

«Fare scienza» alla secondaria di 1° grado: INTRODUZIONE ALLO STUDIO DEL MOTO

di Francesca Cabassi *

Iniziare lo studio di alcuni fenomeni fisici nella classe terza della scuola secondaria di primo grado risulta spesso un'esperienza negativa per i giovani studenti a causa di un approccio astratto, perché fondato sullo studio mnemonico delle cosiddette formule, sganciate dalla realtà dei fenomeni in esame.

L'autrice descrive un percorso relativo al moto rettilineo uniforme che, utilizzando strumenti linguistici diversificati, evita un apprendimento meccanico, favorendo invece l'intuizione e il ragionamento, sempre in relazione al dato di realtà.

* Docente di Matematica e Scienze presso la Scuola secondaria di primo grado "Achille Mauri" di Milano

In questo articolo ho riassunto il percorso realizzato nelle lezioni di Scienze tra settembre e ottobre dell'anno scolastico 2017/2018 nella classe terza come introduzione allo studio della fisica, argomento che i miei alunni non avevano affrontato in precedenza. Ho fatto riferimento al passo specifico delle Indicazioni Nazionali relativo ai Traguardi per lo sviluppo delle competenze: «l'alunno esplora lo svolgersi dei più comuni fenomeni, ne immagina e ne verifica le cause, sviluppa semplici schematizzazioni e modellizzazioni ricorrendo a misure appropriate e semplici formalizzazioni» e al passo degli Obiettivi specifici di apprendimento (OSA) - Fisica: «utilizzare i concetti fisici fondamentali in varie situazioni di esperienza, raccogliere dati su variabili rilevanti, trovare relazioni quantitative ed esprimerle con rappresentazioni formali di tipo diverso».

I contenuti che ho ritenuto come prerequisiti sono la costruzione di grafici nel piano cartesiano, il concetto di rapporto e la relazione di proporzionalità diretta.

Il percorso che descrivo è stato scandito in fasi successive concluse con una verifica sommativa che ha poi permesso di proseguire il lavoro di fisica affrontando un nuovo argomento: le forze.

Riporto nella descrizione delle fasi anche una documentazione del lavoro svolto attraverso esempi degli appunti e dei compiti, tratti dai quaderni dei ragazzi.

Descrizione di diversi moti

Dopo aver proposto alla classe alcuni video di «oggetti» in movimento (getto d'acqua di una fontana, palla lanciata, moto di un'auto in curva, rimbalzo di una pallina) ho chiesto ai ragazzi di scrivere cosa si muoveva e come, di disegnare il moto e descriverlo in modo sintetico.



Gli scopi di questa attività erano:

- capire che prima di descrivere il moto di un «oggetto» occorre decidere quale parte dell'«oggetto» osservare, per esempio il centro della ruota o un punto della gomma, e su quale moto concentrare l'attenzione, per esempio una palla lanciata può sia ruotare su se stessa sia compiere una parabola;
- introdurre il concetto di traiettoria a partire dal disegno che fissa le posizioni in cui è transitato l'«oggetto», nell'intervallo di tempo in cui avviene il moto;
- caratterizzare la traiettoria, con gli aggettivi che possono definirla: rettilinea, circolare, parabolica.

Durante lo svolgimento dell'attività ho osservato attentamente le reazioni di ciascun ragazzo in ordine alla consegna data. Alcuni alunni hanno disegnato l'«oggetto» e non il suo spostamento, infatti non è scontato rappresentare il moto di un «oggetto» nel tempo.

Guardando l'immagine della scia di un aereo i ragazzi riescono più facilmente a cogliere che la traccia lasciata dall'«oggetto» nel suo percorso è la traiettoria, hanno corretto quindi i loro disegni sintetizzando il movimento con una linea. Altri alunni hanno introdotto frecce per indicare con un simbolo la direzione e il verso del moto; è questo un passaggio interessante che porta già con sé il concetto di grandezza vettoriale.

Il concetto di velocità media

L'obiettivo di questa seconda fase era la costruzione di tabelle spazio-tempo e dei grafici relativi.

Ho chiesto ai ragazzi di portare i dati di posizione e tempo relativi alla partenza e all'arrivo di un viaggio compiuto nelle vacanze; sono stati raccolti in una tabella in classe e si sono confrontati. È apparso chiaro che per confrontare i viaggi non basta indicare la distanza percorsa, ma è necessario considerare anche in quanto tempo è stata percorsa.

A questo punto ho introdotto il concetto di velocità media e la relazione matematica relativa come rapporto tra lo spazio percorso e il tempo necessario a percorrerlo. Così abbiamo calcolato le diverse velocità medie relative ai viaggi proposti dagli alunni e le abbiamo potute confrontare.

In questo contesto, in cui i tragitti avvengono in un tempo di alcune ore, che probabilmente prevede soste o cambiamenti della velocità, (per esempio la velocità di decollo, di crociera e di atterraggio di un aereo) è stato facile far comprendere in modo intuitivo la differenza tra velocità media e velocità istantanea.

Per introdurre la rappresentazione della legge oraria del moto in un piano cartesiano e il confronto delle velocità dal grafico, ho preso in considerazione uno dei viaggi proposto dai ragazzi, Milano-Napoli, affrontato con diversi mezzi: macchina, treno ad alta velocità e aereo.

Da internet ho ricavato le informazioni sullo spazio percorso che può variare a seconda del mezzo utilizzato; infatti la traiettoria seguita è determinata dallo spazio effettivamente percorso: le corsie dell'autostrada, i binari del treno o la distanza in linea d'aria come rotta dell'aereo. Questa è stata l'occasione per introdurre la differenza tra lo spostamento che è la distanza in linea retta tra la posizione di arrivo e quella di partenza, che rimane la stessa nei tre casi e lo spazio effettivamente percorso lungo la traiettoria.

Riporto di fianco alcuni appunti tratti da una pagina del quaderno di un alunno.

31.19

VIAGGIO MILANO-NAPOLI, SENZA SOSTE
CON CHE MEZZO?
STESSO PUNTO DI PARTENZA E ARRIVO...
QUALE DISTANZA PERCORSA?

SPOSTAMENTO: distanza tra partenza e arrivo (dist. linea d'aria)

SPAZIO PERCORSO: dipende dal tragitto percorso dell'oggetto (autostrada)

AEREO $t = 1h 15min$ $t = 1,25h$
SPOST: distanza linea d'aria = 659km

SIN MACCHINA = 773km $t = 7h 20min = 7,3h$

SINTRENO = 779km $t = 4,6h$

(P) → SENZA SOSTE

$V_A = \frac{659km}{1,25h} = 527,2 km/h$ V_A ogni ora percorre 503km
Dopo 2h percorre 1006km

$V_M = \frac{773km}{7,3h} = 106 km/h$ V_M ogni ora percorre 106km
Dopo 2h 212km
Dopo 3h 318km

$V_T = \frac{779km}{4,6h} = 170 km/h$

COMPITO 5/10

Costruisci e completa una tabella per ogni mezzo con tempo e spazio percorso

1h
2h
3h Fino a 8h
Ipotesizzando la velocità costante

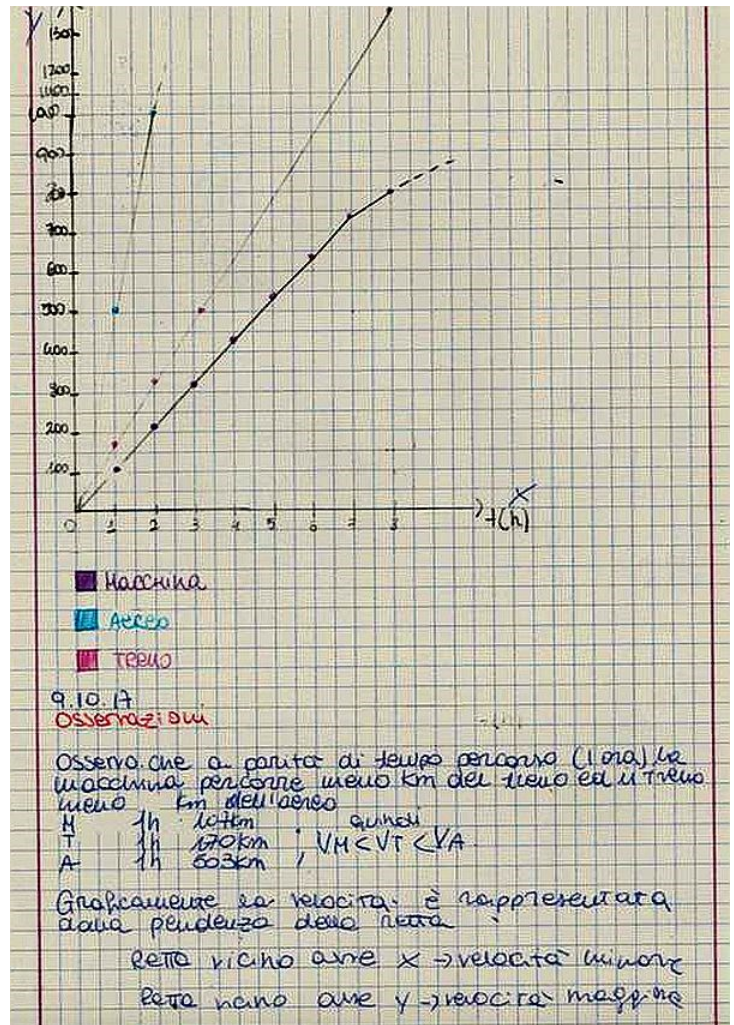
Per rappresentare la situazione in un piano cartesiano ho chiesto di costruire la tabella dello spazio percorso in funzione del tempo, ipotizzando la velocità costante nell'intero moto.

Per il completamento della tabella abbiamo ragionato utilizzando il concetto di proporzionalità diretta, per esempio: se la macchina in 1 h percorre 106 km, in 2 h percorrerà $2 \times 106 \text{ km} = 212 \text{ km}$, senza necessariamente fare uso della cosiddetta «formula».

Abbiamo poi riportato i dati di spazio e di tempo relativi ai tre mezzi nello stesso grafico per compiere anche dal grafico il confronto tra le diverse velocità medie, già calcolate numericamente. Abbiamo collegato i punti e abbiamo osservato infine che la rappresentazione grafica di un moto con velocità costante, cioè un moto uniforme, è una retta.

Dall'osservazione del grafico si poteva notare che per il percorso realizzato con il mezzo più veloce la retta che rappresenta lo spazio percorso in funzione del tempo è più vicina all'asse verticale e per il mezzo più lento la retta è più vicina all'asse orizzontale: si è ricavato così il nesso tra la pendenza della retta e il valore della velocità.

Ho fatto alcune osservazioni in itinere molto utili per rendermi conto di aspetti concettuali importanti insiti nell'attività svolta che favoriscono una comprensione non meccanica e quindi mnemonica della descrizione del moto. Poiché sugli assi del grafico sono rappresentate grandezze non omogenee, le scale utilizzate possono essere diverse e non sempre i ragazzi sono abituati a rappresentare queste situazioni; inoltre per ogni punto del grafico ottengo due informazioni, la posizione dell'«oggetto» in un certo istante.



Diverse forme di rappresentazioni: tabella, grafico, relazioni matematiche

Per approfondire la descrizione del moto con i concetti introdotti e gli strumenti matematici in possesso, ho chiesto ai ragazzi di tradurre in una tabella e nel grafico relativo le informazioni dedotte da un testo in cui era descritto un viaggio con soste.

In questo modo si possono introdurre il concetto di velocità nulla legata alla pendenza del segmento orizzontale del grafico spazio-tempo ed eseguire il confronto delle diverse velocità medie sul grafico.

Di seguito riporto il testo proposto come compito a casa.

La famiglia Rossi parte in auto da Milano percorrendo l'autostrada A1.

Dopo 2,5 h ha percorso 200 km arrivando a Bologna. A Bologna ha fatto una sosta di 1 h. Dopo la sosta è ripartita e dopo 3,5 h è arrivata al km 590 dell'autostrada e si è fermata a Roma.

La sosta a Roma è durata 0,5 h. I Rossi sono arrivati poi a Napoli, al km 812 dell'autostrada A1, quando erano trascorse 9,5 h dalla partenza.

Questo esercizio è stato svolto a casa; non tutti gli alunni hanno inserito correttamente le soste nella tabella precedente e quindi nel grafico successivamente costruito, oppure non hanno sommato lo spazio percorso in un tratto a quello precedente. Anche il tempo, che nel testo si riferisce quasi sempre ai singoli tratti, nella tabella non può «tornare indietro», deve quindi essere sempre sommato. Questo sottolinea come il riferimento iniziale della

t(h)	s(km)	
0	0	partenza
2,5	200	
3,5	200	sosta BOLOGNA
7	590	
7,5	590	sosta Roma
9,5	812	arrivo a Napoli

partenza ($t = 0$ h, $s = 0$ km), non da tutti evidenziato, sia fondamentale per descrivere correttamente la situazione presentata nell'esercizio.

Dal grafico riportato nell'immagine, si possono osservare i tratti orizzontali corrispondenti alle soste, in cui si evidenzia che il tempo scorre e la posizione non cambia rispetto allo zero del sistema di riferimento.

Per confrontare le diverse velocità medie dal grafico, è stato necessario prendere in considerazione le pendenze dei segmenti relativi a intervalli di tempo uguali. Per una più facile identificazione di questi tratti, ho suggerito di disegnare dei triangoli con la stessa base e confrontarne l'altezza che rappresenta lo spazio percorso nello stesso intervallo di tempo. Si è poi verificato l'esattezza del confronto grafico calcolando il valore della velocità nei diversi tratti.

Il moto rettilineo uniforme. Ragionamenti diretti e inversi.

A partire dai concetti fondamentali visti nel moto vario ho introdotto il moto rettilineo uniforme, come moto in cui la velocità rimane costante (uniforme) e la traiettoria è rettilinea. La semplificazione di alcuni aspetti visti nel moto vario ha permesso di ragionare sul nesso tra velocità, tempo e spazio a partire dai dati a disposizione. Per comprendere questo nesso ed esprimerlo in termini matematici ho proposto dapprima la soluzione di semplici problemi partendo dai dati numerici e poi ho introdotto la formalizzazione matematica.

Riporto alcuni esercizi svolti con tutta la classe, altri assegnati per compito ed esempi di soluzione - *Se un «oggetto» si muove con la velocità di 100 km/h, quanti km avrà percorso dopo 3 h dalla partenza?*

Dopo: 1 h ha percorso 100 km

2 h ha percorso 200 km

3 h ha percorso 300 km

Per trovare lo spazio s percorso si può quindi usare la relazione matematica $s = v t$ con v (velocità) costante di proporzionalità

- *Per percorrere 600 km impiego 3 h, se vado alla stessa velocità, in quanto tempo percorro 400 km?*

Alcuni alunni hanno trovato subito il valore della velocità, eseguendo il calcolo: $600 \text{ km} / 3 \text{ h} = 200 \text{ km/h}$ e si sono accorti che 400 km è il doppio di 200 km, quindi il tempo necessario per percorrerli è il doppio di 1 h, quindi 2 h. Altri hanno applicato la relazione matematica $v = s/t$ ricavando $t = s/v$ e hanno calcolato $t = 400 \text{ km} / 200 \text{ km/h} = 2 \text{ h}$.

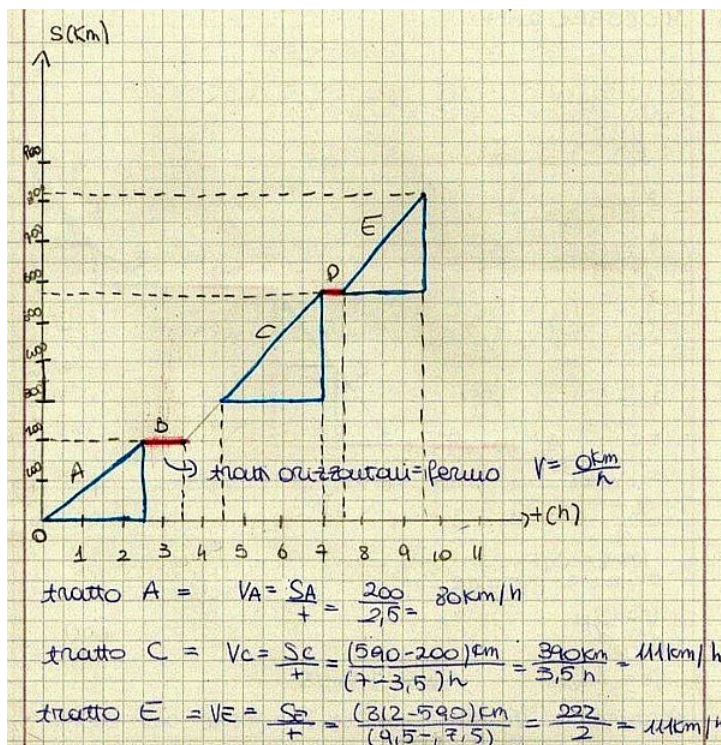
Questi semplici esercizi hanno lo scopo di aiutare i ragazzi a invertire il ragionamento, passando dal calcolo della velocità a quello del tempo, invece di imparare solo a memoria le «formule» dirette e inverse. Una delle motivazioni di questo approccio è anche il fatto che i ragazzi al momento delle attività non erano ancora in possesso dei principi di equivalenza delle equazioni che danno ragione di questi passaggi matematici; si è trattato di una anticipazione in un contesto diverso da quello strettamente matematico che ne ha poi aiutato la comprensione.

Grafico del moto di «oggetti» che si incontrano e del moto di andata e ritorno.

Il percorso si è concluso osservando dai grafici situazioni più complesse.

Ho assegnato come compito di rappresentare in un grafico spazio-tempo due «oggetti» che si incontrano lungo un tragitto, indicando la posizione e l'istante dell'incontro. Dal confronto dei compiti, svolti per la maggior parte correttamente, abbiamo osservato che il punto d'incontro corrisponde sul grafico al punto di intersezione delle rette relative ai due moti.

Successivamente in classe è stato anche affrontato il moto di andata e ritorno.



Ho proposto ai ragazzi un grafico con queste brevi indicazioni: la traiettoria del moto rappresentato è rettilinea, il percorso può essere quello di un ragazzo che va dal cartolaio e torna a casa, facendo però alcune soste. Ho posto questa domanda: quale situazione rappresenta l'ultimo tratto del grafico?

Costruendo la tabella dello spazio percorso in funzione del tempo è stato possibile rispondere alla domanda. Mentre diminuisce la distanza del ragazzo da casa, fino ad annullarsi (nella tabella si torna al valore $s = 0$) lo spazio percorso aumenta sempre. Ciò si nota anche provando sinteticamente a rappresentare la traiettoria rettilinea di andata e ritorno (a destra nell'immagine). Questa situazione è stata l'occasione per distinguere, anche graficamente, la traiettoria dalla legge oraria; questo aspetto può creare molta confusione, se non viene chiarito, soprattutto passando a moti più complessi che avvengono in due dimensioni, come per esempio il lancio di un «oggetto».

Valutazione e verifica dell'attività didattica

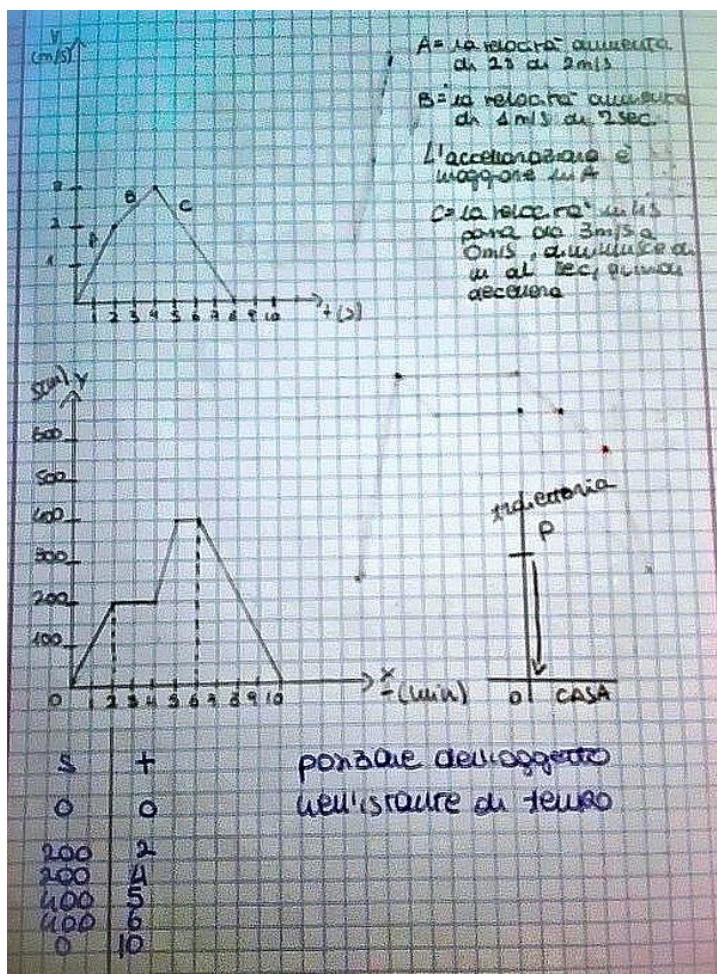
L'attività è stata valutata in itinere con la correzione dei compiti assegnati a casa e la discussione in classe. Con la verifica proposta al termine del percorso, ho voluto che gli alunni ripercorressero le tappe del lavoro svolto; ho ottenuto risultati positivi, probabilmente perché permetteva approcci diversi: uso di tabelle, di grafici, di ragionamenti intuitivi o di semplici formalizzazioni matematiche.

VERIFICA di SCIENZE

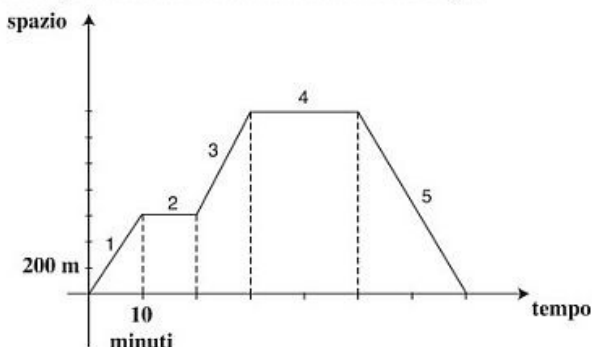
1. Quali sono gli elementi necessari per descrivere il moto di un «oggetto»?
2. Fai un esempio di un «oggetto» che si muove seguendo una traiettoria rettilinea, una parabolica e una circolare. Per ogni caso disegna la traiettoria.
3. Immagina di essere su un aereo che viaggia da Milano a Berlino. Accanto a te è seduto il tuo amico Andrea. Andrea è in quiete o in moto? Perché?
4. Spiega cosa significa che un «oggetto» si muove con la velocità di 5 m/s? Giustifica la risposta utilizzando esempi numerici e con il linguaggio matematico corretto.
5. Una macchina si muove con velocità costante di 110 km/h per 3 h, quanti chilometri ha percorso?
6. Per percorrere 48 km un maratoneta impiega 2 h. Se si muove con una velocità costante, quanto tempo impiega per percorrere i primi 12 km?
7. Carla è uscita di casa per fare una passeggiata lungo un viale. Il grafico seguente rappresenta la posizione di Carla in funzione del tempo. Completa la scala graduata del grafico per lo spazio e per il tempo.

Stabilisci se le seguenti affermazioni sono vere o false e giustifica la risposta:

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



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.

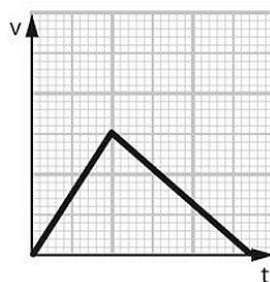
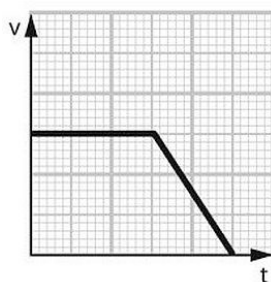
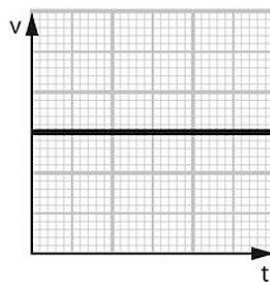
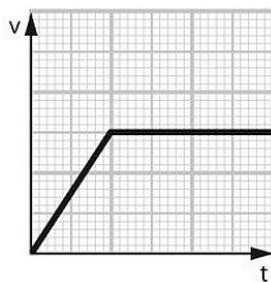
		V	F
a.	Il grafico mostra che Manuela nel tratto 3 ha camminato più velocemente che nel tratto 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	Il grafico mostra che Manuela nel tratto 5 è tornata indietro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c.	Il grafico mostra che Manuela nel tratto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

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

Risposta:

8. Giovanni parte dalla stazione per andare a trovare gli amici a Roma e ne approfitta per fare alcune soste. Il treno percorre in 1 h i primi 200 km per arrivare a Bologna. Giovanni si ferma a Bologna per 1 h. Riparte e, percorsi altri 120 km, dopo 1 h si ferma a Firenze e Giovanni fa una sosta di 2 h. Percorre poi in 2 h l'ultimo tratto di 300 km e arriva a Roma. Raccogli in una tabella le posizioni e i tempi del moto di Giovanni e rappresentali in un grafico spazio-tempo.
9. Inventi una situazione, e costruisci il relativo grafico spazio-tempo, in cui due «oggetti» si incontrano lungo un tragitto; indica la posizione e l'istante in cui avviene l'incontro.
10. Un'automobile viaggia a velocità costante su un tratto rettilineo di strada. Avvicinandosi a un semaforo rosso, frena decelerando in modo uniforme fino a fermarsi.

Quale tra i grafici descrive meglio l'andamento della velocità dell'automobile in funzione del tempo? Perché?



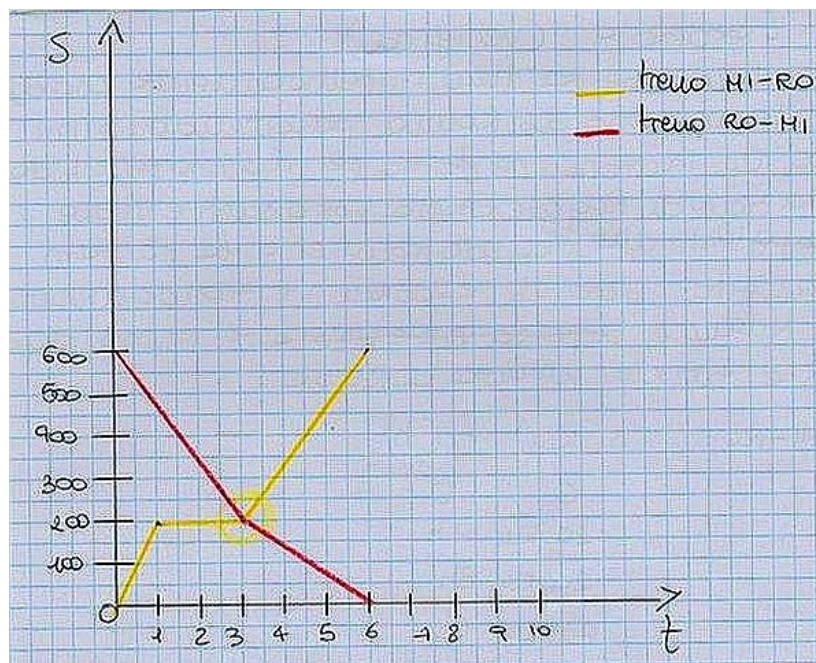
Per risolvere l'esercizio 9 della verifica alcuni alunni hanno costruito testo, tabelle e grafico in modo coerente, mostrando un buon livello di padronanza degli strumenti concettuali e linguistici. Riporto la soluzione di un ragazzo che mia ha particolarmente colpito, in quanto completa di testo, tabelle e grafici, in cui ha introdotto una complessità ulteriore: l'incontro di due «oggetti» che partono da posizione opposte rispetto al sistema di riferimento scelto.

Esercizio 9 (verifica)

Due treni che partono rispettivamente da Milano e da Roma percorrendo i primi 200 km in un'ora, si ferma per il primo per 2h alla stazione di Reggio Emilia per guasti e viene raggiunto dal secondo treno che lo passa in transito: dopo 4h e 200 km il secondo arriva a Milano e dopo 200 km e un'ora il primo dopo 3h e 400 km arriva a Roma.

MI-RO	s(km)	t(h)
	0	0
	200 km	1 h
	200 km	3 h
	600 km	6 h

RO-MI	s(km)	t(h)
	600 km	0 h
	400 km	3 h
	0 km	6 h



Riflessioni conclusive

Complessivamente ritengo che l'attività, con la quale ho iniziato il lavoro di Scienze nella classe terza, sia servita a impostare un approccio scientifico basato sull'osservazione di fenomeni ed elaborazione di dati da cui riconoscere, se presenti, delle regolarità e passare alla loro formalizzazione con diversi linguaggi: tabelle di dati, grafici, relazioni matematiche.

I ragazzi si sono dimostrati sempre partecipi al metodo delle varie attività proposte, alcuni dimostrando una buona propensione alla trasposizione in linguaggio matematico di situazioni fisiche. Il fatto di non aver chiesto nelle risoluzioni dei problemi come prima cosa l'utilizzo delle «formule», ha permesso a molti di arrivare alla soluzione, ragionando sui dati numerici delle tabelle o utilizzando lo strumento matematico della proporzionalità diretta, non proposto usualmente nei libri di testo ma concettualmente corretto.

In questo modo mi sono sorpresa come alla fine dell'anno non sia stato necessario dedicare molto tempo al ripasso di questo argomento, anche ai fini dell'esame. Infatti, nella simulazione dello scritto di esame, alla domanda in cui si chiedeva la conversione di una velocità da m/s a km/h, alcuni alunni hanno risposto ragionando sullo spazio percorso dall'«oggetto» in un'ora e non con la mera conversione delle due unità di misura mediante una moltiplicazione. Nella correzione della simulazione fatta in classe, ho perciò sollecitato i ragazzi ad affrontare le domande ragionando e non affidandosi alla sola memorizzazione di «formule» o di numeri. Troppo spesso essi usano le «formule» non ponendosi il problema della coerenza con il testo dell'esercizio.

Un'ultima nota. Non conoscendo quale dimestichezza i ragazzi avessero con attività sperimentali, ho preferito svolgere tutte le attività in classe. In alternativa si potrebbero svolgere attività di gruppo in cui alcuni alunni misurano i tempi del moto di altri ai quali si danno istruzioni su come muoversi (fermati, vai più veloce, rallenta); in questo modo diventa evidente la necessità di scegliere un sistema di riferimento, di fissare la propria posizione a intervalli regolari e di considerare gli errori nelle misure raccolte. Si possono svolgere anche semplici esperimenti in laboratorio dove realizzare un moto rettilineo uniforme, come il moto di una biglia in caduta nel detersivo liquido o la caduta di grani di pepe nell'olio, misurando spazi percorsi e tempi impiegati a percorrerli. Per introdurre il moto vario si può chiedere ai ragazzi di misurare il tempo del tragitto da casa a scuola, considerando il tempo delle fermate o della sosta ai semafori. Ricordo infine che esistono anche delle applicazioni con cui si possono registrare i propri spostamenti e raccogliere facilmente i dati che interessano. Ogni attività deve comunque essere adeguata alla classe a cui viene proposta.

Francesca Cabassi

(docente di Matematica e Scienze presso la Scuola secondaria di primo grado "Achille Mauri" di Milano)

Il percorso descritto in questo articolo è stato condiviso e arricchito con osservazioni e suggerimenti nel Gruppo di Ricerca di Scienze della [Associazione "Il Rischio Educativo"](#) coordinato da Maria Elisa Bergamaschini e Maria Cristina Speciani

