

REGIONE
TOSCANA



Il moto dei corpi e l'inganno della mente -

Grado scolastico: Scuola secondaria di II grado

Area disciplinare: Fisica/Filosofia

I.I.S. Bernardino Lotti - Liceo Classico

Massa Marittima (GR)

Realizzato con il contributo della Regione Toscana
nell'ambito del progetto

Rete Scuole LSS a.s. 2022/2023



ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE
"BERNARDINO LOTTI"

58024 MASSA MARITTIMA - GROSSETO www.islotti.edu.it
Sede accreditata A.I.C.A. ECDL Core Level - Test Center ADRN0001

Agenzia Formativa accreditata presso la Regione Toscana
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9001:2015 - SETTORE EA37
CERTIFICATO N. 9175.IISL



Classe 3L - Liceo Classico

Il moto dei corpi e l'inganno della mente

LSS Laboratorio del Sapere Scientifico

a.s. 2022/23

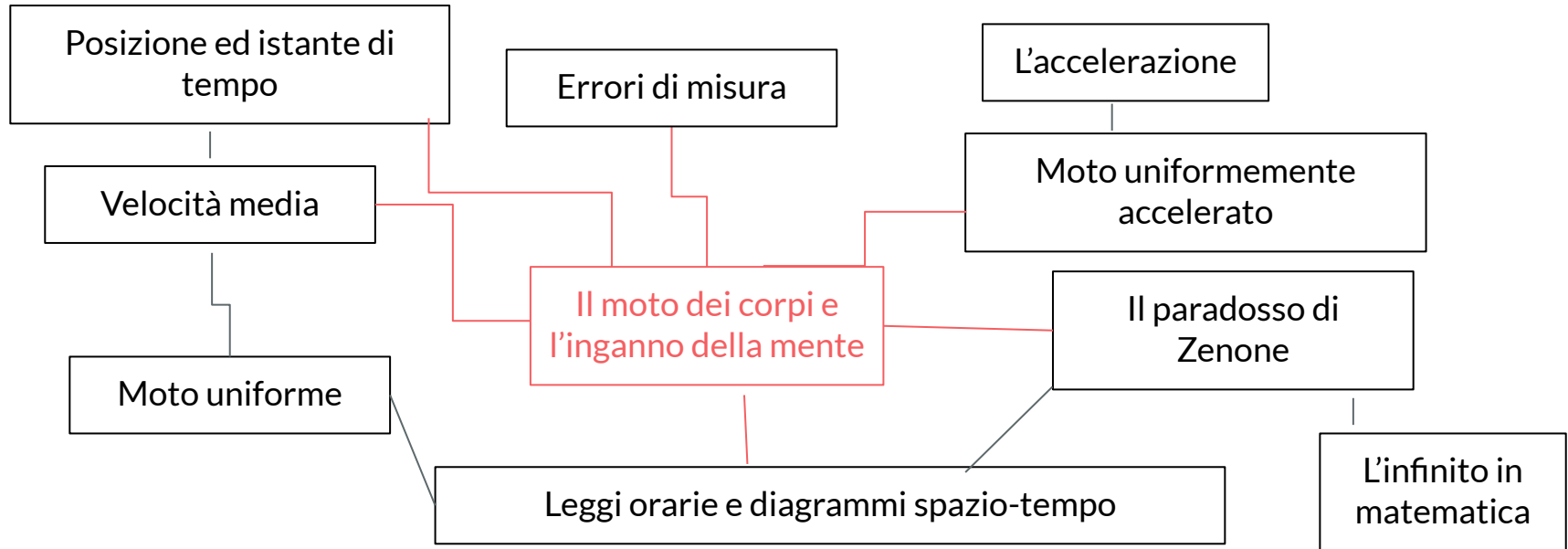
Docenti coinvolti:

Francesco Caporale

Stefania Moriello

Collocazione nel curriculum verticale

Il percorso introduce i concetti base di cinematica del punto materiale, mettendo l'accento nel passaggio da un approccio speculativo come quello dell'antica Grecia al metodo scientifico galileiano. La sua collocazione nel curriculum verticale può essere schematizzata dalla seguente mappa:



Obiettivi essenziali di apprendimento

- ❑ Costruire autonomamente i concetti fisici e sviluppare correttamente il linguaggio della disciplina
- ❑ Saper utilizzare ed interpretare le rappresentazioni grafiche per collegare l'esperienza concreta con i concetti più astratti
- ❑ Imparare l'uso della matematica come strumento di descrizione e formalizzazione di fenomeni fisici
- ❑ Sviluppare interesse e curiosità verso il metodo scientifico
- ❑ Sviluppare la capacità di pensiero critico
- ❑ Compiere le necessarie interconnessioni tra i metodi e i contenuti delle discipline

Elementi salienti dell'approccio metodologico

❑ **Flipped Classroom**

gli studenti lavorano, individualmente o a gruppi su tracce assegnate dai docenti. Utilizzano le conoscenze acquisite nel dialogo con il gruppo classe

❑ **Lezione interattiva laboratoriale**

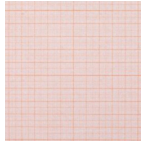
gli studenti progettano e realizzano il modello, verificando in itinere la bontà delle loro ipotesi e dei loro calcoli

Il docente si limita a porre domande produttive atte cioè a promuovere la *riflessione* e la *ricerca* delle risposte. Il soggetto è l'apprendimento nel contesto di osservazione di fenomeni naturali

Gli studenti si pongono domande, formulano ipotesi, le verificano e ne discutono i risultati.

(metodologia IBSE)

Materiali, apparecchi e strumenti impiegati



GeoGebra

- ❑ Cronometro (Smartphone)
- ❑ Metro a nastro
- ❑ Penna e taccuino
- ❑ Carta millimetrata
- ❑ Pallina da golf
- ❑ PC
- ❑ GeoGebra

Ambienti in cui si è sviluppato il percorso



- ❑ Pista di atletica della scuola
- ❑ Aula

Tempo impiegato

- ❑ Attività preliminare del Gruppo LSS per la progettazione: 8 h
- ❑ Formazione specifica: 10 h
- ❑ Tempo-scuola di sviluppo del percorso: 22h (da Marzo a Maggio)
- ❑ Documentazione del percorso: 35h

Altre informazioni

Il percorso si articola in 3 fasi:

FASE 1 - La velocità e le leggi orarie

FASE 2 - Il paradosso di Zenone

FASE 3 - L'accelerazione e il moto uniformemente accelerato

Fase 1

Che cos'è la velocità



In pista! /1

Dal diario di bordo del docente:

La prima fase del percorso vede coinvolti sia i docenti Moriello e Caporale (Matematica e Fisica) che il docente Villani di scienze motorie. Quest'ultimo per garantire che tutte le prove vengano effettuate nella massima sicurezza.

I ragazzi di 3L, con il supporto dei loro compagni di 2L, si incontrano presso la pista di atletica della scuola (pista rettilinea di lunghezza “nominale” pari a 70m) per effettuare misure di lunghezze e di tempi.

Gli alunni possiedono solo i concetti base di grandezze fisica, misura, incertezza, sistemi di unità di misura, algebra vettoriale, ma non hanno ancora affrontato al livello teorico il concetto di velocità media e di velocità istantanea.



Istruzioni per le diverse andature dei corridori

	AZIONE	
A	Cammina il più regolarmente possibile	Alice F.
B	Corri lentamente	Alice S.
C	Corri in modo regolare, né troppo veloce né troppo lento	Marta
D	Corri il più rapidamente possibile	Luca
E	Corri rapidamente partendo dal secondo segno	Asia
F	Parti piano e poi muoviti sempre più rapidamente	Giulia
G	Parti dal secondo segno e poi tieni un'andatura irregolare, anche fermandoti per qualche istante	Nina
H	Arriva in fondo di corsa e poi torna indietro	Federico

ANDATURE ROMBAI ANNA	
1° TRATTO	CAMMINA IL PIU' REGOLARE POSSIBILE
2°TRATTO	CORRE LENTAMENTE
3°TRATTO	CORRE IN MODO REGOLARE
4° TRATTO	CORRE IL PIU' RAPIDAMENTE POSSIBILE
5° TRATTO	PARTE PIANO E POI TIENE UN'ANDATURA IRREGOLARE

In pista! /2

Per ottimizzare i tempi, lungo la pista, ad intervalli di 6 m, sono già stati segnati i punti corrispondenti a 10 postazioni per i cronometristi. Tuttavia, per stimare l'errore da assegnare alle misure di lunghezza, agli alunni di 3L viene dato il compito di misurare **per 5 volte** uno dei tratti, in modo da poter stimare a posteriori l'incertezza delle lunghezze con una semidispersione massima.

Allo stesso modo, per stimare l'errore casuale dovuto ai tempi di reazione, cinque dei cronometristi vengono coinvolti per misurare la durata di un evento campione, cercando di mettersi nelle condizioni "peggiori" (corsa veloce in un tratto breve).

Dopo la stima dell'errore "a priori", si iniziano le misure vere e proprie. Alcuni alunni dovranno percorrere la pista seguendo andature via via diverse, come una camminata lenta, corsa, andatura progressiva, ecc. Una alunna si occupa di registrare scrupolosamente le misure dei cronometristi su una tabella.



Misure

PIVA GIULIA	
Parte piano poi corre sempre più rapidamente	
t(s)	s(m)
0	0
3,26	6
4,34	12
7,09	18
9,05	24
12,34	30
11,22	36
12,90	42
13,68	48
14,91	54
15,46	60

SPINELLI ALICE	
Corre lentamente	
t(s)	s(m)
0	0
2,95	6
5,19	12
7,94	18
10,29	24
12,40	30
14,10	36
17,06	42
19,28	48
21,59	54
23,84	60

RAFFAELLI NINA	
Parte dal secondo segno e poi tiene un'andatura irregolare, si ferma per qualche istante	
t(s)	s(m)
-	0
-	6
0	12
2,60	18
5,19	24
8,91	30
11,54	36
15,21	42
18,13	48
21,16	54
22,99	60

FRAGALA' MARTA	
Corre in modo regolare né troppo lento né troppo veloce	
t(s)	s(m)
0	0
2,72	6
4,07	12
5,56	18
7,41	24
8,87	30
10,55	36
12,56	42
15,25	48
15,89	54
17,64	60

FAELLI ALICE	
Cammina regolarmente	
t(s)	s(m)
0	0
5,07	6
9,16	12
14,28	18
19,25	24
24,00	30
27,95	36
33,21	42
37,92	48
42,79	54
47,51	60

ROCCHI LUCA	
Corri il più rapidamente possibile	
t(s)	s(m)
0	0
1,34	6
2,31	12
2,95	18
4,01	24
4,61	30
5,23	36
6,26	42
6,87	48
7,69	54
8,43	60

MASINI VIOLA	
Corre in modo progressivo	
t(s)	s(m)
0	0
10,03	6
16,37	12
21,24	18
24,65	24
26,78	30
27,59	36
28,94	42
29,69	48
30,87	54
31,70	60

ROMBAI ANNA	
t(s)	s(m)
0	0
7,80	12
13,75	24
17,11	36
20,04	48
25,17	60

MARCHIONNI FEDERICO		
Corre in modo regolare		
	ANDATA	RITORNO
s(m)	t(s)	t(s)
0	-	
6	0	11,33
12	2,18	10,15
18	3,26	9,00
24	4,59	7,79
30	5,48	6,57
36	6,22	5,17
42	7,93	4,41
48	9,07	3,11
54	10,30	2,00
60	11,34	0

ANDATURE ROMBAI ANNA	
1° TRATTO	CAMMINA IL PIU' REGOLARE POSSIBILE
2° TRATTO	CORRE LENTAMENTE
3° TRATTO	CORRE IN MODO REGOLARE
4° TRATTO	CORRE IL PIU' RAPIDAMENTE POSSIBILE
5° TRATTO	PARTE PIANO E POI TIENE UN'ANDATURA IRREGOLARE

Cosa stiamo misurando? E Perché? /1

Dal diario di bordo del docente:

Trattandosi di un'attività “pratica” lo spirito generale che si nota è quello del gioco.

I ragazzi appaiono abbastanza eccitati e divertiti, sanno che il lavoro che si farà avrà a che fare con i concetti di spazio, tempo e velocità, ma non riescono a capire i motivi per cui le prove appaiono così “articolate”.

Durante una pausa le vengono poste loro alcune domande.

1) “Avete intuito quali sono gli obiettivi dell'attività di oggi?”

Alunno 1: “Stiamo misurando spazio e tempo per poi calcolare la velocità”.

Alunno 2: “... sì, infatti la velocità è il rapporto tra spazio e tempo”.

Alunno 3: “Vogliamo dimostrare che *la velocità è costante*”

2) “Che significa che la velocità è *costante*? Vuol dire che la grandezza che definiremo come velocità rimane sempre fissa nel tempo?”

(nessuno risponde)



Cosa stiamo misurando? E Perché? /2

3) “Ok, avete capito che con questi dati calcoleremo delle velocità. Perché, però, abbiamo utilizzato dieci cronometristi lungo il percorso e non ne abbiamo utilizzato uno solo alla fine dell’intero tratto?”

Alunno 1: “Perché la velocità può cambiare durante il percorso”.

Alunno 2: “Io sinceramente non riesco ancora a capire...”

Alunno 3: “Perché *le velocità* possono essere diverse.

In definitiva, nonostante i ragazzi posseggano il concetto intuitivo di velocità, non sono in grado di comprendere la necessità di tutte queste misure.



Analizziamo i grafici/1

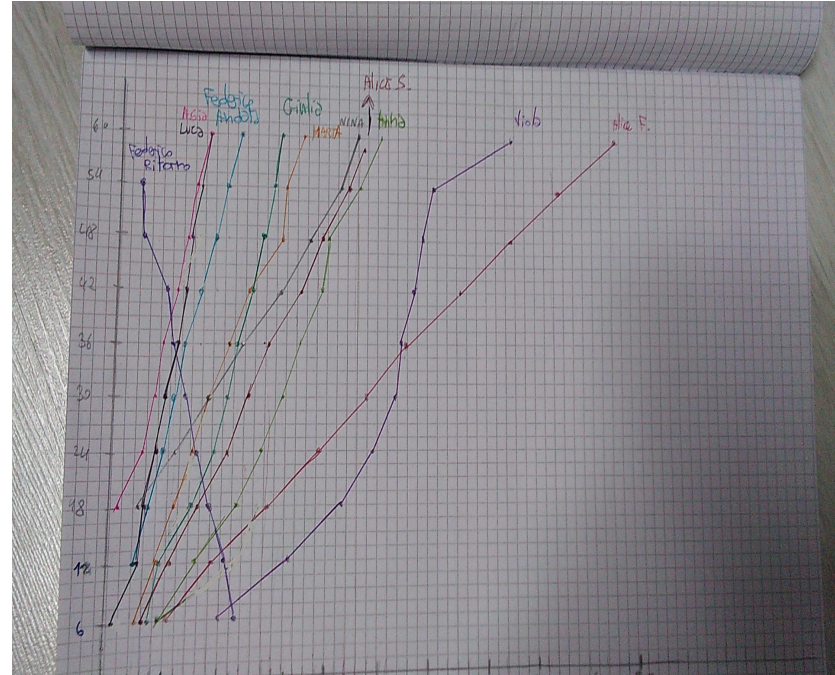
Abbiamo analizzato i grafici rappresentanti i dati raccolti nel primo incontro:

Tutti gli studenti, tranne due, hanno escluso il punto relativo alla partenza.

Hanno trovato difficoltà nel rappresentare i dati relativi allo studente che è partito dal punto finale della pista invertendo i valori relativi alle posizioni, costruendo anche in questo caso un grafico crescente.

Ho ritenuto opportuno rivedere le tabelle.

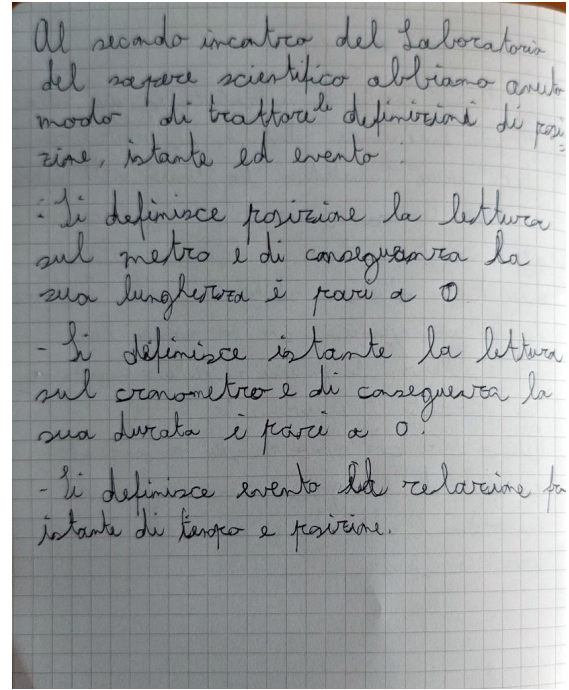
In un primo momento nella parte relativa alle posizioni avevo inserito 1° tratto, 2° tratto e così via, questo li aveva confusi. Allora ho inserito le posizioni in metri e l'istante 0 come istante iniziale relativo alla posizione iniziale.



Analizziamo i grafici/2: posizione ed istante

Introduciamo il concetto di posizione e istante. Hanno mostrato in un primo momento difficoltà ad accettare il concetto di posizione confondendolo con il significato di spostamento e mettendolo in relazione al tempo trascorso introducendo prematuramente la grandezza velocità. Dopo aver accettato il primo concetto hanno compreso immediatamente quello di istante e quindi quello di posizione istantanea.

Compito per casa: rappresentare su un grafico i dati relativi allo studente che ha compiuto il percorso di andata e ritorno più quello di uno studente a vostra scelta.



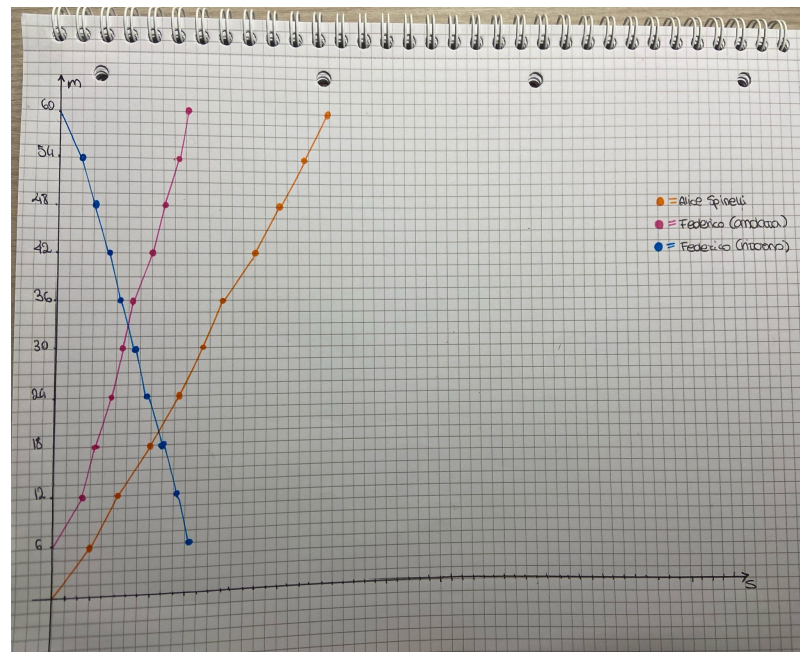
Concetto di velocità...

Proiettiamo i grafici sulla Digital board.

Chiedo ai ragazzi quale informazione avremmo potuto ottenere dai dati in nostro possesso.

Risposta unanime: la velocità.

Li invito a scrivere il concetto di velocità e a condividerlo nei commenti del corso su google classroom. Modalità a mio parere molto fruttuosa perché ci permette di visionare in tempo reale tutte le risposte.



appunti di un alunno











Diario di bordo insegnante:

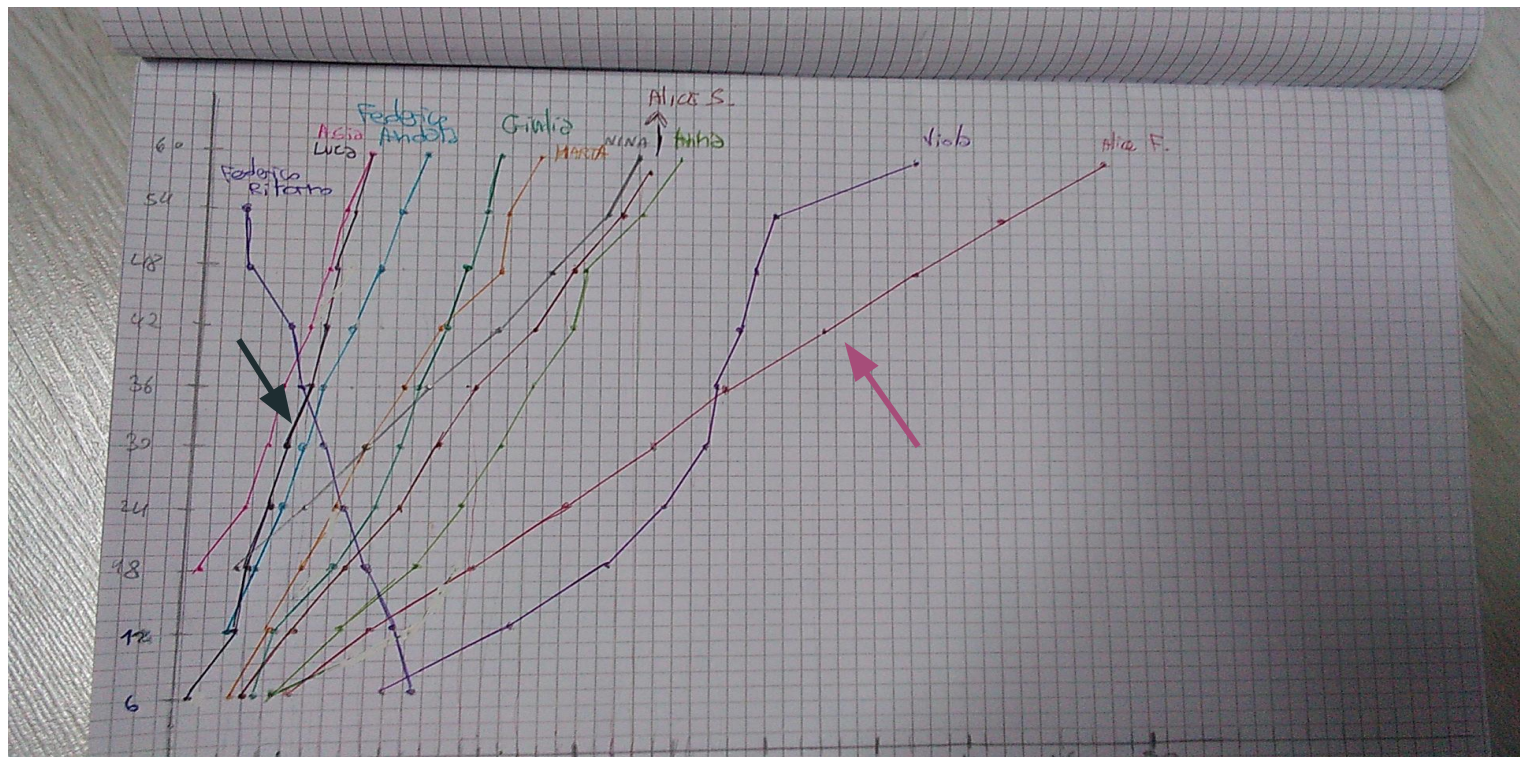
Quello che emerge è, innanzitutto, la mancanza di un lessico appropriato. Spesso la velocità viene confusa con gli stessi concetti di spostamento o di intervallo di tempo, oppure il rapporto tra le due grandezze viene confuso con il suo reciproco, si percepisce anche l'idea di un moto assoluto e non relativo al sistema di riferimento scelto, ad esempio quando si cambia la posizione iniziale.

A questo punto ho mostrato loro la definizione matematica di velocità media chiedendo quindi il significato che diamo ad un rapporto. Dopo l'ennesima risposta sbagliata alza la mano Viola: "prof come il concetto di densità?"

La esorto a spiegarsi meglio: "la densità ci dice la quantità di materia per unità di volume, quindi la velocità ci dice lo spazio trascorso in un'ora."

Aggiustiamo il tiro e cerco di spiegargli che l'unità di tempo la scegliamo noi, quindi basta dire in un'unità di tempo.

-  **marta fragalà** 17 mar
La velocità è la rapidità con cui si procede in uno spazio
-  **giulia piva** 17 mar
la velocità è una grandezza fisica derivata che indica il tempo impiegato per percorrere una certa lunghezza
-  **Nina Raffaelli** 17 mar
la velocità è la rapidità del movimento del nostro corpo
-  **Idea Cellini** 17 mar
la velocità misura in quanto tempo in essere animato percorre una certa distanza
-  **Alice faelli** 17 mar
la velocità è una forza che aumenta o diminuisce nel tempo a seconda della sua spinta
-  **Viola Violet** 17 mar
Per me è lo spazio diviso il tempo, quindi in quanto tempo si percorre un certo spazio
-  **Asi Stoduto** 17 mar
È una grandezza che varia in base allo spazio e al tempo, non è proporzionale
-  **Alice Spinelli** 17 mar
La velocità è quando un oggetto con la propria forza riesce a contrastare l'aria riuscendo a percorrere una determinata lunghezza in vario tempo
-  **Luca Rocchi** 17 mar
il tempo in cui un azione viene svolta
-  **Federico Marchionni** 17 mar
Per me la velocità è la misura dello spostamento di un corpo in movimento



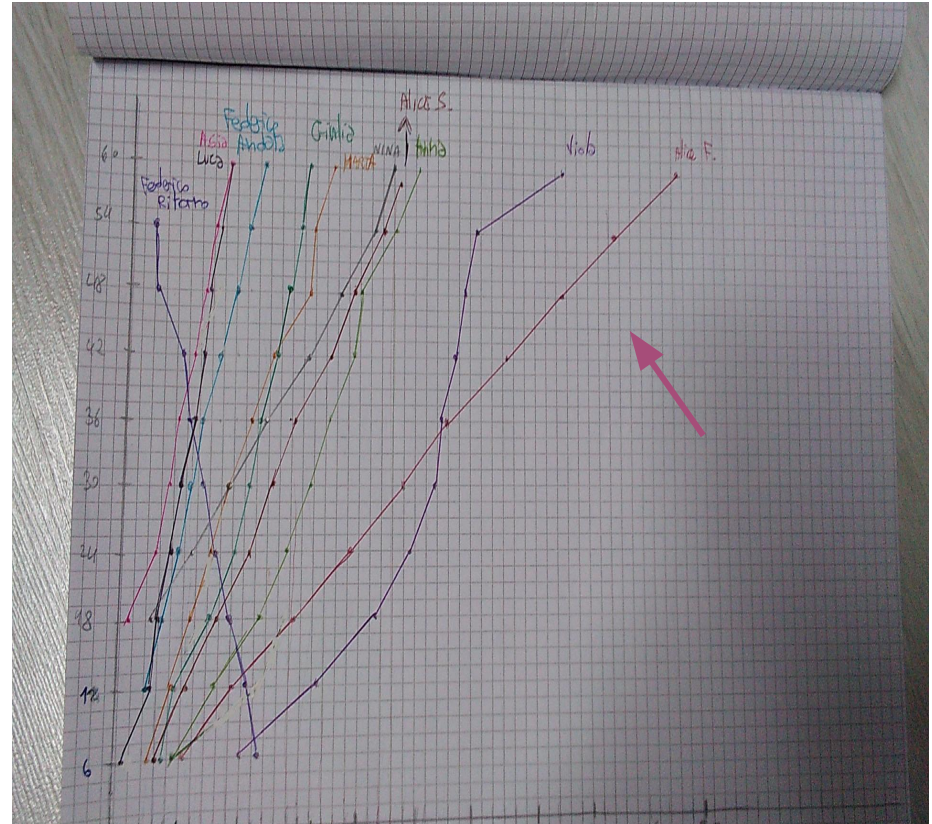
Abbiamo confrontato il grafico di Alice F. (cammina in modo regolare) con quello di Luca (Corri il più rapidamente possibile).

Hanno subito notato che *la retta del grafico di Luca è più inclinata di quella di Alice.*

Perché? **Tutti sono d'accordo che la motivazione è che Luca è andato più veloce.**

Moto rettilineo uniforme/1

Riguardando i grafici e li ho invitati a ragionare sul perché avessero forme differenti, in particolare li ho invitati a visionare quello di Alice F. che aveva effettuato il percorso camminando regolarmente. Subito hanno notato che **il grafico poteva benissimo approssimarsi a quello di una retta**. Chiedo: “Cosa potrebbe significare?” Viene fuori il concetto di costante. Chiedo: “cos’è costante?” La maggior parte risponde “lo spazio percorso”, riferendosi al percorso diviso in tratti della stessa lunghezza.

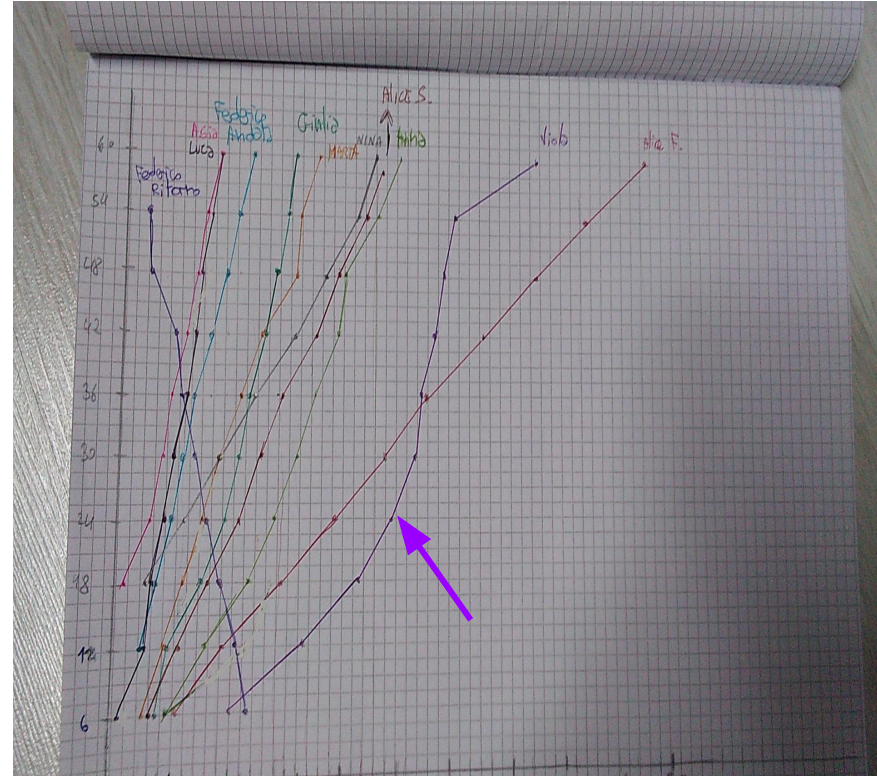


Moto rettilineo uniforme/2

Successivamente abbiamo visionato il grafico di Viola, che ha effettuato il percorso con un andamento irregolare. Chiedo ai ragazzi cosa vado a calcolare con lo stesso rapporto spazio percorso nell'intervallo di tempo e subito mi rispondono “ La media delle velocità”. A questo punto si decide di chiamarla velocità media.

Mi prefisso di affrontare nella lezione successiva il concetto di media delle velocità e velocità media.

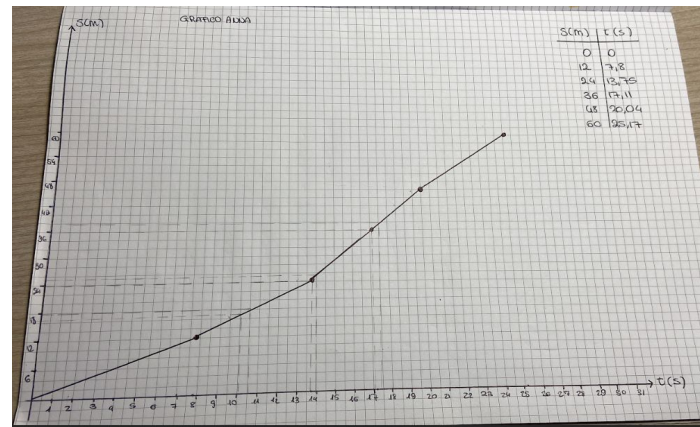
Per casa: Per ciascuno dei movimenti determinare la velocità media sull'intero percorso. Per il grafico di Federico qual è la velocità media all'andata e al ritorno? come spieghi il risultato ottenuto?



La velocità media è “la media delle velocità”?

Ho chiesto ai ragazzi perché al termine velocità si accosti l’aggettivo “media” e come mi aspettavo tutti hanno risposto perché rappresenta la media delle velocità. A questo punto ho invitato i ragazzi a prendere in considerazione i dati dell’andamento di Anna che ha mantenuto diversi andamenti nei vari tratti. Ho chiesto di calcolare sia la velocità media sia usando la definizione data in precedenza, sia la media delle velocità.

Giulia mi dice: <<prof. non si trova>> un pò delusa dal risultato e convinta di aver sbagliato i calcoli. La rassicuro: “Avete dimostrato che calcolare la media delle velocità non significa calcolare la velocità media”.



ROMBAI ANNA	
t(s)	s(m)
0	0
7,80	12
13,75	24
17,11	36
20,04	48
25,17	60

La velocità media NON è la media delle velocità

- Velocità media Anna Romba
Velocità media rispetto ai tratti

1° TRATTO
$$V_m = \frac{(12-0)\text{m}}{(7,90-0)\text{s}} = 1,5 \text{ m/s}$$

2° TRATTO
$$V_m = \frac{(24-12)\text{m}}{(13,75-7,90)\text{s}} = \frac{12\text{m}}{5,85\text{s}} = 2,02 \text{ m/s}$$

3° TRATTO
$$V_m = \frac{(36-24)\text{m}}{(17,11-13,75)\text{s}} = \frac{12\text{m}}{3,36\text{s}} = 3,6 \text{ m/s}$$

4° TRATTO
$$V_m = \frac{(48-36)\text{m}}{(20,04-17,11)\text{s}} = \frac{12\text{m}}{2,93\text{s}} = 4,1 \text{ m/s}$$

5° TRATTO
$$V_m = \frac{(60-48)\text{m}}{(25,17-20,04)\text{s}} = \frac{12\text{m}}{5,13\text{s}} = 2,3 \text{ m/s}$$

Velocità media sull'intero percorso
$$V_m = \frac{(60-0)\text{m}}{(25,17-0)\text{s}} = \frac{60\text{m}}{25,17\text{s}} = 2,4 \text{ m/s}$$

appunti di un alunno

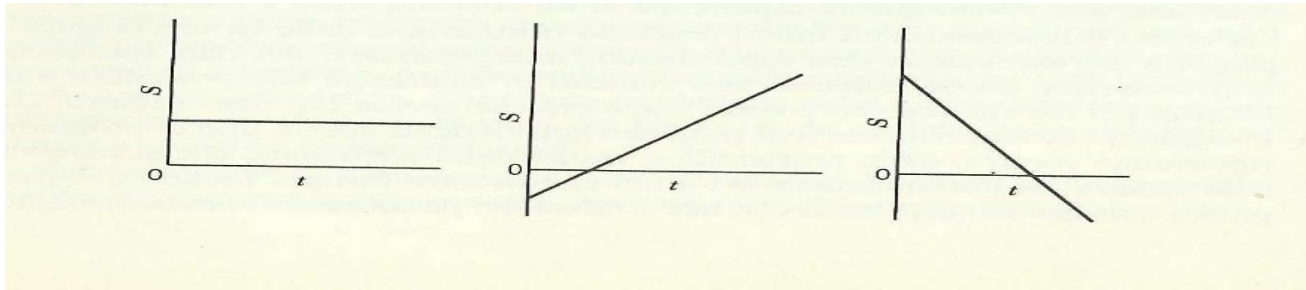
che cos'è la velocità media?
La V_m è la velocità con cui è possibile percorrere un tratto in un certo tempo in modo costante
Per es. se io avessi voluto percorrere 60m in 25s, l'avrei fatto a $2,4 \text{ m/s}$ a velocità costante

Pongo allora nuovamente la domanda, e chiedo di condividerla su classroom. Molti non si discostano dalla formula rispondendo che la velocità media è il rapporto tra spazio percorso e intervallo di tempo impiegato a percorrerlo.

Leggiamo insieme tutte le risposte. La risposta più interessante è che "la velocità media è quella velocità costante che il corpo assumerebbe se non fossero presenti variazioni in quel determinato intervallo di tempo".

Esperienza diretta del movimento in connessione con l'interpretazione dei grafici del moto rettilineo uniforme

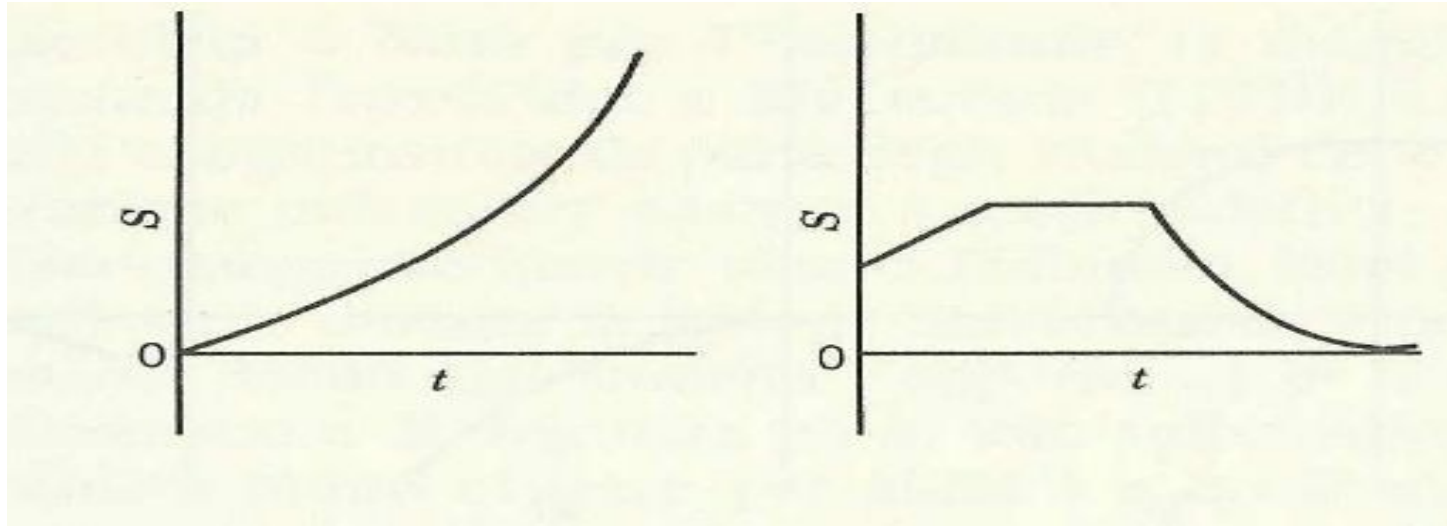
Proietto alla lavagna i grafici presi dal libro "Guida all'insegnamento della Fisica" di A. Arons e invito i ragazzi a simulare il moto rappresentato con la punta del dito sul bordo del loro banco avendo preso come origine del sistema di riferimento il centro del lato dello stesso.



Già dal primo grafico le prime difficoltà. Solo un paio di ragazzi hanno tenuto fermo il dito, ma non nella posizione indicata, bensì al centro del banco. Chiedo loro di far attenzione a tutti i dati rappresentati dal grafico. C'è stato bisogno di alcuni chiarimenti iniziali.

Diario di bordo insegnante: E' la prima volta che propongo questo tipo di esercizio e mai come ora ho avuto la certezza che abbiano compreso in pieno l'argomento trattato. Idea oggi ha finalmente capito che nel secondo grafico non è il valore tempo ad essere negativo ma la posizione rispetto all'origine del sistema che abbiamo fissato. Viola ha realizzato che il grafico rappresentato non c'entra nulla con la traiettoria percorsa. Per Nina invece è servito simulare queste situazioni di persona, soprattutto per il terzo grafico.

Esperienza diretta del movimento in connessione con l'interpretazione dei grafici del moto



Il quarto grafico è servito molto a Marta che inizialmente ha esordito: *“Prof. questo è un moto parabolico”*. Chiarito nuovamente il concetto, ha simulato correttamente il moto rappresentato nel quinto grafico, confermandomi che l’obiettivo è stato raggiunto.

Velocità istantanea

Diario di bordo insegnante:

Cos'è la velocità istantanea?

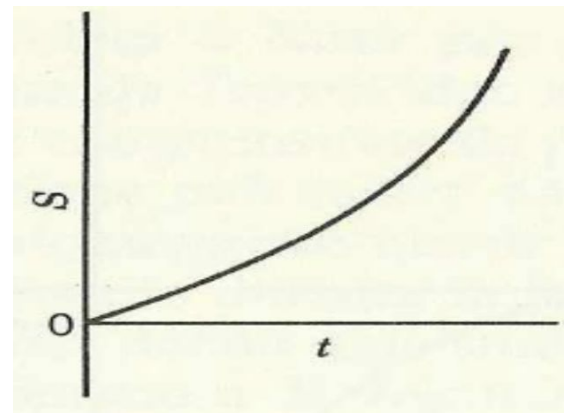
La risposta arriva in coro: *“la velocità calcolata in un istante!”*

Domanda seguente: *“come posso calcolarla?”*

Sono insicuri. Chiedo loro di prendere il grafico e di provare a calcolare la velocità istantanea.

Viola interviene dicendo : *“Prof. se divido la velocità per un istante scelto a caso?”*

Federico non mi dà il tempo di rispondere e subito interviene: *“Quella sarebbe ancora la velocità media”*, poi si rivolge a me dicendo: *“prof. ho un dubbio: abbiamo visto che l'istante ha lunghezza zero, come faccio a dividere per zero?”*.



Velocità istantanea

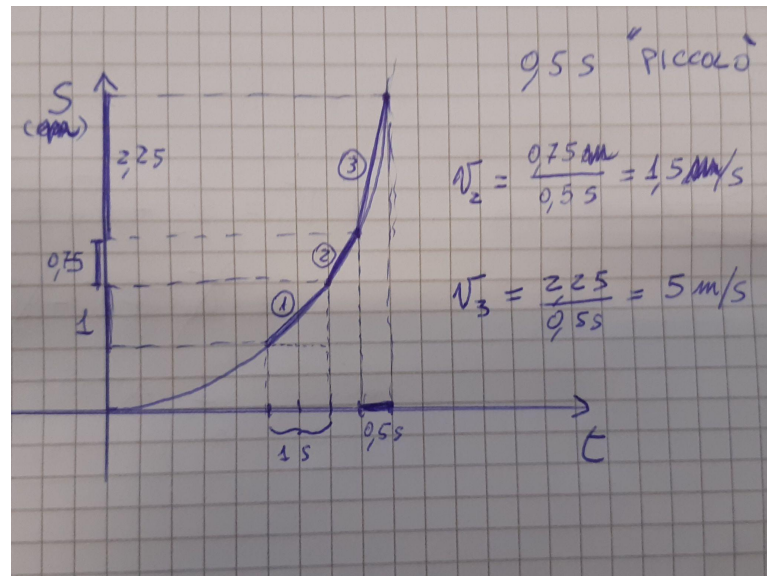
Allora spiego che in fisica, quando ci troviamo di fronte a situazioni del genere, possiamo prendere in considerazione una lunghezza molto piccola, cioè che tende a zero.

Sembra che abbiamo capito, ma quando arriva il momento di scegliere questo intervallo che tende a zero trovano difficoltà.

Per determinare dei valori indicativi di velocità istantanea dai grafici hanno utilizzato il foglio del quaderno e come unità per rappresentare 1s hanno scelto due quadratini, quindi come intervallo di tempo “abbastanza piccolo” abbiamo scelto 0,5 s. In corrispondenza, sull’asse spaziale si sceglie 0,5cm come lato del quadratino.

Per casa: calcola più valori possibili delle velocità istantanee del moto di Anna.

(vedi slide verifiche degli apprendimenti)



Osservazioni e conoscenze/ - EVIDENZE

- ❑ Le conoscenze acquisite dagli studenti (nella fase di preparazione) sono risultate puntuali, avulse dal contesto. L'esperienza sul campo le ha collocate in una visione olistica, più ampia, più attinente alla realtà.
- ❑ Le varie esperienze e le discussioni in classe sembrano aver avuto i loro frutti per la costruzione dei concetti quali la posizione, l'istante, lo spostamento, l'intervallo di tempo, la velocità media, la velocità istantanea e, in particolare, i moti a velocità costante.
- ❑ I diagrammi spazio tempo vengono compresi anche alla luce del parallelismo con la geometria analitica.
- ❑ I ragazzi ricordano l'equazione della retta nel piano e, nello studio di esempi di moto uniforme, riescono a identificare la posizione iniziale con l'intercetta della retta e la velocità con il suo coefficiente angolare.

FASE 2

Il paradosso di Zenone
"Achille e la Tartaruga"

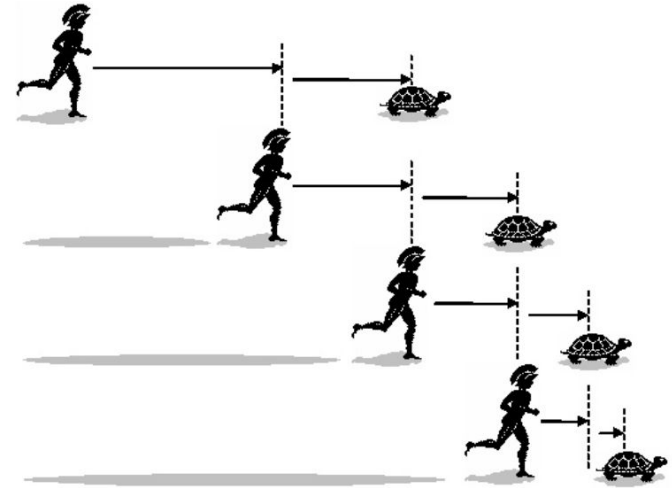


Il paradosso: Achille non raggiungerà la tartaruga

Questa storia è uno degli esperimenti mentali “paradossali” che il filosofo greco mise in campo per difendere la dottrina parmenidea dell’unicità e dell’immobilità dell’essere, dimostrando come coloro che affermavano l’esistenza della molteplicità e del divenire si ritrovassero impantanati in evidenti contraddizioni.

L’argomento di Zenone era il seguente: se indichiamo con s_0 la posizione iniziale della tartaruga rispetto ad Achille, nel tempo in cui quest’ultimo impiega per percorrere il tratto s_0 , la tartaruga nel frattempo sarà avanzata di una certa lunghezza s_1 . Achille allora correrà per raggiungere la nuova posizione della tartaruga, ma quando avrà percorso questo tratto s_1 , la tartaruga sarà ulteriormente avanzata di un tratto s_2 e così via.

In sostanza, per Zenone, Achille non potrà mai raggiungere la tartaruga, perché ogni volta dovrà prima raggiungere la sua posizione, ma nel frattempo la tartaruga sarà già più avanti e questo processo è evidentemente infinito.

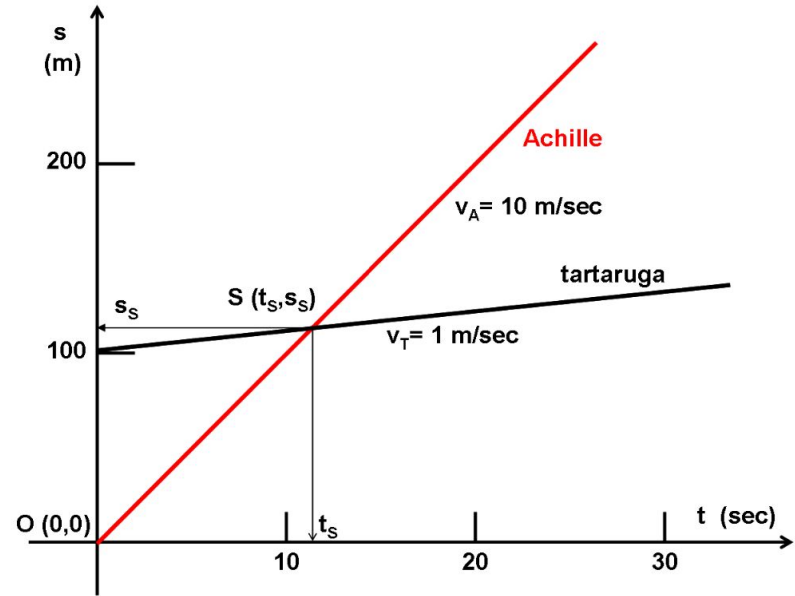


Introduzione: sovrapposizione di moti

Oramai gli studenti padroneggiano la rappresentazione del moto uniforme sul diagramma spazio-tempo. Perciò si chiede loro:

Cosa succede se si vogliono studiare due moti rettilinei uniformi “sovrapposti”?
Le due rette sul diagramma spazio-tempo possono intersecarsi. Che cosa rappresenta il punto di intersezione?

Dopo tutti gli esempi fatti nella lezione precedente, non è difficile per loro capire che l’evento “intersezione” può rappresentare l’incontro tra i due corpi in moto e, quindi, l’evento a partire dal quale vi sarà il “sorpasso”.



Ricordiamo la storia

Si invita i ragazzi a ricordare un esempio noto, studiato in Filosofia, la cui importanza è molto più profonda di una semplice deduzione di concetti fisici elementari:

Il paradosso di Achille e la Tartaruga proposto da Zenone di Elea (V sec A.C.)

Gli alunni rispondono, quasi in coro, che conoscono già la storia e si chiedono perché si debba ripetere durante una lezione di Fisica.

Una reazione del genere fa molto riflettere: rivela una inerzia nella ricerca di connessione tra i saperi, un “effetto scuola” che purtroppo, in alcuni casi, tarpa le ali alla curiosità.

A questo punto si invita i ragazzi a rivedere quel “racconto” per capire se, alla luce dei concetti noti, è possibile risolvere quello che per molti secoli è davvero rimasto come un paradosso.



Leggi orarie di Achille e della tartaruga

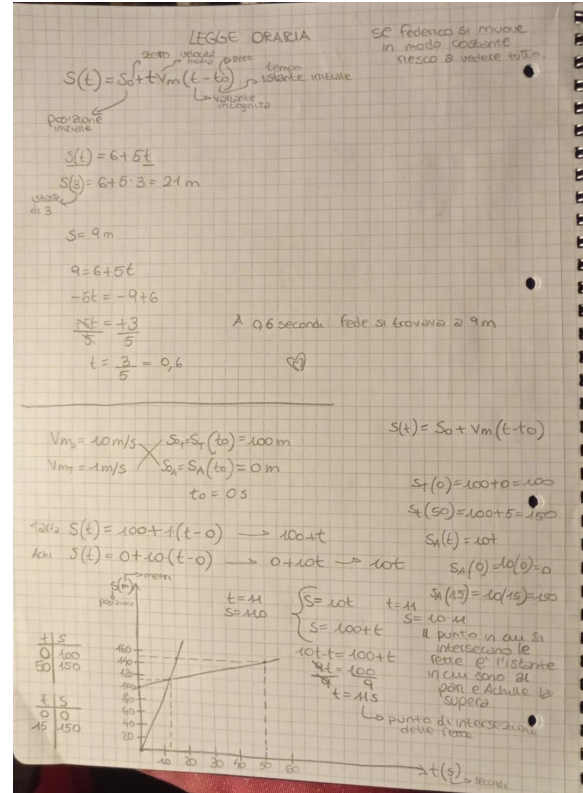
Aiutandoli un po' con il linguaggio, lasciamo che i ragazzi ci facciano un riassunto della storia.

Nonostante l'argomento di Zenone fosse apparentemente convincente, i ragazzi sono consapevoli del fatto che il ragionamento è fallace, perché è ben noto che Achille raggiungerà e supererà in breve tempo la tartaruga.

Pertanto, si invita i ragazzi ad analizzare i fenomeni costruendo le leggi orarie dei moti di Achille e della Tartaruga e a rappresentarle su un diagramma spazio-tempo.

Utilizziamo degli esempi concreti fissando tanto le posizioni iniziali dei due attori in gioco, quanto le loro velocità.

I ragazzi, con la guida dell'insegnante, capiscono come si costruiscono le leggi orarie e come si calcola l'istante e la posizione dell'evento "sorpasso"



Paradosso “liquidato”?

Quindi è evidente che Achille raggiungerà e supererà la Tartaruga. Con gli strumenti della fisica siamo in grado di determinare esattamente l'istante e la posizione dell'incontro tra i due attori della storia.

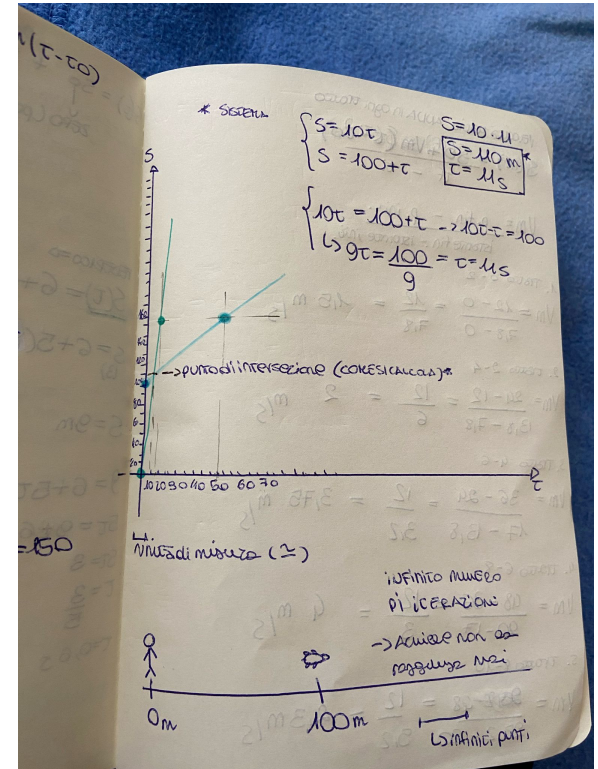
In altri termini, siamo stati così bravi da liquidare un paradosso che ha attanagliato la mente di tanti pensatori durante secoli risolvendo un semplicissimo problema di geometria analitica?

Sembrerebbe di sì, ma... come la mettiamo con l'argomento di Zenone?

Come si conciliano i nostri risultati con il suo approccio?

Dove si trova la falla del suo ragionamento?

I ragazzi giustamente restano perplessi e, allo stesso tempo, molto incuriositi.



Ora, però, ragioniamo come Zenone

A questo punto si invita i ragazzi a procedere come Zenone, usando però gli strumenti che abbiamo imparato:

Quando Achille, dopo un tempo s_0/v_A , avrà raggiunto la posizione s_0 , inizialmente occupata dalla tartaruga, quest'ultima avrà percorso un tratto s_1 , che corrisponderà al prodotto della sua velocità v_T per il tempo s_0/v_A .

Quando Achille avrà percorso questo tratto s_1 , la tartaruga sarà avanzata di un tratto s_2 , pari al prodotto di v_T per il tempo s_1/v_A e così via.

Si invita i ragazzi di provare da soli, a casa, a calcolare quindi i vari “pezzettini” percorsi e a scriverli su due colonne:

Achille	$v_A = 10 \text{ m/s}$	Tartaruga	$v_T = 1 \text{ m/s}$
$s_0 = 100 \text{ m}$	$v_A = \frac{s_0}{t}$	$t_0 = 10 \text{ s}$	$s_1 = v_T t_0 = 10 \text{ m}$
$t_0 = \frac{s_0}{v_A} = \frac{100}{10 \text{ m/s}} = 10 \text{ s}$		$t_1 = 1 \text{ s}$	$s_2 = v_T t_1 = 1 \text{ m}$
$s_1 = 10 \text{ m}$		$t_2 = 0,1 \text{ s}$	$s_3 = v_T t_2 = 0,1 \text{ m}$
$t_1 = \frac{10 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 1 \text{ s}$		$t_3 = 0,01 \text{ s}$	$s_4 = v_T t_3 = 0,01 \text{ m}$
$s_2 = 1 \text{ m}$		$t_4 = 0,001 \text{ s}$	$s_5 = v_T t_4 = 0,001 \text{ m}$
$t_2 = \frac{1 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,1 \text{ s}$		$t_5 = 0,0001 \text{ s}$	$s_6 = v_T t_5 = 0,0001 \text{ m}$
$s_3 = 0,1 \text{ m}$			
$t_3 = \frac{0,1 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,01 \text{ s}$			
$s_4 = 0,01 \text{ m}$			
$t_4 = \frac{0,01 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,001 \text{ s}$			
$s_5 = 0,001 \text{ m}$			
$t_5 = \frac{0,001 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,0001 \text{ s}$			

Analizziamo i nostri calcoli

Guardando questi numeri, che diventano sempre più piccoli e provando a riportarli sui grafici delle leggi orarie già analizzate si ottiene una prima osservazione importante:

Si individua subito che la prima falla sta nell'idea di Zenone secondo la quale Achille non raggiungerà "mai" la Tartaruga, ovvero che il tempo per raggiungerla dovrebbe essere "infinito". Svolgendo i calcoli, i ragazzi si sono resi conto del fatto che ciò che "tende ad infinito" non è il tempo, ma **il numero di iterazioni del ragionamento**.

A questo punto chiediamo ai ragazzi di sommare gli intervalli di tempo e i tratti percorsi ottenuti con le prime 5 iterazioni. Già si rendono conto che, approssimando il risultato "esatto" precedente, i risultati già coincidono.

Achille	$V_A = 10 \text{ m/s}$	Tartaruga	$V_T = 1 \text{ m/s}$
$S_0 = 100 \text{ m}$	$V_A = \frac{S_0}{t}$	$t_0 = 10 \text{ s}$	$S_1 = V_T t_0 = 10 \text{ m}$
$t_0 = \frac{S_0}{V_A} = \frac{100}{10 \text{ m/s}} = 10 \text{ s}$		$t_1 = 1 \text{ s}$	$S_2 = V_T t_1 = 1 \text{ m}$
$S_1 = 10 \text{ m}$		$t_2 = 0,1 \text{ s}$	$S_3 = V_T t_2 = 0,1 \text{ m}$
$t_1 = \frac{10 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 1 \text{ s}$		$t_3 = 0,01 \text{ s}$	$S_4 = V_T t_3 = 0,01 \text{ m}$
$S_2 = 1 \text{ m}$		$t_4 = 0,001 \text{ s}$	$S_5 = V_T t_4 = 0,001 \text{ m}$
$t_2 = \frac{1 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,1 \text{ s}$		$t_5 = 0,0001 \text{ s}$	$S_6 = V_T t_5 = 0,0001 \text{ m}$
$S_3 = 0,1 \text{ m}$			
$t_3 = \frac{0,1 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,01 \text{ s}$			
$S_4 = 0,01 \text{ m}$			
$t_4 = \frac{0,01 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,001 \text{ s}$			
$S_5 = 0,001 \text{ m}$			
$t_5 = \frac{0,001 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,0001 \text{ s}$			

appunti di un alunno

Procediamo all'infinito?

Ma allora tutte le ipotetiche iterazioni successive sono inutili?

Possiamo dire che sono “quasi zero”?

C'è un modo per dimostrare che i risultati sono esattamente uguali?

I ragazzi **rispondono di NO**, perché appare evidente che non è possibile procedere all'infinito.

Osserviamo, però, tutti i termini ottenuti e proviamo ad analizzarli:
 $10 + 1 + 0,1 + 0,01 + 0,001 + 0,0001 + \dots$

Cos'hanno in comune tutti questi termini?

I ragazzi **rispondono quasi in coro che si tratta di potenze di 10**.

quindi facciamo notare come la somma si possa scrivere

$10 + (1/10)^0 + (1/10)^1 + (1/10)^2 + (1/10)^3 + \dots$

E' una somma INFINITA di potenze con la stessa base!!

The image shows handwritten calculations on graph paper, organized into two columns for Achilles and a Tortoise.

Achille	$V_A = 10 \text{ m/s}$	Tartaruga	$V_T = 1 \text{ m/s}$
$S_0 = 100 \text{ m}$	$V_A = \frac{S_0}{t}$	$t_0 = 10 \text{ s}$	$S_1 = V_T t_0 = 10 \text{ m}$
$t_0 = \frac{S_0}{V_A} = \frac{100}{10 \text{ m/s}} = 10 \text{ s}$		$t_1 = 1 \text{ s}$	$S_2 = V_T t_1 = 1 \text{ m}$
$S_1 = 10 \text{ m}$		$t_2 = 0,1 \text{ s}$	$S_3 = V_T t_2 = 0,1 \text{ m}$
$t_1 = \frac{10 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 1 \text{ s}$		$t_3 = 0,01 \text{ s}$	$S_4 = V_T t_3 = 0,01 \text{ m}$
$S_2 = 1 \text{ m}$		$t_4 = 0,001 \text{ s}$	$S_5 = V_T t_4 = 0,001 \text{ m}$
$t_2 = \frac{1 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,1 \text{ s}$		$t_5 = 0,0001 \text{ s}$	$S_6 = V_T t_5 = 0,0001 \text{ m}$
$S_3 = 0,1 \text{ m}$			
$t_3 = \frac{0,1 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,01 \text{ s}$			
$S_4 = 0,01 \text{ m}$			
$t_4 = \frac{0,01 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,001 \text{ s}$			
$S_5 = 0,001 \text{ m}$			
$t_5 = \frac{0,001 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 0,0001 \text{ s}$			

appunti di un alunno

L'infinito, questo sconosciuto

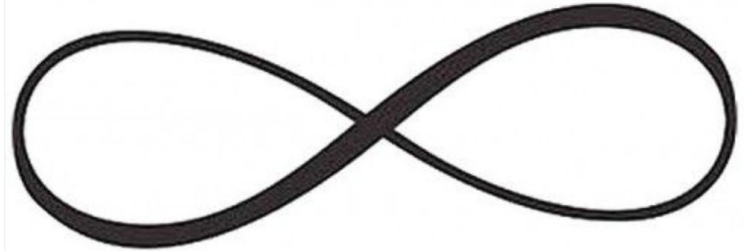
Come si può sommare un numero INFINITO di termini?

Che significa INFINITO?

In matematica, si sa, è un concetto visto (distrattamente) molto spesso. Dove?

I ragazzi dicono subito che la prima volta che hanno sentito parlare di infinito è stato quando hanno studiato i numeri Naturali.

Lo sanno che sono “infiniti” perché ad un qualsiasi numero se ne può sommare un altro e così via, senza fine, così come appare senza fine il ragionamento iterativo di Zenone.



La serie geometrica

Per far capire come è stato possibile risolvere il problema, senza ricorrere a concetti di analisi matematica, come i limiti e le serie, viene proposto il seguente esempio:

Prendiamo un segmento che misura due unità. Sappiamo che la sua misura "è 2" per costruzione.

Dividiamolo a metà, poi dividiamo in due parti la seconda metà: otterremo $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$, che sappiamo chiaramente che corrisponde sempre a due.

Proviamo ora ad iterare il ragionamento dividendo ancora in due parti l'ultimo segmento e ancora e ancora...

Risultato?

Otteniamo una serie infinita di potenze di $\frac{1}{2}$ che **SAPPIAMO SOMMARE**, perché il totale era già noto a priori per costruzione.

Quindi con questo esempio abbiamo mostrato come la serie infinita di potenze con base $\frac{1}{2}$ abbia come somma 2, che può anche essere scritto come $1/(1-\frac{1}{2})$.

The image shows handwritten mathematical work on grid paper. At the top, a horizontal line segment is drawn, starting from a stick figure on the left. The segment is divided into two equal parts. The left part is labeled $10 \text{ km} / 2$ and the right part is labeled $10 \text{ km} / 2$. Below this, a second horizontal line segment is shown, divided into four equal parts. The first part is labeled '1', the second '1', the third '1', and the fourth '1'. Below this, the following equation is written:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^0 + \left(\frac{1}{2}\right)^1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \dots = 2$$

Below that, the sum of a geometric series is shown:

$$x = \frac{1}{2} \quad x^0 + x^1 + x^2 + x^3 + \dots = \frac{1}{1-x}$$

At the bottom, a diagram shows a bracketed sum from $k=0$ to infinity of x^k , with the formula $x^k = \frac{1}{1-x}$ written above it. The text "serie geometrica" is written to the right, and "sommatore" is written below the bracket. The condition $0 < x < 1$ is written at the bottom right.

appunti di un alunno

Non è più un paradosso!

Questo modo “macchinoso” di scrivere il risultato ci serve per dire (senza dimostrarlo) che la somma di una qualsiasi serie di potenze con base x , compresa tra 0 e 1 ha come risultato $1/(1-x)$, che è proprio lo strumento che ci serve per il nostro calcolo sul paradosso di Zenone.

A questo punto, sostituendo $1/10$ al posto della x , otteniamo proprio lo stesso “risultato esatto” che avevamo ricavato risolvendo il sistema tra le due leggi orarie del moto.

Adesso sì, il paradosso, sembra risolto davvero.

SOMMA TEMPI (ZENONE)

$$10 + \left(\frac{1}{10}\right)^0 + \left(\frac{1}{10}\right)^1 + \left(\frac{1}{10}\right)^2 + \dots$$
$$= 10 + \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{1}{10}\right)^k = 10 + \frac{1}{1 - \frac{1}{10}} = 10 + \frac{1}{\frac{10-1}{10}} =$$
$$= 10 + \frac{10}{9} = \frac{90+10}{9} = \frac{100}{9} \text{ s}$$

LEGGI ORARIE (VEDI DIETRO)

$$10t_s = 100 + t_s \quad t_s = \text{ISTANTE SORPASSO}$$
$$9t_s = 100 \rightarrow t_s = \frac{100}{9} \text{ s} \quad \text{OK!}$$

appunti di un alunno

Dove si trova quindi la “falla” del ragionamento?

Come conclusione dei nostri calcoli giungiamo insieme alla seguente conclusione:

Ciò che deve tendere ad infinito perché la distanza tenda a zero non è il tempo, altrimenti Zenone avrebbe ragione a dire che Achille non raggiungerà mai la tartaruga.

In realtà, a tendere ad infinito è il numero di iterazioni del ragionamento, ma ad ogni iterazione non solo la distanza, anche il tempo necessario a coprirla diminuisce sempre più.

Insomma, ogni volta l'iterazione diventa più breve e più veloce e, in buona sostanza, alla fine (all'infinito) giungeremo al punto in cui la tartaruga rimane dov'è Achille la raggiunge in tempo zero.



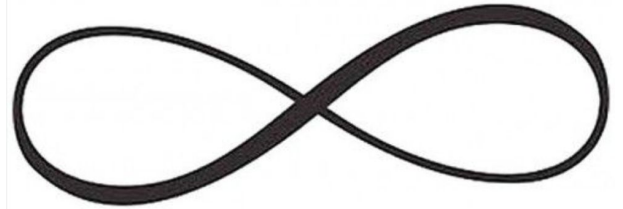
Ragionando sull'infinito

A questo punto i ragazzi, incuriositi dall'idea di aver imparato a fare una somma INFINITA, hanno ripensato anche agli altri paradossi di Zenone, come quello della freccia.

Rimangono però tanti dubbi sul concetto di infinito: Esiste davvero? Esiste solo in matematica quindi solo nella nostra mente?

I ragazzi, ripensando quindi ai loro studi filosofici capiscono ancor di più che Zenone si “incagliava” proprio sulla categoria dell'infinito e dell'infinitesimo; come già detto, Zenone non aveva gli strumenti matematici per comprenderlo e in fondo tutta la sua teoria si basava sul fatto che “l'infinito” non esiste nel mondo sensibile.

Ma pensando ai numeri, dove si trova l'infinito?



Conclusioni sull'infinito

Si iniziano a sparare numeri grossi, ma gli alunni stessi capiscono che non bastano.

Riassumiamo le considerazioni emerse dalla discussione finale:

L'infinito non è “tanto”, non è “tantissimo”, è “infinito”. Un miliardo di miliardi di zeri che seguono l'unità rappresentano un numero molto grande, ma l'infinito non è "più di quel numero", è proprio tutta un'altra cosa, è una quantità senza limite, anzi non è neanche una quantità.

Lo stesso vale per l'infinitesimo, che non è "piccolissimo", è infinitamente piccolo.

Finché l'iterazione del paradosso di Achille rimane nel finito, Achille dovrà sempre ancora coprire una piccolissima distanza.

Il paradosso si supera quando le interazioni diventano infinite e il distacco tra i concorrenti diventa infinitesimo.

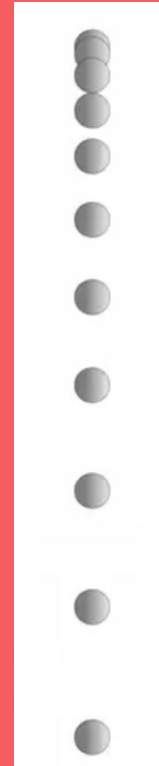


Osservazioni e conoscenze/ - EVIDENZE

- ❑ Affrontare un problema come quello di Achille e la Tartaruga ha rappresentato un collegamento utile tra Storia, Filosofia, Fisica e Matematica, risvegliando negli alunni la consapevolezza che le discipline non forniscono saperi in “compartimenti stagni”, ma che tutte contribuiscono ad un unico sviluppo di conoscenze e competenze.
- ❑ Il problema della sovrapposizione dei moti, visto inizialmente con gli strumenti immediati ed efficaci della cinematica del punto materiale (leggi orarie) e poi con l’approccio iterativo di Zenone, ha permesso di analizzare sotto prospettive differenti la problematica della sovrapposizione dei moti, stimolando curiosità e ricerca di soluzioni nuove per problematiche non banali.
- ❑ L’analisi dettagliata di questo problema ha permesso di anticipare, seppur con semplici strumenti, elementi di calcolo matematico più avanzato, come le serie numeriche, ed ha rappresentato anche un’occasione di potenziamento soprattutto per gli studenti che sono particolarmente interessati alla matematica.

FASE 3

Che cos'è l'accelerazione



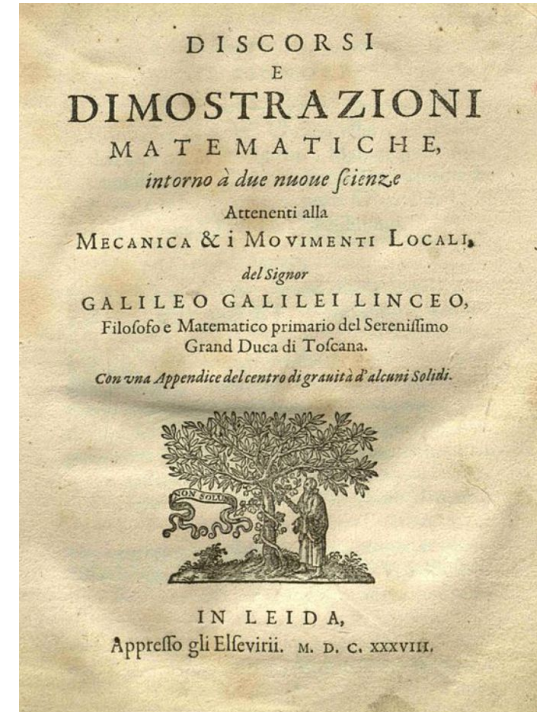
Accelerazione: Variazione di velocità rispetto a...?

Oggi iniziamo la lezione con la domanda: “cos’è per voi l’accelerazione?”

Mi sarei aspettata risposte che contenessero la loro idea di accelerazione proveniente dalla vita quotidiana, ma non riesco a farli uscire dalla loro “comfort zone”. Sono alla ricerca, quasi ossessiva, della formula che li fa sentire sicuri e che li guida nella risoluzione dei problemi nel momento della verifica.

Giulia dice: “è l’aumento o la diminuzione di velocità in un tratto di un determinato percorso, rispetto al tratto precedente.”

Questa risposta mi ha particolarmente colpito perché nei “Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze” Galileo propone due modi possibili per descrivere una variazione di velocità. le quantità $\Delta v/\Delta t$ e $\Delta v/\Delta s$. La seconda quantità fu scartata da Galileo a causa delle sue intuizioni sul moto di caduta libera.



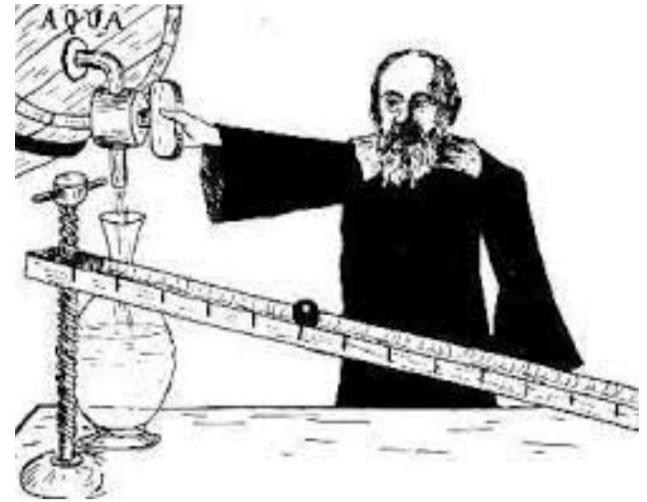
Accelerazione come rapporto

Si stanno avvicinando, ma manca ancora la relazione con il tempo.
Intervengo, chiedo loro di scegliere un valore per la velocità all'istante iniziale ed uno relativo ad un istante successivo.
“Se eseguo la differenza tra questi due valori ottengo l'accelerazione?
Cos'altro devo considerare?”

Finalmente Federico interviene: “L'accelerazione è una variazione di velocità in un determinato intervallo di tempo.”

Gli chiedo quale velocità dobbiamo considerare quella media o quella istantanea?

Rispondono di getto: “quella media”. Li faccio riflettere, spiegando che **se prendessi in considerazione la velocità media starei supponendo che il moto è rettilineo uniforme, e che quindi questo andrebbe in conflitto con il concetto di accelerazione.** Subito Viola afferma che in un moto uniforme la velocità è costante quindi la sua variazione sarebbe uguale a zero e che quindi l'accelerazione sarebbe nulla. Quindi concordiamo che la velocità da considerare è quella istantanea.



Accelerazione: esempi concreti

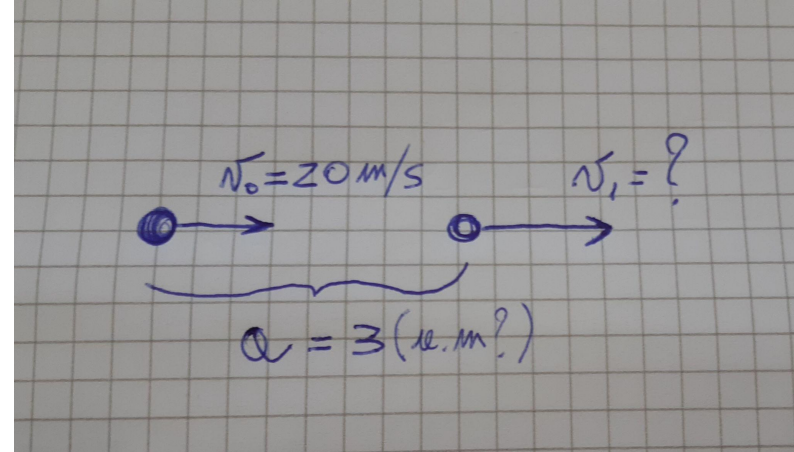
Come per la velocità riporto la loro attenzione sul significato di questo nuovo rapporto. Rispondono correttamente.

Ma devo essere sicura che tutti abbiano capito.

“Se un corpo all’istante iniziale ha una velocità di 20 m/s e un’accelerazione di 3m/(u.m.?) (evito la prematura introduzione dell’unità di misura corretta) cosa possiamo dire sulla sua velocità dopo un secondo?”

Giulia risponde subito correttamente, ma il resto della classe mi dice di non aver capito.

Allora decido di prendere come esempio un corpo che si muove con velocità iniziale nulla, con un’accelerazione sempre di 3(u.m.?). A questo punto tutti rispondono correttamente.



appunti di un alunno

Accelerazione: la caduta dei gravi

Introduco il concetto di moto con accelerazione costante prendendo come esempio il fenomeno della caduta libera, ho chiesto se avevano sentito parlare del valore $9,8\text{m/s}^2$.

Idea risponde: “La forza di gravità”,

La esorto a non pensare alle cause, ma suggerisco di considerare l’unità di misura.

Capiscono che si tratta di un’accelerazione, li informo che un corpo lasciato cadere è sottoposto a questa accelerazione. Cerco un oggetto per simulare il fenomeno, scegliamo la pallina da golf che Federico porta sempre con sé. Noto che quando propongo simulazioni di questo tipo riesco ad ottenere l’attenzione dell’intera classe.

Lascio cadere la pallina e disegno alla lavagna la situazione appena simulata.

Chiedo quanto vale l’istante iniziale, ma tentennano. Allora ripeto l’esperienza chiedendo di attivare il cronometro del telefonino nell’istante in cui lascio cadere la pallina. Tutti riportano l’istante in cui la pallina tocca terra, naturalmente sono tutti diversi. Li rassicuro dicendo che a me interessa l’istante iniziale. Non tutti mi rispondono 0s.

Chiedo il valore della velocità all’istante 0s e all’istante successivo. Rispondono correttamente.

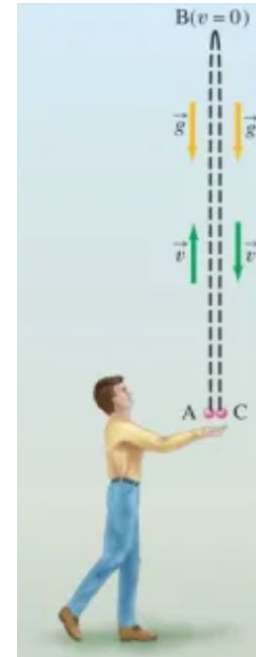


Accelerazione: lancio verso l'alto

Ora lancio verso l'alto la pallina e chiedo di ragionare su questo secondo evento.

Giulia afferma che ho esercitato una forza sulla palla, continuo a riportarli sulla cinematica, Federico allora afferma che la velocità in questo caso è diversa da zero. Dividiamo il fenomeno in due fasi: quando la pallina sale e quando questa scende.

Anna, **reduce dalla lezione di filosofia**, mi dice: “Prof sono due moti diversi uno artificiale e uno naturale, come diceva Aristotele c'è un moto naturale e uno violento”. Vorrei affrontare questo argomento ma mi limito a dire che quello che afferma Aristotele va un pò in contrasto con la fisica moderna, apprezzo la sua intuizione e la incoraggio.



La caduta dei gravi: *inganno della mente?*

Cosa si può dire della fase iniziale del primo evento (caduta libera), che coincide con la fase finale del secondo evento (lancio verso l'alto)?

E qui che a mio avviso *avviene il miracolo*.

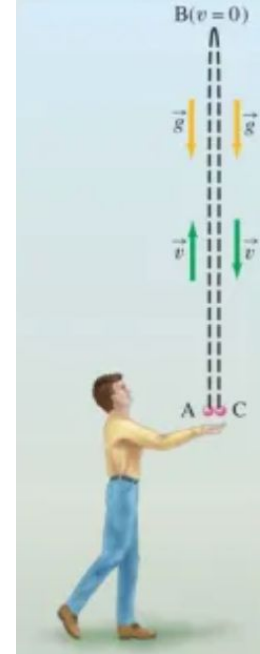
Alice F. che fino a quel momento sembrava essere distratta e fuori dai discorsi è l'unica a rispondere correttamente: "La velocità è nulla?!" (con una faccia estasiata come se volesse gridare "Finalmente vedo la luce").

Chiedo quanto vale l'accelerazione: *barcollano*.

Luca alza la mano: "è ancora $9,8\text{m/s}^2$ ". Anna conferma dicendo che la seconda parte del moto è come il primo esempio, un moto naturale.

Sembra facile intuire la simmetria dei due moti, quello di caduta libera e il lancio della pallina verso l'alto.

Tuttavia "ad occhio" non percepiamo l'aumento della velocità nella caduta e neanche la riduzione della velocità nella fase di salita: se ci affidassimo, come facevano gli antichi greci, alla semplice speculazione, i moti apparirebbero pressoché uniformi.

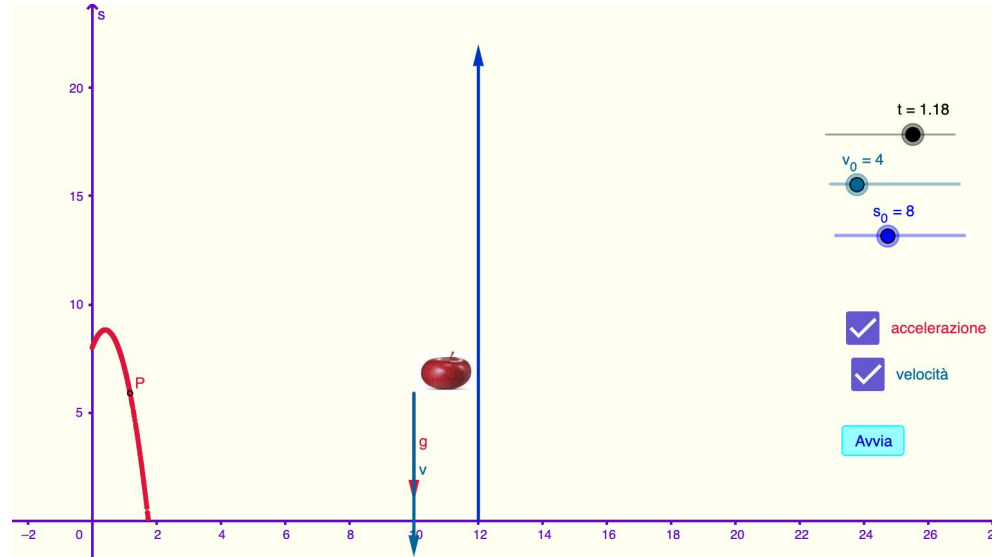


“Rallentiamo” lo scorrere del tempo

Ma come si concilia questa percezione col fatto che in ciascuno di questi moti la velocità dello stato iniziale e quella dello stato finale sono così diverse? *E' evidente che i sensi ci ingannano.*

Abbiamo bisogno di qualcosa che “rallenti” la nostra percezione dello scorrere del tempo:

Grazie alla grande quantità di strumenti tecnologici che abbiamo a disposizione oggi non è difficile: usiamo quindi una simulazione del software Geogebra.

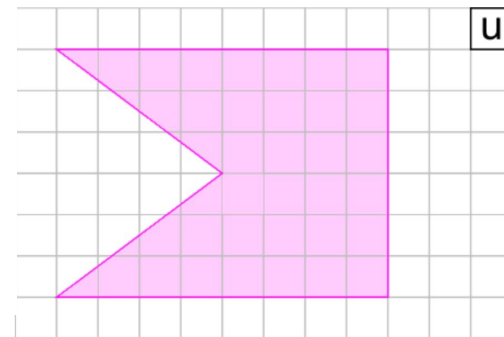
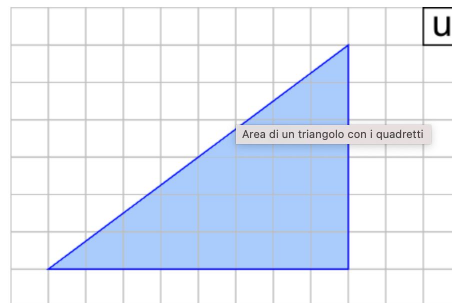


Screenshot simulazione di Geogebra

Richiami geometrici per affrontare la “Legge oraria moto rettilineo uniformemente accelerato”/1

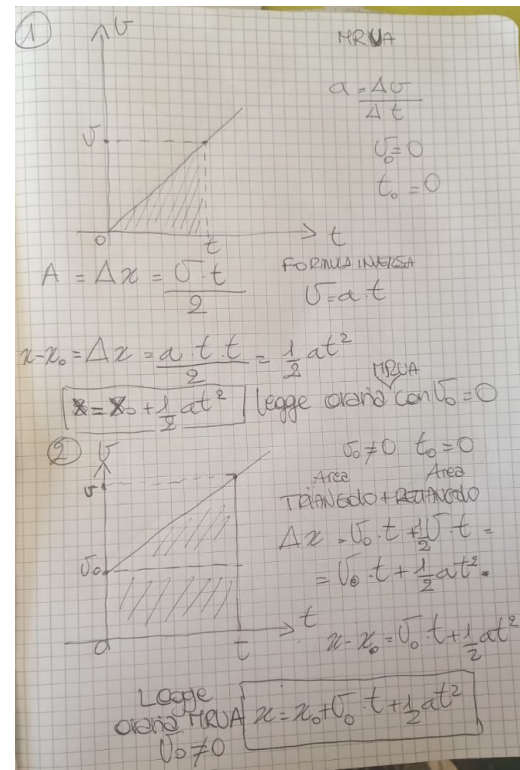
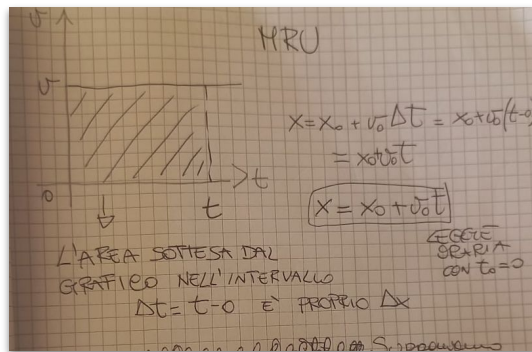
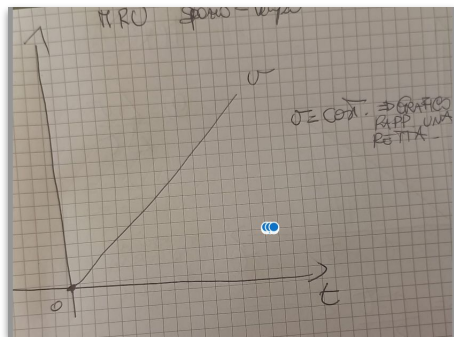
Prima di introdurre la legge oraria del M.R.U.A. si decide di approfondire il concetto di area, partendo proprio dalla sua definizione operativa, somministrando esercizi dove si parte dalla scelta del quadrato unitario, per passare alla sovrapposizione di una griglia alla figura in questione, fino a contare realmente i quadrati. Questa scelta è stata dettata dal contesto in cui si è svolto questo corso. Anche se può sembrare di difficoltà elementare non sono mancati diversi errori relativi al calcolo di aree di figure di forme irregolari. E' sempre meglio assicurarsi che gli studenti abbiano tutte le basi per affrontare un argomento specifico.

Abbiamo concluso questo discorso con il concetto di area sottesa da un grafico in un determinato intervallo.



Legge oraria moto rettilineo uniformemente accelerato/2

Per introdurre la legge oraria del M.R.U.A. siamo partiti dall'interpretazione grafica del M.R.U. Visualizzando sia il grafico spazio-tempo sia quello velocità-tempo.



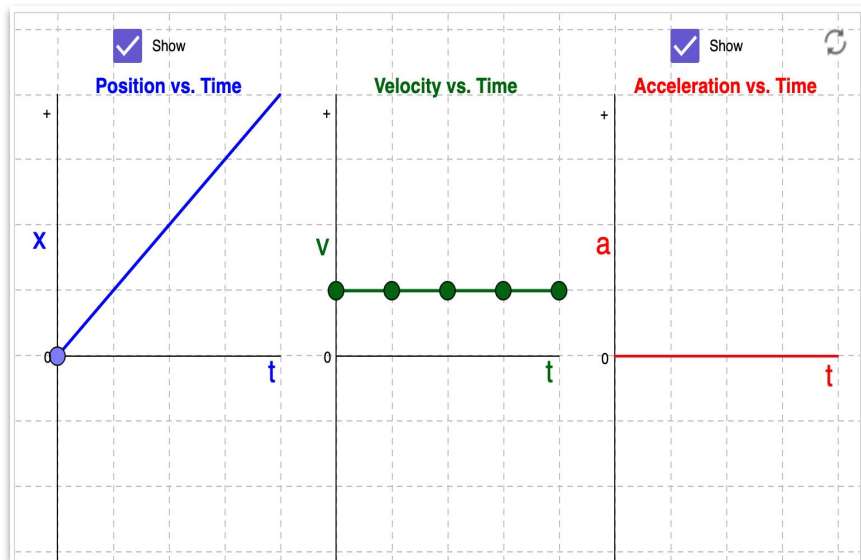
Ho portato la loro attenzione sul fatto che lo spostamento Δx rappresenta proprio il valore dell'area sottesa dal grafico nell'intervallo Δt con istante iniziale nullo, quindi abbiamo ricavato la legge oraria del M.R.U.

Questa verifica \u00e8 avvenuta anche utilizzando geogebra rappresentando i due grafici s-t e v-t relativi ad un M.R.U. inserendo i dati a nostra disposizione.

Diario di bordo dell'insegnante: quando utilizzo geogebra sulla digital board, facendo inserire i dati direttamente ai ragazzi, noto un rafforzamento delle loro capacit\u00e0 logiche e delle competenze pratiche. Visualizzare in modo schematico i dati dei moti a loro disposizione li rende pi\u00f9 consapevoli di quello che stiamo studiando.

Legge oraria moto rettilineo uniformemente accelerato/3

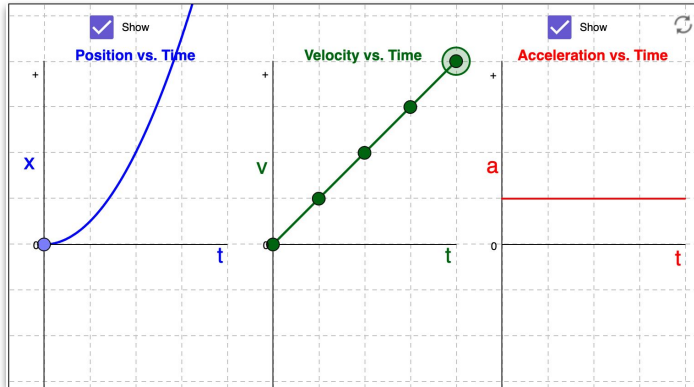
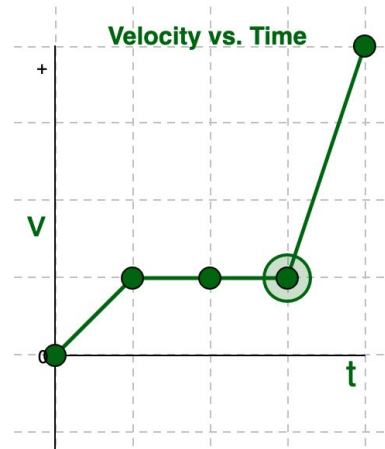
Con l'aiuto di Geogebra i ragazzi hanno potuto visualizzare in tempo reale i vari grafici del moto al seguente link:
<https://www.geogebra.org/m/drdpsgv8>



Spostare i cinque pallini verdi relativi ai valori di velocità in vari istanti di tempo ha permesso loro di realizzare come cambiano i relativi grafici s-t e a-t. Grazie a questo tipo di esercizio hanno potuto nuovamente verificare la relazione tra spazio percorso e area sottesa al grafico nei vari intervalli di tempo.

Legge oraria moto rettilineo uniformemente accelerato/4

Ho chiesto come conferma ai ragazzi come avrei dovuto posizionare i pallini verdi affinché potessi ottenere un M.R.U.A. Non tutti mi hanno risposto in modo corretto. Allora ho proposto un esercizio inverso. Ho chiesto di interpretare il seguente grafico. Hanno risposto in modo corretto e finalmente siamo arrivati ad un corretto esempio di grafico rappresentante un M.R.U.A.



Chiedo conferma a Viola che prontamente risponde: “Il grafico è corretto perché la velocità aumenta di una quantità costante in intervalli di tempo uguali”.
Missione compiuta.

Osservazioni e conoscenze/ - EVIDENZE

- ❑ La definizione di accelerazione ha presentato un livello di difficoltà maggiore rispetto a quella di velocità. L'idea di un rapporto “doppio” rispetto al tempo, che poi, nel limite di un intervallo di tempo infinitesimo, corrisponderebbe ad una derivata seconda, non è stato semplice da digerire.
- ❑ La possibilità di avere accelerazione diversa da zero e velocità nulla è stata un'ulteriore sfida da affrontare, utilizzando un approccio induttivo, costruito dagli stessi alunni con l'esperienza.
- ❑ L'utilizzo autonomo di software didattici, come Geogebra, ha rappresentato un aiuto importante per la loro immaginazione, a volte non sufficiente per visualizzare gli effetti fenomenologici delle leggi fisiche, permettendo loro di superare ampiamente le semplici speculazioni basate sul senso comune.

Verifiche degli apprendimenti /1

La verifica degli apprendimenti è stata effettuata durante tutto il percorso con la somministrazione di domande alla fine di ogni incontro.

Le verifiche orali sono state somministrate solo dove c'era il bisogno di recuperare voti insufficienti relativi alle verifiche scritte.

La valutazione finale è avvenuta considerando l'impegno rispetto a tutto il percorso, la consegna dei compiti per casa, la partecipazione durante le lezioni, la completezza del diario di bordo tenuto dai ragazzi e naturalmente le verifiche scritte svolte in classe.

Si riporta di seguito i quesiti proposti più rilevanti:

- *Rappresentare su un grafico i dati relativi allo studente che ha compiuto il percorso di andata e ritorno più quello di uno studente a vostra scelta.*
- *Per ciascuno dei movimenti determinare la velocità media sull'intero percorso. Per il grafico di Federico qual è la velocità media all'andata e al ritorno? come spieghi il risultato ottenuto?*
- *Calcola più valori possibili delle velocità istantanee del moto di Anna.*

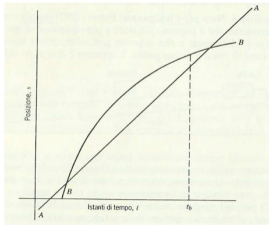
Verifiche degli apprendimenti /2

❑ Problemi dati in verifiche scritte, attinenti al percorso LSS svolto

COMPITO DI FISICA

DATA _____ ALUNNO _____ CLASSE _____

- 1) La figura sottostante mostra gli andamenti della posizione in funzione degli istanti di tempo dei moti rettilinei di due sfere A e B che ruotano su due guide parallele



- (a) Segnate con il simbolo t_a lungo l'asse t del diagramma l'istante (o gli istanti) in cui una sfera sta sorpassando l'altra.
(b) Quale sfera, A o B, si sta muovendo più velocemente nell'istante t_b ?
(c) Segnate con il simbolo t_c lungo l'asse t del diagramma l'istante (o gli istanti) in cui le due sfere hanno la stessa velocità.
(d) Nel periodo di tempo illustrato nel diagramma, la sfera B sta
- (1) aumentando continuamente la velocità
 - (2) diminuendo continuamente la velocità
 - (3) aumentando la velocità per parte del tempo e diminuendola per la rimanente parte.
- (Sottolinea la risposta corretta)

Il seguente problema è una versione semplificata e risolvibile con carta e penna della prova di confronto delle velocità di Trowbridge e McDermott.

Arons consiglia questo tipo di esercizio per aiutare gli studenti ad uscire dai propri “*protoconcetti*” e a progredire verso una migliore distinzione tra posizione e velocità.

Solo uno studente è riuscito a rispondere correttamente al quesito (c).

Gli altri hanno individuato gli istanti richiesti in corrispondenza dei punti di intersezione.

A mio parere la correzione in classe di questo esercizio è servito a chiarire ulteriori dubbi sull'interpretazione dei grafici.

Verifiche degli apprendimenti /3

COMPITO DI FISICA

DATA _____ ALUNNO _____ CLASSE _____

- 1) Le automobili A e B si muovono lungo la stessa strada rettilinea nella maniera seguente: l'auto A è situata nella posizione $s=3,6$ km quando l'orologio segna $t=0,00$ h e mantiene una velocità costante di 54 km/h. L'auto B è situata nella posizione $s=0,0$ km quando l'orologio segna $t=0$ h 30' e mantiene una velocità costante di 75 km/h.
- A. A quale istante di tempo l'automobile B raggiungerà e sorpasserà A?
 - B. In che posizione avverrà il sorpasso?
 - C. Quanto tempo dopo essere stata in $s=0,0$ km B sorpasserà A?
 - D. Fino all'istante in cui viene sorpassata, quale distanza ha percorso A a partire dal punto in cui era in $t=0,0$ s?

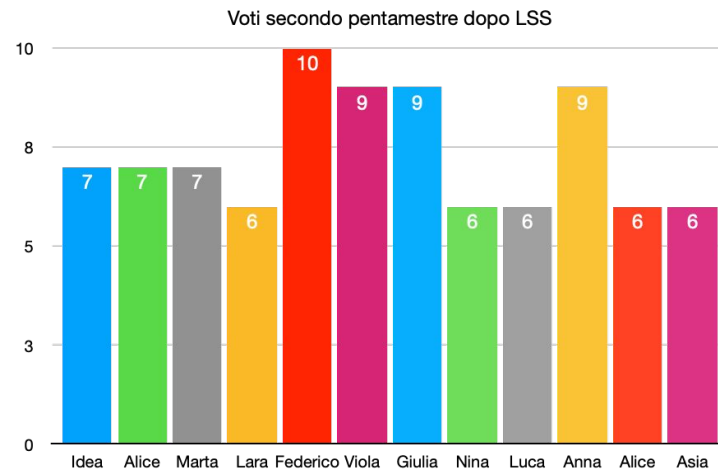
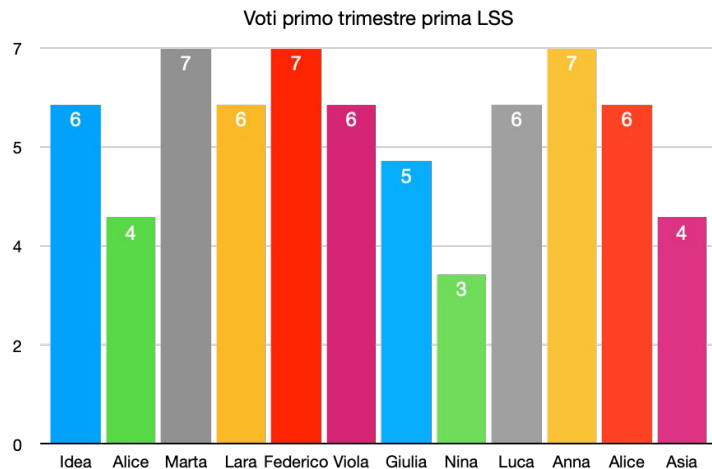
Mettete alla prova la vostra preparazione risolvendo questo problema in due modi diversi: dapprima risolvete graficamente disegnando i due valori di s in funzione di t sullo stesso diagramma e leggendo direttamente dal grafico i risultati richiesti. In seguito risolvete il problema algebricamente scrivendo due equazioni: una per la posizione s_A dell'auto A in funzione degli istanti di tempo t , e un'altra per la posizione s_B dell'auto B in funzione di t .

P.S.: riportate i valori in m e in s.

Anche questo problema è stato scelto tra i consigliati di Arons nella sezione di fine capitolo sulla cinematica.

Risultati ottenuti/1

Il percorso è stato proposto ad una classe terza del liceo classico con significative lacune per quanto riguarda i concetti matematici base e una profonda sfiducia nelle proprie capacità rispetto alla comprensione delle materie scientifiche. Le capacità logiche di questa classe erano pressappoco inesistenti, allo stesso modo le competenze pratiche. Durante tutto il percorso si è notato un miglioramento sostanziale e profondo delle loro abilità anche nei casi che sembravano irrecuperabili. Nessuno studente ha avuto la sospensione del giudizio, anche quello con disturbo specifico dell'apprendimento, discalculia, è apparso interessato e volenteroso.



Si riportano gli istogrammi relativi alle valutazioni del primo trimestre prima di intraprendere il percorso LSS e quelli del secondo pentamestre dopo tale percorso. Si nota come siano migliorati i voti di tutti, soprattutto in quelle situazioni dove non era auspicabile un recupero.

Risultati ottenuti/2

❑ **L'approccio scientifico.**

Gli studenti hanno toccato con mano il metodo scientifico, ipotizzando, realizzando, misurando, verificando.

❑ **Interdisciplinarietà.**

Gli studenti hanno correttamente collocato conoscenze specifiche del loro percorso di studi nel contesto della fisica, matematica, storia e filosofia, raggiungendo così una competenza più completa

❑ **Collocare nel contesto**

Inizialmente le conoscenze sono risultate frammentarie, avulse dal contesto. Solo all'interno di una visione d'insieme hanno ottenuto una corretta collocazione.

Risultati ottenuti/3 - Competenze trasversali

❑ **Teamworking.**

Gli studenti hanno imparato, sotto la guida dei docenti, ad organizzarsi assegnando precisi compiti e responsabilità all'interno del gruppo

❑ **La curiosità verso la scienza.**

All'interno dei laboratori e nelle dimostrazioni pratiche in classe, gli studenti hanno maturato curiosità e meraviglia nei confronti dei fenomeni trattati, formulando ipotesi e cercando risposte.

Valutazione dell'efficacia del percorso didattico/1

- ❑ Gli studenti hanno pienamente raggiunto le aspettative del gruppo di lavoro LSS. Al termine dei laboratori il gruppo studenti è risultato più motivato, più curioso e sensibile nei confronti della fisica.
- ❑ Obiettivo principale del gruppo di lavoro LSS sul percorso didattico è stato quello di raccordare gli insegnamenti teorici di fisica, spesso affrontati con lezioni frontali, con un laboratorio dai contenuti più pratici.
- ❑ Inoltre, è da sottolineare come sia stato pienamente raggiunto l'obiettivo di completare e raccordare alcuni contenuti formativi delle materie umanistiche con le discipline scientifiche

Valutazione dell'efficacia del percorso didattico/2

- ❑ Gli studenti hanno partecipato attivamente, quasi non accorgendosi della necessità dei prerequisiti (contenuti formativi della disciplina) a cui hanno attinto nella progettazione e nella realizzazione.
- ❑ Gli studenti hanno dimostrato di essere in grado di applicare correttamente le leggi fisiche coinvolte nei fenomeni studiati per ottenere, per via teorica, risultati quantitativi (esercizi)
- ❑ Oltre le aspettative del gruppo di ricerca LSS, alcuni studenti hanno maturato capacità logiche che fino ad allora erano quasi inesistenti, hanno inoltre acquisito competenze pratiche durante tutte le rilevazioni dei dati necessari allo studio dei fenomeni trattati.