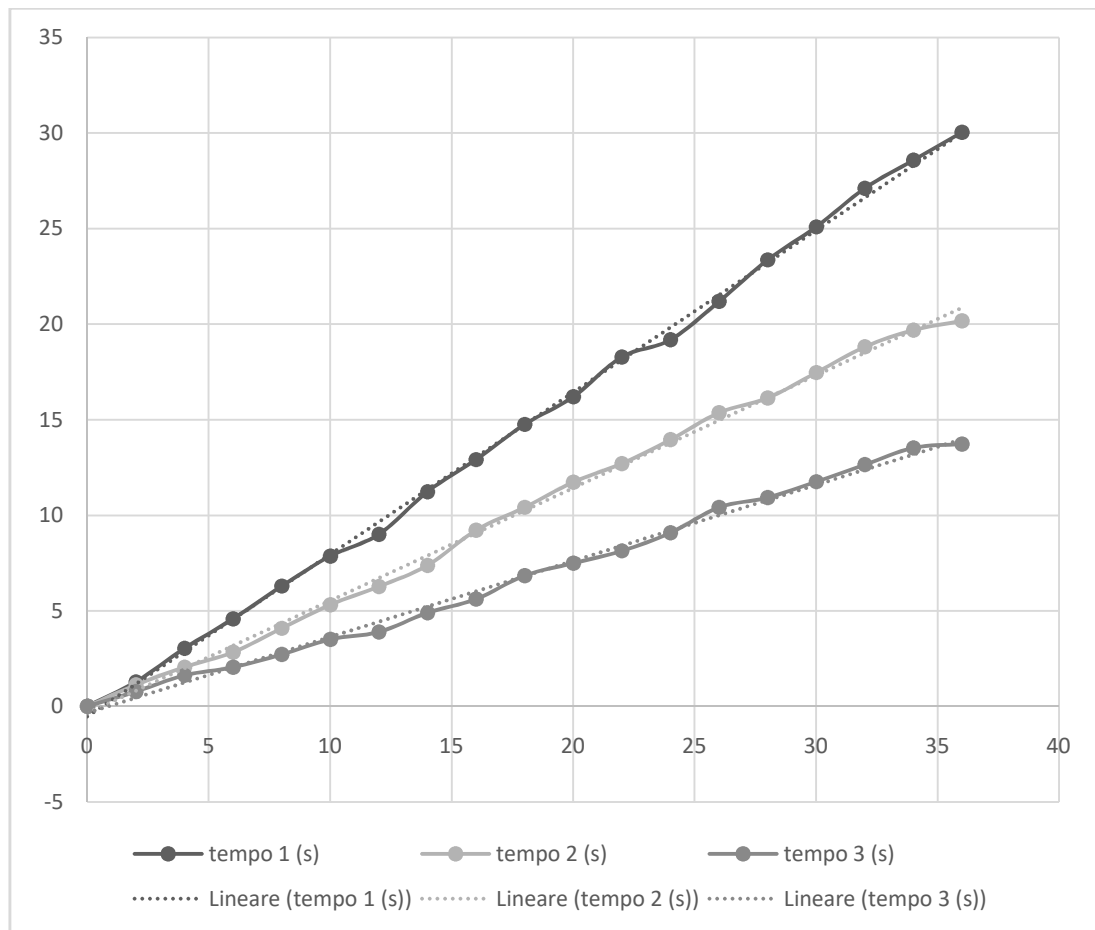
Appendice 2

Un esempio di dati elaborati dagli studenti

La tabella qui mostrata riporta i dati presi da una classe seconda liceo scientifico nell'anno scolastico 2022-23. In questo caso uno studente cammina, cammina svelto e corre mentre i suoi compagni di classe prendono i tempi al suo passaggio. La prova si è svolta nel cortile della scuola su una distanza totale di 36m con gli studenti posti a 2m di distanza l'uno dall'altro. I dati sono stati elaborati su Excel da una alunna.

	distanza (m)	tempo 1 (s)	d/t 1 (m/s)	tempo 2 (s)	d/t 2 (m/s)	tempo 3 (s)	d/t 3 (m/s)
becheri	0	0	0	0	0	0	0
panasci	2	1,28	1,563	1,12	1,786	0,77	2,597
fossi	4	3,03	1,320	2,05	1,951	1,62	2,469
cappelli	6	4,58	1,310	2,83	2,120	2,04	2,941
magherini	8	6,29	1,272	4,08	1,961	2,71	2,952
chelli	10	7,86	1,272	5,31	1,883	3,5	2,857
pelatti	12	9	1,333	6,27	1,914	3,89	3,085
miele	14	11,23	1,247	7,37	1,900	4,89	2,863
shyti	16	12,91	1,239	9,21	1,737	5,61	2,852
rossi	18	14,75	1,220	10,41	1,729	6,84	2,632
ceccherini	20	16,2	1,235	11,73	1,705	7,49	2,670
benvenuti	22	18,28	1,204	12,7	1,732	8,13	2,706
mazzuoli	24	19,18	1,251	13,95	1,720	9,08	2,643
menciassi	26	21,19	1,227	15,36	1,693	10,41	2,498
brogi	28	23,36	1,199	16,13	1,736	10,92	2,564
poggiali	30	25,09	1,196	17,46	1,718	11,75	2,553
baccani	32	27,11	1,180	18,81	1,701	12,64	2,532
giani	34	28,58	1,190	19,68	1,728	13,52	2,515
marcucci	36	30,04	1,198	20,17	1,785	13,72	2,624
medie			1,259		1,806		2,697

Nella pagina successiva è riportato il grafico. Come si può vedere i dati sono “decisamente buoni” per permettere un proficuo lavoro con gli studenti.



Appendice 3

La rilevazione del movimento col sensore di moto

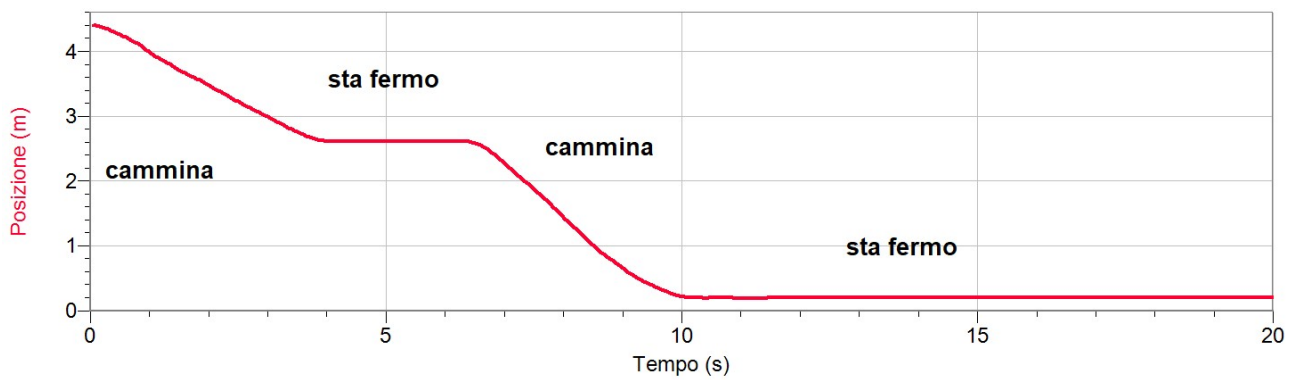
Con il sensore di moto a ultrasuoni è possibile rilevare il movimento di un oggetto e riportarlo in grafico con il software in dotazione al sensore.



Nelle foto si vede il sensore. Per riportare in grafico una traccia più pulita non si è puntato il sensore direttamente verso lo studente che cammina, ma verso una superficie piana verticale posta su un carrello guidato dagli studenti.



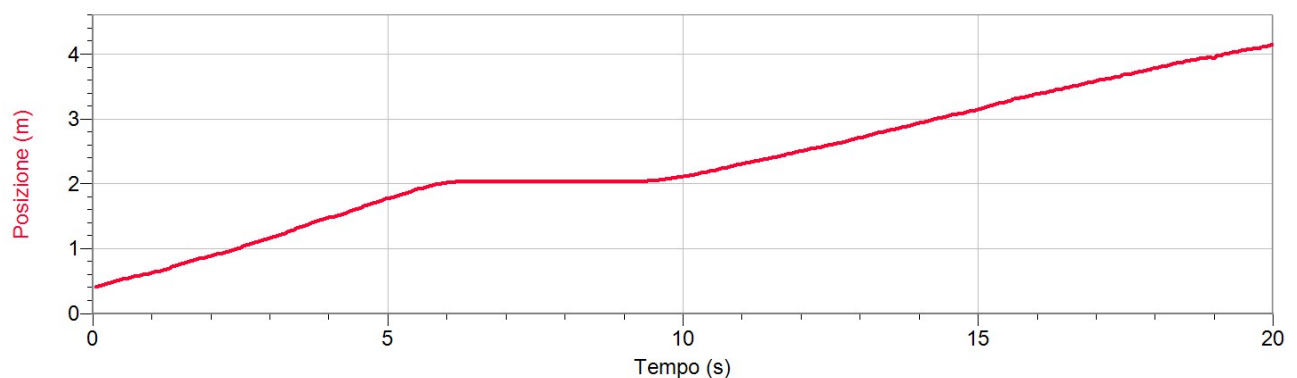
Si chiede allo studente o alla studentessa di camminare di passo regolare, di fermarsi e di riprendere a camminare di passo regolare. L'esperienza è stata realizzata nel laboratorio di fisica su una distanza di qualche metro.



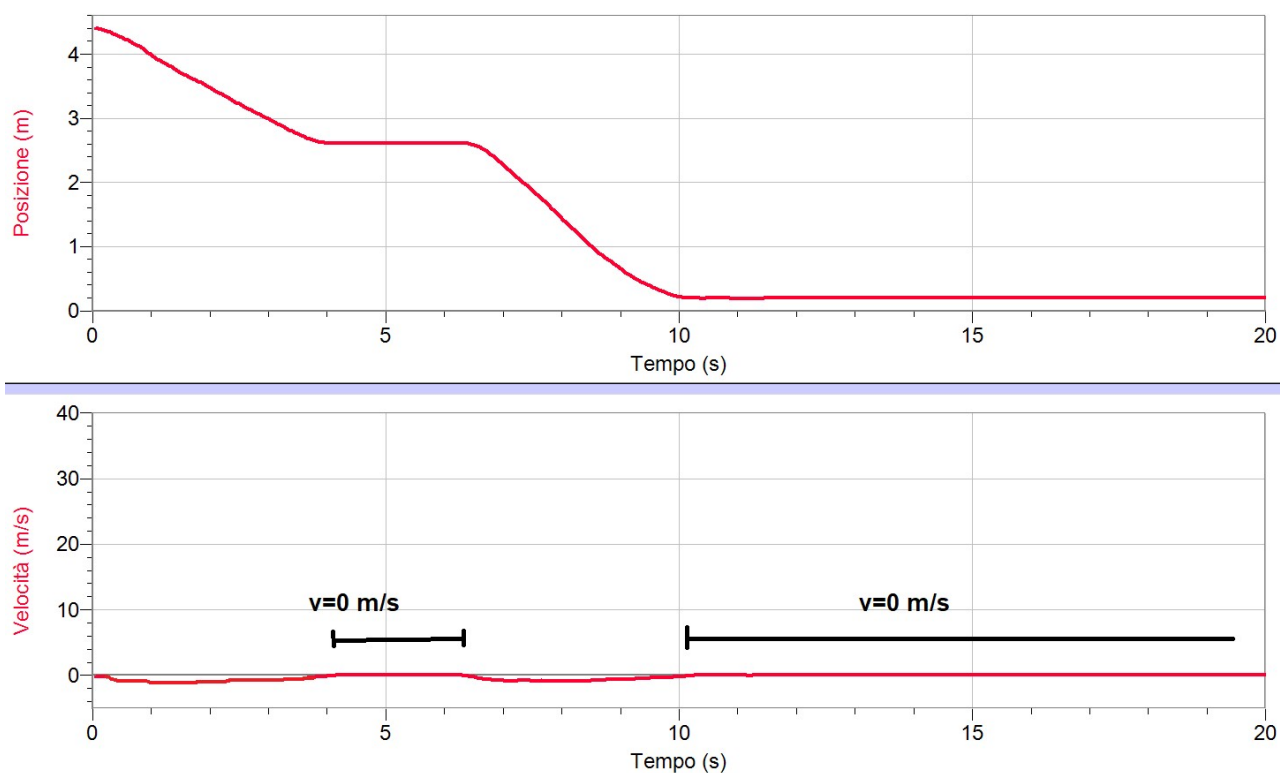
Nel grafico precedente lo studente è in avvicinamento al sensore. Il sensore fornisce anche una tabella tempo, posizione e velocità. Nell'immagine la posizione in funzione del tempo.

	Tempo (s)	Posizione (m)	Ultim
1	0,05	4,406	
2	0,10	4,394	
3	0,15	4,390	
4	0,20	4,367	
5	0,25	4,360	
6	0,30	4,346	
7	0,35	4,316	
8	0,40	4,299	
9	0,45	4,272	
10	0,50	4,259	
11	0,55	4,230	
12	0,60	4,215	
13	0,65	4,198	
14	0,70	4,168	
15	0,75	4,140	
16	0,80	4,118	
17	0,85	4,090	
18	0,90	4,052	
19	0,95	4,018	
20	1,00	3,995	
21	1,05	3,955	
22	1,10	3,910	

Nel grafico successivo si vede il moto di una studentessa che guida il carrello in allontanamento dal sensore.



Il sensore acquisisce anche la velocità. Nel seguente esempio si riporta il grafico della velocità nel caso del carrello che si allontana dal sensore.



Come si vede la velocità è diversa da zero quando lo studente cammina e uguale a zero quando è fermo. La velocità è negativa quando siamo in avvicinamento al sensore.