

REGIONE  
TOSCANA



**Prodotto realizzato con il contributo della Regione Toscana  
nell'ambito dell'azione regionale di sistema**

# **Laboratori del Sapere Scientifico**



**Liceo Statale “C. Lorenzini”  
Classico, Linguistico, Scientifico, Scienze umane  
Pescaia (PT)**

---

# dalla realtà ai grafici, dai grafici alla realtà

percorso didattico finalizzato all'introduzione  
dello studio della cinematica nelle classi seconde  
del liceo scientifico

a.s. 2013-2014

# collocazione del percorso effettuato nel curriculum verticale

---

- il percorso è stato svolto nelle classi seconde del liceo scientifico, quando si inizia lo studio della cinematica, una volta che gli studenti sono in grado di rappresentare relazioni tra grandezze nel piano cartesiano
-

# obiettivi essenziali di apprendimento

---

- ❑ rilevare dati e costruire grafici posizione-tempo ( $s/t$ ) tenendo conto degli errori di misura
  - ❑ a partire da essi costruire grafici velocità-tempo ( $v/t$ ) e accelerazione-tempo ( $a/t$ ) utilizzando la propagazione degli errori
  - ❑ dall'analisi dettagliata di grafici  $s/t$  e  $v/t$  dedurre le caratteristiche del moto di un corpo
  - ❑ dedurre le equazioni orarie per i moti rettilineo uniforme e uniformemente accelerato applicando le nozioni già acquisite in matematica
  - ❑ avviare ad uno studio critico che stimoli i collegamenti tra le conoscenze acquisite e i fenomeni della realtà quotidiana
-

# elementi salienti dell'approccio metodologico

---

a differenza di uno studio standard della cinematica si tratta di un percorso innovativo caratterizzato da un approccio sperimentale:

- ❑ osservazione del moto di un carrellino su una rotaia
- ❑ registrazione delle posizioni in funzione del tempo, rappresentazione in un piano  $s/t$  e successiva elaborazione, che permettono di determinare l'equazione oraria dei moti, uniforme e uniformemente accelerato, utilizzando le conoscenze di geometria analitica
- ❑ introduzione dei concetti di velocità e accelerazione istantanea, iterando, su intervalli di tempo sempre più piccoli, l'analisi di diverse sezioni dei grafici  $s/t$  e  $v/t$
- ❑ studio dei grafici  $s/t$  e  $v/t$  dai quali si risale alla descrizione del moto vario di un oggetto reale

tutto ciò ha permesso agli studenti, attraverso la correzione degli elaborati e le continue discussioni in classe, di appropriarsi degli strumenti di analisi del moto e di imparare a utilizzare i concetti acquisiti in situazioni nuove

---

## materiali, apparecchi e strumenti utilizzati

---

- ❑ carrellino, rotaie e marcatempo
  - ❑ software per costruire tabelle e grafici
-

## ambienti di lavoro in cui è stato sviluppato il percorso

---

- laboratorio di fisica
  - laboratorio multimediale
  - aula scolastica
  - a casa
-

## tempi impiegati

---

- per la messa a punto preliminare nel gruppo LSS: 4 h
- per la progettazione specifica nelle classi: 8 h
- per lo sviluppo del percorso a scuola: 10 h + attività assegnate a casa
- per documentazione: 6 h



## altre informazioni

---

- il percorso si sviluppa attraverso un raccordo continuo tra i docenti di matematica e fisica, con lo scopo di:
    - affrontare gli argomenti in modo interdisciplinare
    - economizzare i tempi di lavoro
    - abituare gli studenti ad utilizzare contemporaneamente strumenti propri di ambiti disciplinari differenti
-

## sintesi degli argomenti proposti e discussi in classe

---

- ❑ individuare gli strumenti e le grandezze necessarie per descrivere un moto
  - ❑ raccogliere i dati relativi al moto di un carrellino su una rotaia orizzontale e inclinata
  - ❑ rappresentare i dati in un diagramma posizione/tempo (s/t)
  - ❑ determinare la velocità media sull'intero percorso e su tratti parziali di percorso
  - ❑ costruire grafici velocità/tempo (v/t)
  - ❑ determinare l'accelerazione media sull'intero percorso e su tratti parziali di percorso
  - ❑ determinare le equazioni orarie del moto rettilineo uniforme e uniformemente accelerato rappresentati in grafici s/t
  - ❑ descrivere un moto vario rappresentato in grafici s/t e v/t
-

## argomenti proposti e discussi in classe

---

- Nella lezione introduttiva allo studio della cinematica:
    - gli studenti sono stati invitati a descrivere il moto di un oggetto e dalla discussione è emerso che era necessario stabilire un sistema di coordinate per individuarne la posizione
    - sono stati definiti i concetti di posizione, spostamento e velocità media rispetto al sistema di coordinate scelto
-

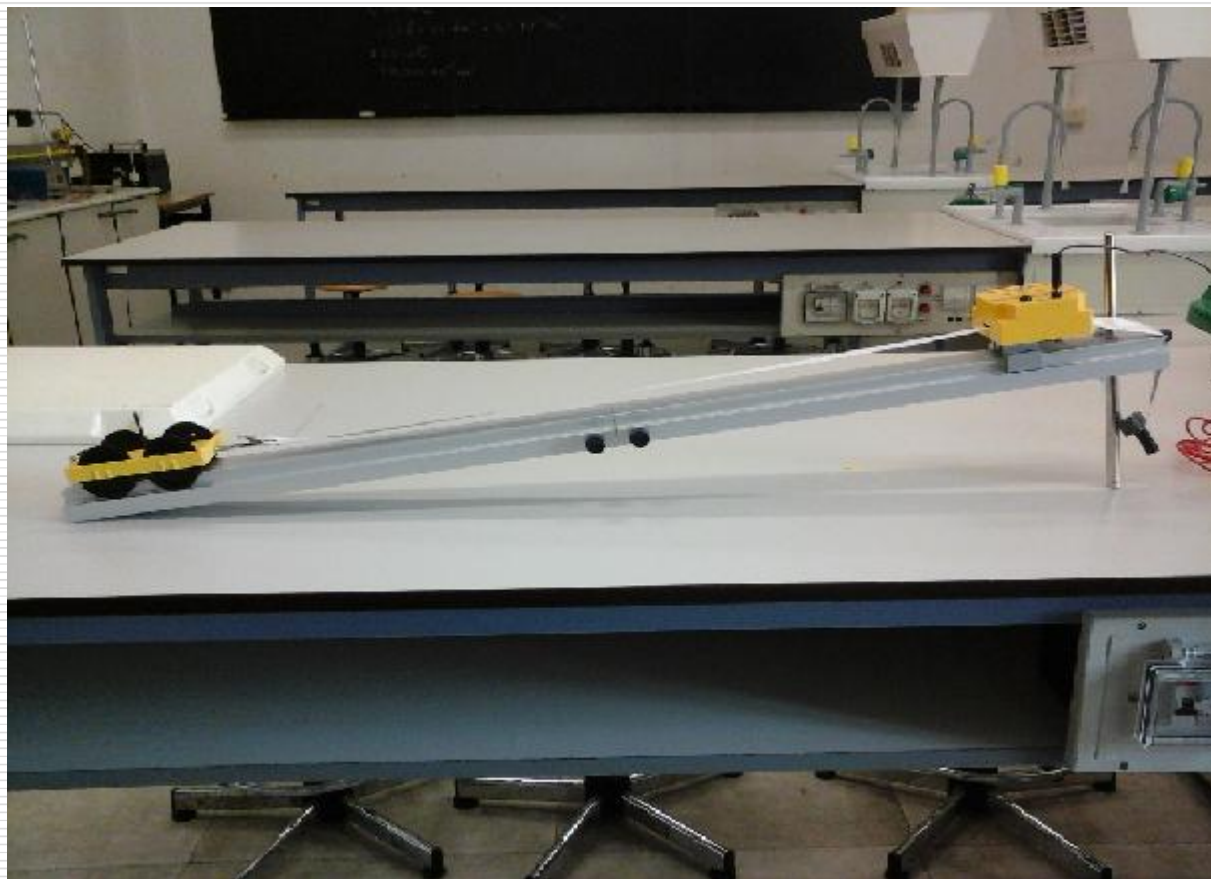
## argomenti proposti e discussi in laboratorio

---

- nel laboratorio di fisica gli studenti hanno osservato il moto di un carrellino su una rotaia sia orizzontale che inclinata; in seguito la posizione è stata registrata su strisce di carta, utilizzando un marcatempo, che permette di scegliere intervalli di tempo di 10 o 100 millisecondi
-

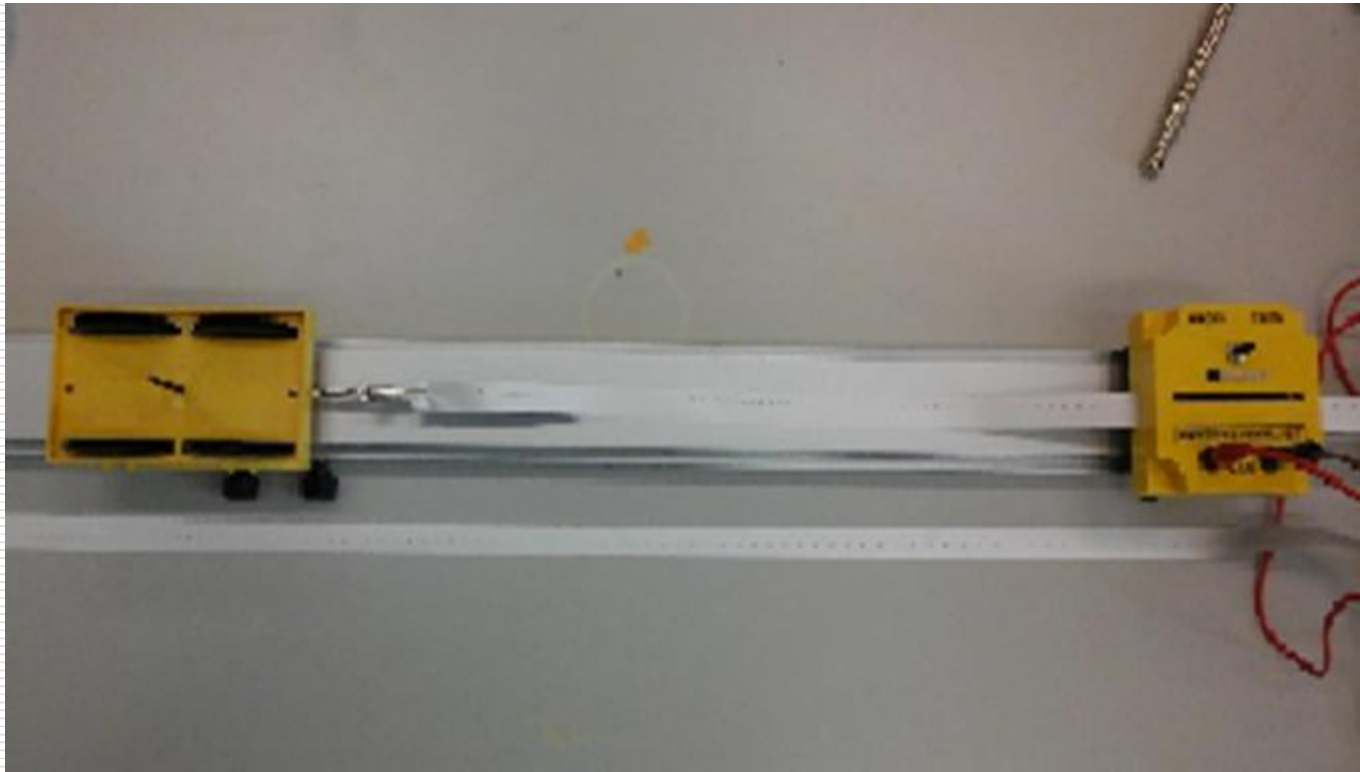
# l'apparato sperimentale

---

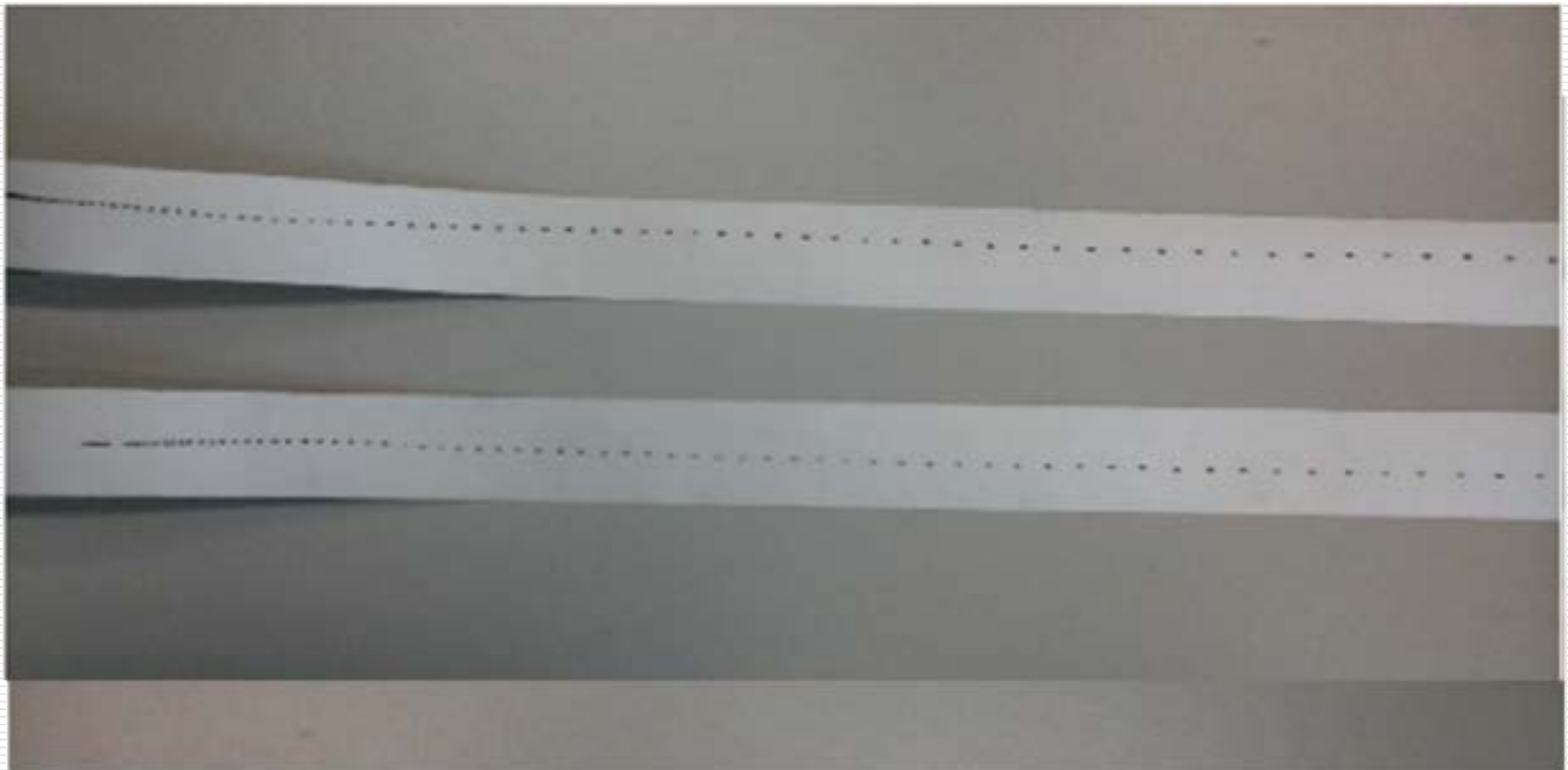


# il carrellino, il marcatempo e le strisce di carta

---

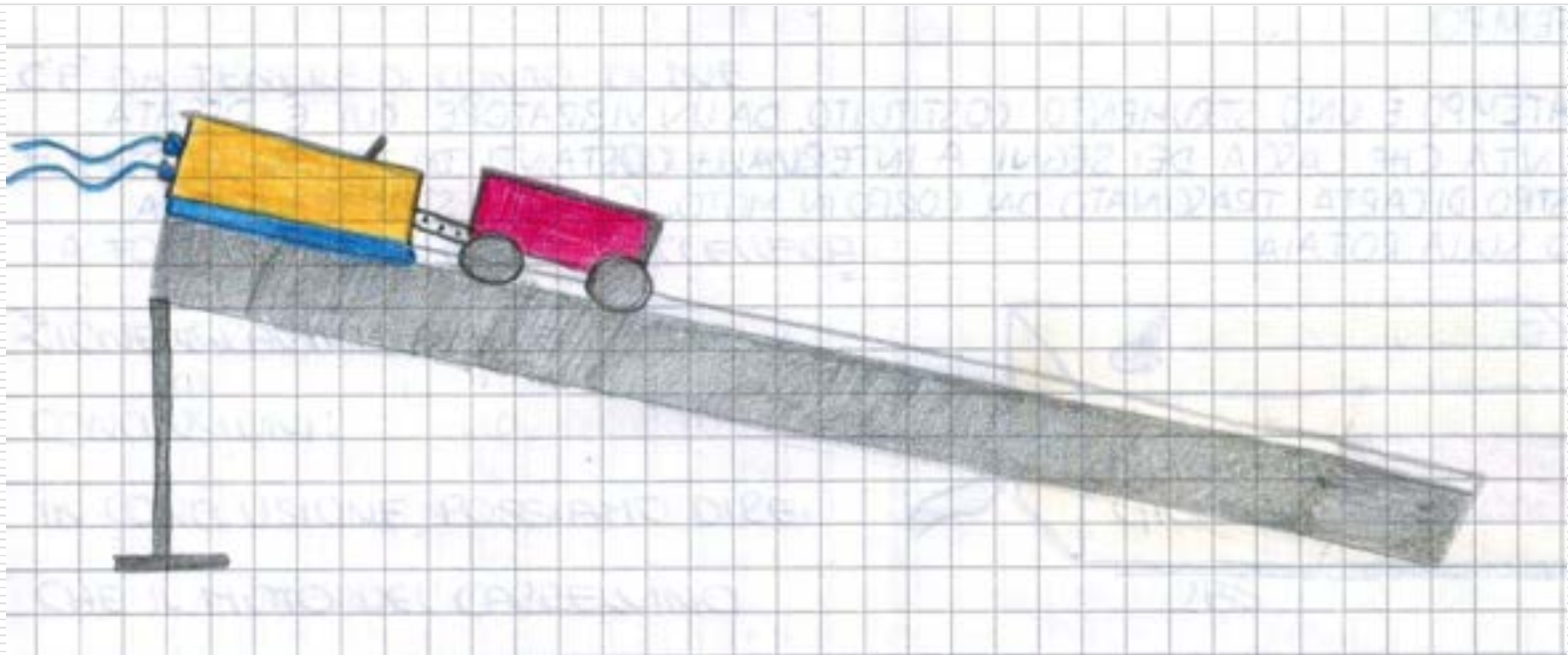


particolare delle strisce segnate dal marcatempo



# la riproduzione dell'apparato sperimentale: esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (1)

---





## argomenti proposti e discussi in laboratorio

---

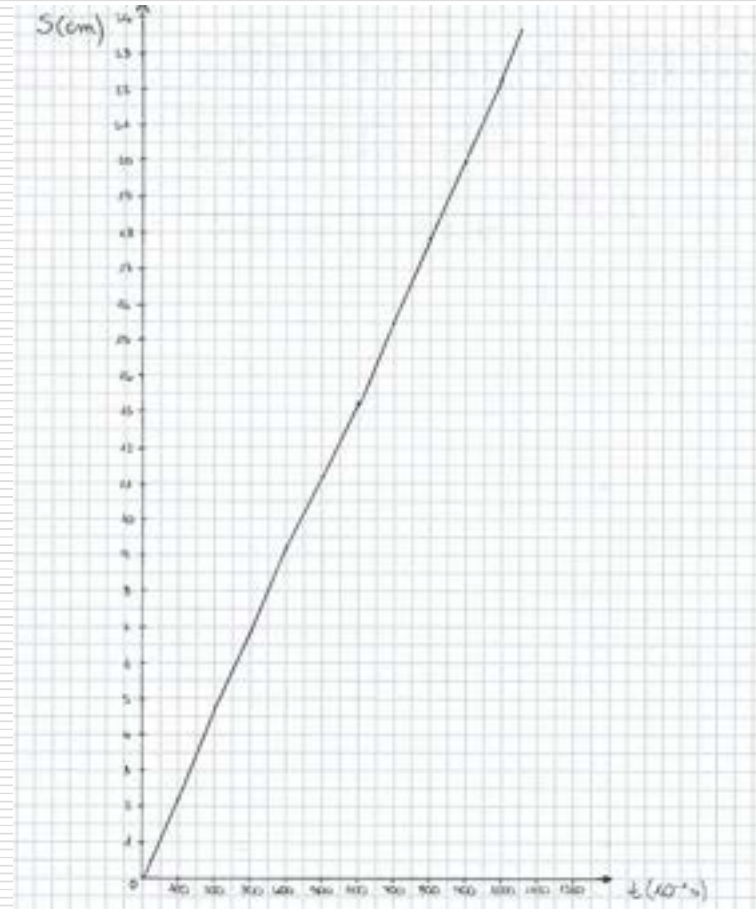
- ❑ gli studenti, suddivisi in gruppi, hanno misurato la posizione di alcuni punti sulla striscia, ad esempio uno ogni cinque oppure uno ogni dieci punti, in funzione del tempo e li hanno riportati in una tabella
  - ❑ a casa i dati raccolti sono stati rappresentati in un diagramma "posizione-tempo"
-

i dati relativi al moto sulla rotaia orizzontale e il corrispondente grafico: esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (2)

Dati sperimentali

$(10^{-3}) t$	$s$ (cm)
0	0
100	2,3
200	4,6
300	6,9
400	9,1
500	11,3
600	13,4
700	15,5
800	17,7
900	20,0
1000	22,4
1100	24,7
1200	27,0
1300	29,1
1400	31,2
1500	33,4
1600	35,7
1700	37,9

piano orizzontale



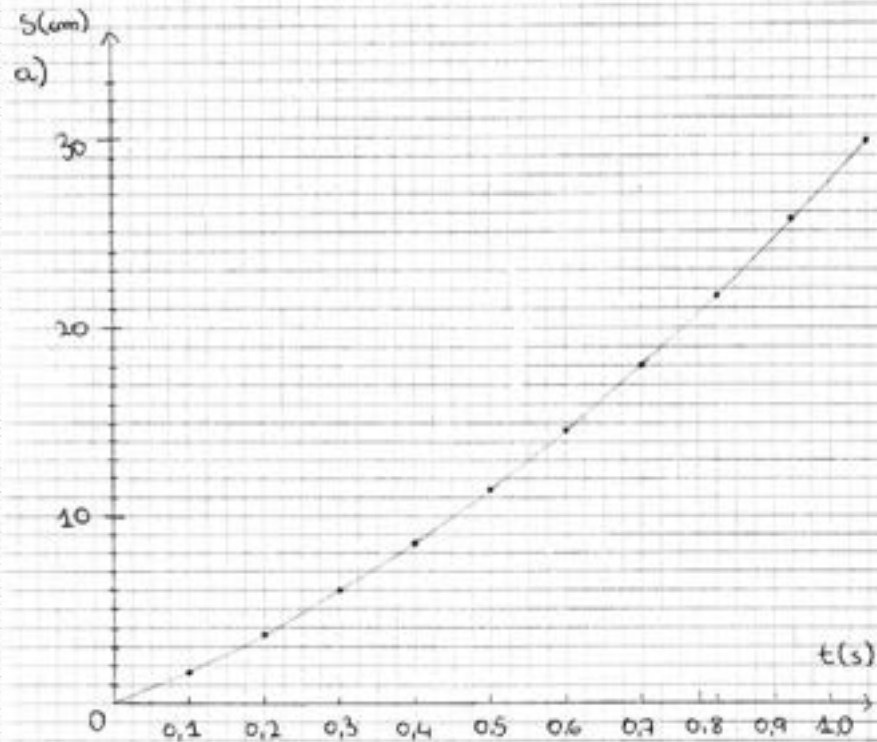
i dati relativi al moto sulla rotaia inclinata e il corrispondente grafico: esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (3)

• DATI RACCOLTI

a)

s	t
cm 1,7	100 (0,1 s)
cm 3,7	200 (0,2 s)
cm 6	300 (0,3 s)
cm 8,5	400 (0,4 s)
cm 11,4	500 (0,5 s)
cm 14,6	600 (0,6 s)
cm 18	700 (0,7 s)
cm 21,7	800 (0,8 s)
cm 25,7	900 (0,9 s)
cm 29,9	1000 (1,0 s)

• GRAFICI

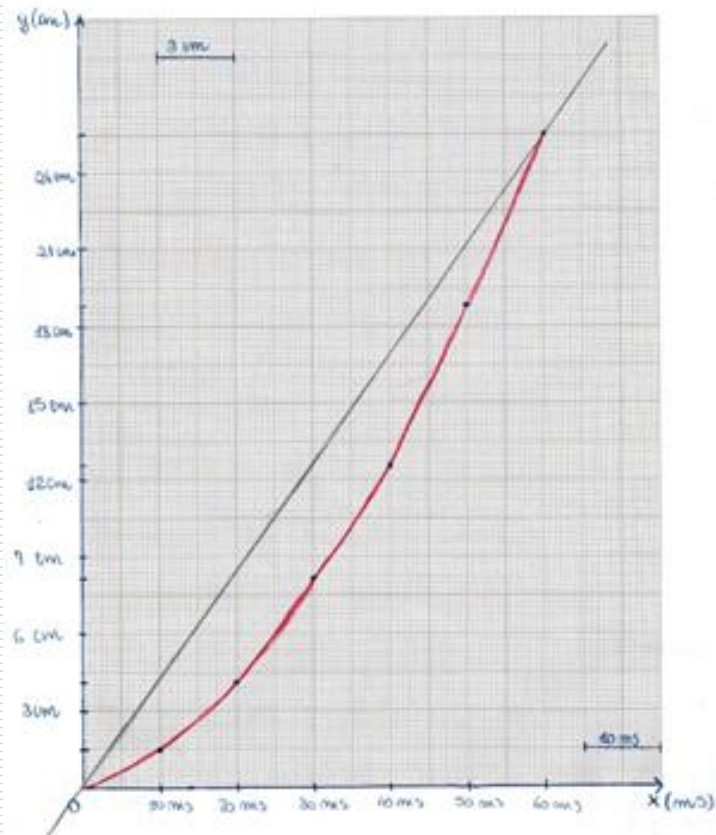


## argomenti proposti e discussi in classe

---

- ogni gruppo ha presentato alla classe il grafico posizione-tempo ottenuto analizzando le diverse strisce relative al moto del carrellino
  - in ogni grafico s/t è stata calcolata la velocità media dell'intero percorso come coefficiente angolare della retta passante per il punto iniziale e finale del grafico
-

velocità media dell'intero percorso: esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (4)



## argomenti proposti e discussi in classe

---

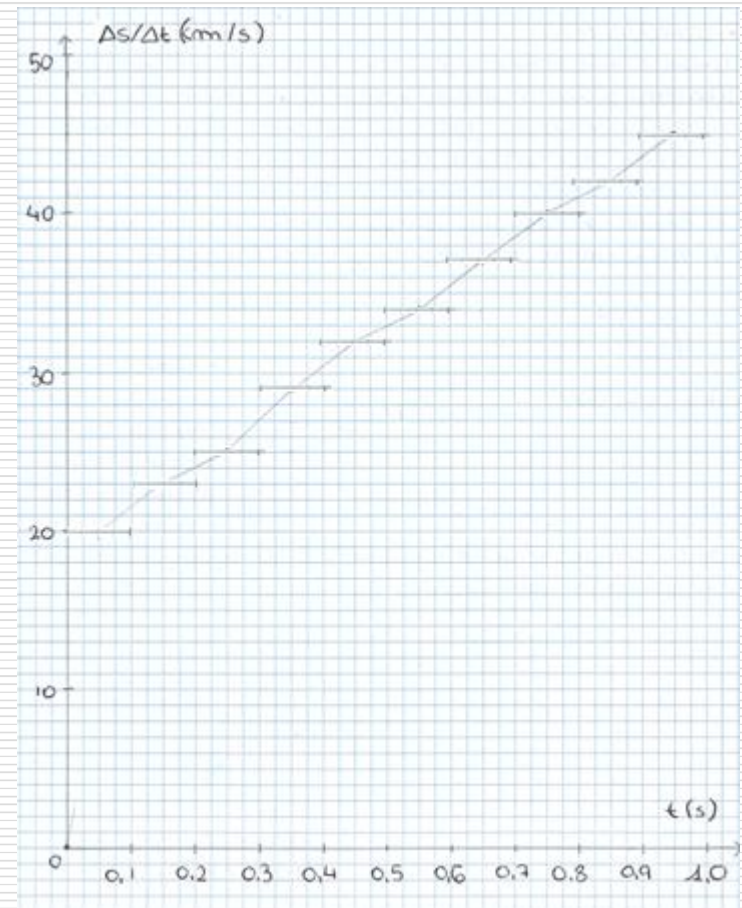
- ❑ ogni gruppo ha calcolato la velocità media in ogni tratto indicato nella tabella posizione-tempo
  - ❑ a casa ogni studente ha rappresentato graficamente i dati in un diagramma "velocità media-tempo"
-

i dati relativi alla velocità media in funzione del tempo e il corrispondente grafico: esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (5)

b)

t	$\Delta s / \Delta t$
0,1s	cm/s 20
0,2s	cm/s 23
0,3s	cm/s 25
0,4s	cm/s 29
0,5s	cm/s 32
0,6s	cm/s 34
0,7s	cm/s 37
0,8s	cm/s 40
0,9s	cm/s 42
1,0s	cm/s 45

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$



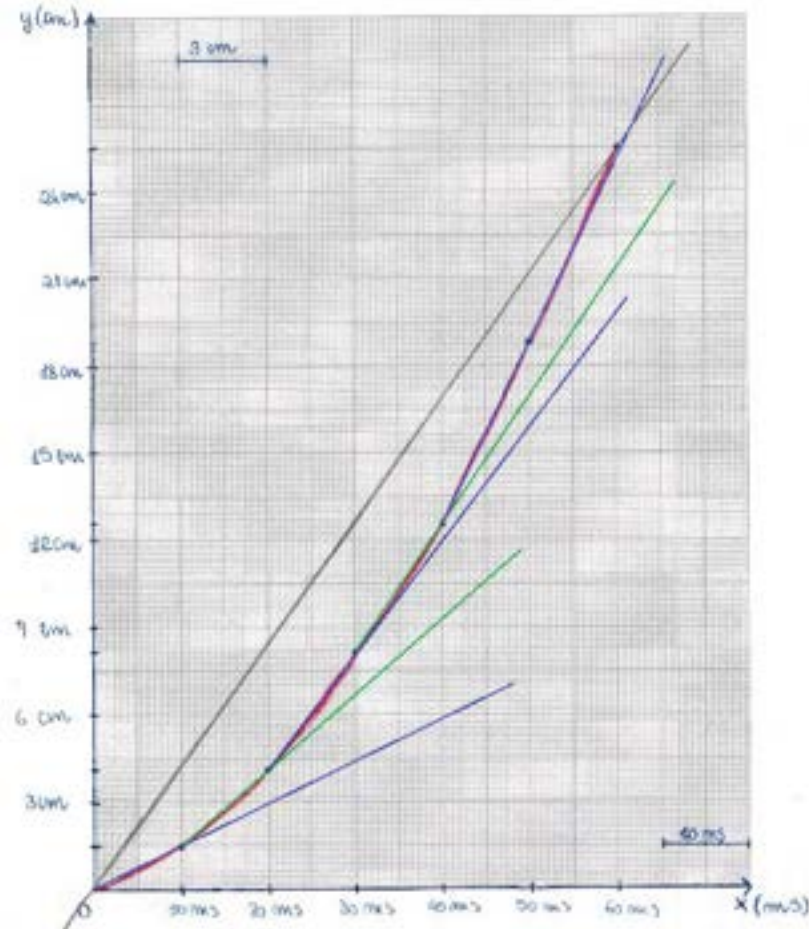
## argomenti proposti e discussi in classe

---

- gli studenti hanno associato i diversi valori della velocità media relativa agli intervalli di tempo considerati ai diversi coefficienti angolari delle rette secanti nel diagramma  $s/t$
-



rette secanti (in blu e verde) relative agli intervalli di tempo di 10 ms: esempio di elaborato svolto dagli studenti (6)

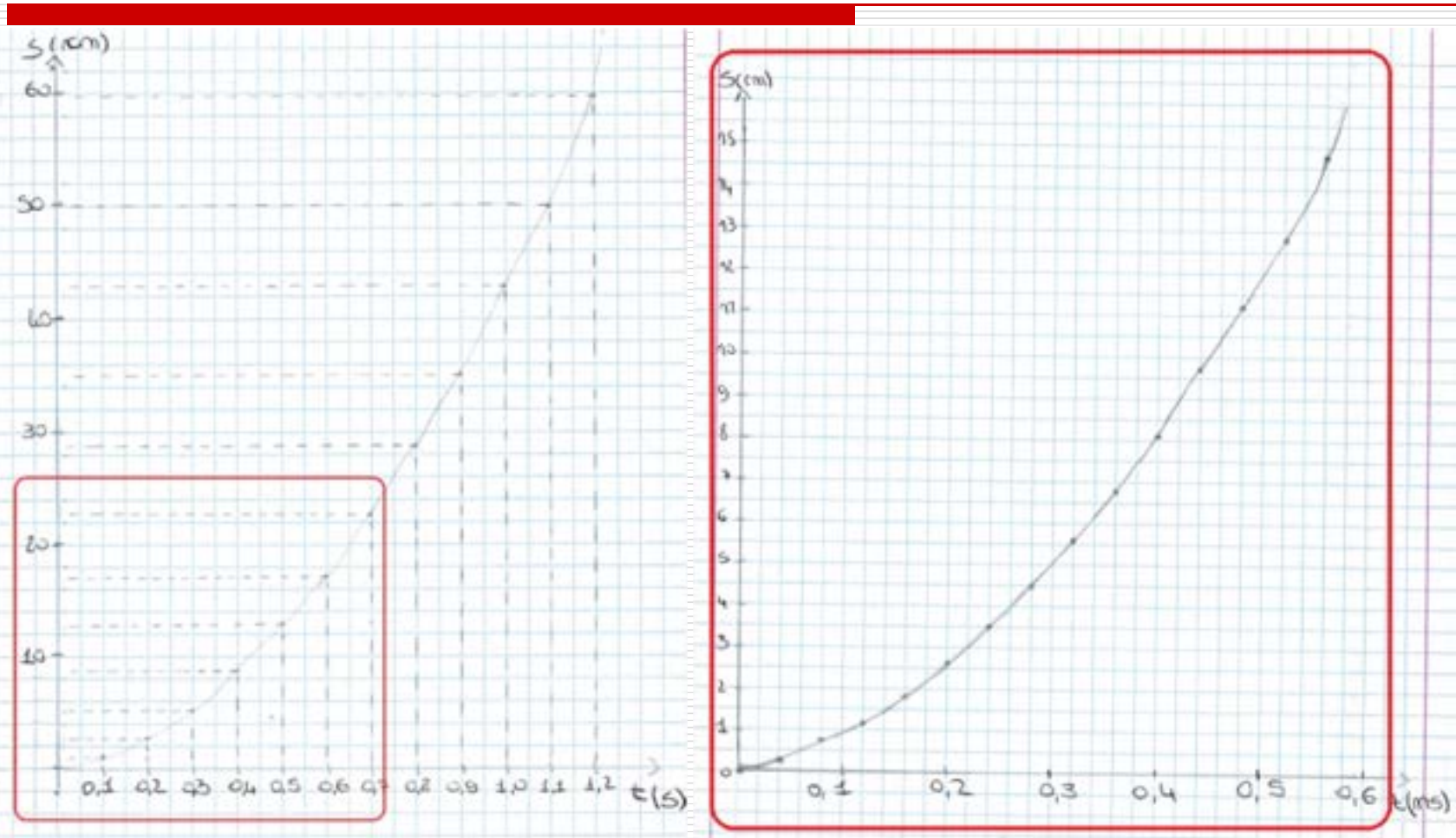


## argomenti proposti e discussi in classe

---

- la stessa procedura è stata ripetuta utilizzando intervalli di tempo più piccoli, ad esempio ogni 10, 40 o 50 millisecondi; per ognuna di queste scelte viene costruito il corrispondente grafico  $s/t$
-

grafici s/t relativi allo stesso moto per diversi intervalli di tempo, 100 ms nel primo e 40 ms nel secondo: esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (7)

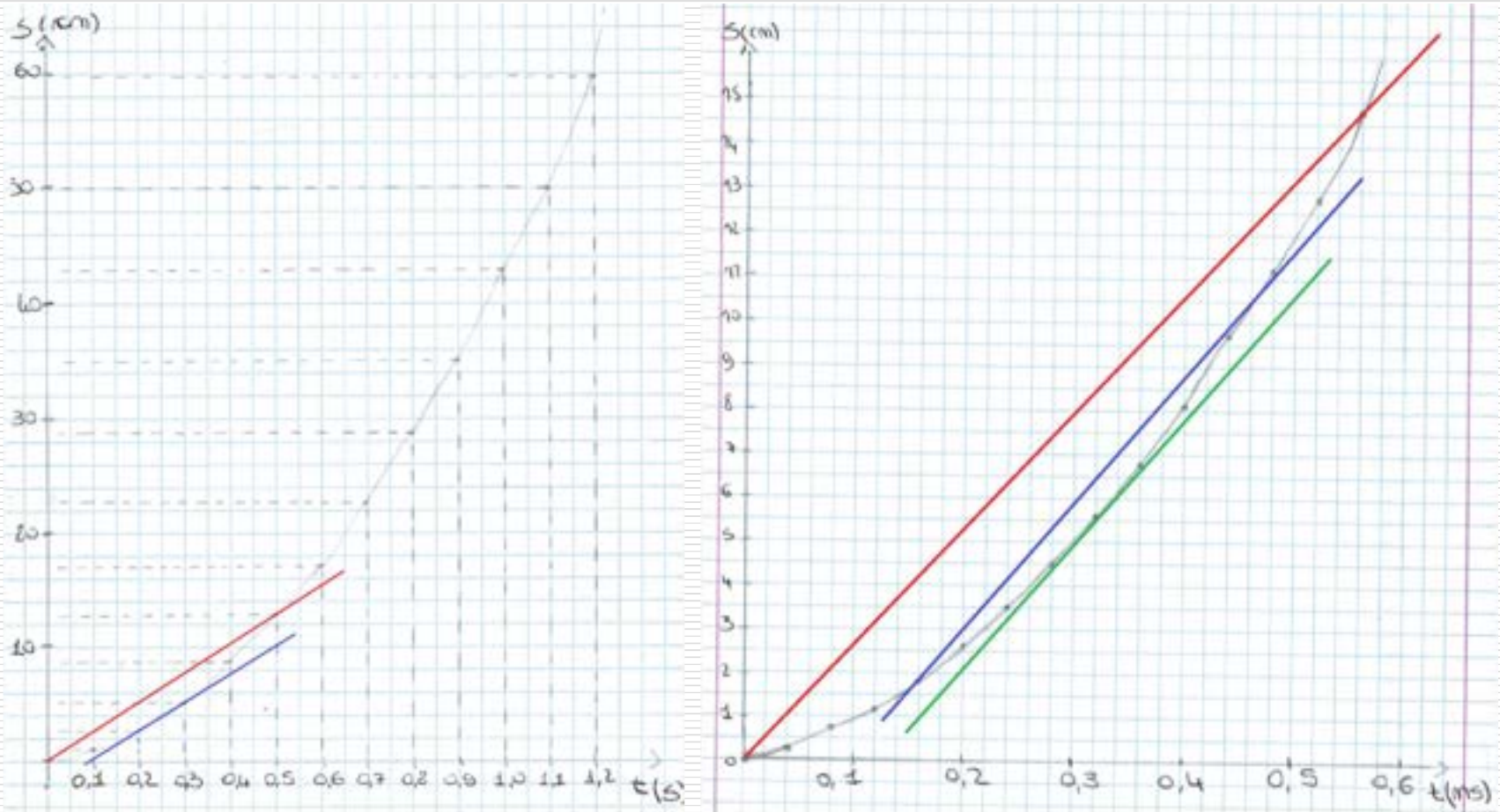


## argomenti proposti e discussi in classe

---

- ❑ è stato proposto agli studenti di ipotizzare l'andamento del grafico nel caso in cui l'intervallo di tempo venga fatto «tendere a zero».
  - ❑ le risposte fornite dagli studenti hanno sfruttato le considerazioni sulle rette tangenti in un punto a una parabola trattate in matematica.
  - ❑ è stato riconosciuto nella discussione che così come la velocità media in un intervallo è espressa dal coefficiente angolare della retta passante per i due punti del grafico che corrispondono all'intervallo considerato, la velocità istantanea è espressa dal coefficiente angolare della retta tangente al grafico nel punto che corrisponde all'istante scelto
-

rette secanti il grafico  $s/t$  (in rosso e blu) e retta tangente (in verde): esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (8)



## argomenti proposti e discussi in classe: equazione oraria del moto rettilineo uniforme

---

- analizzando l'andamento di alcuni grafici è stato notato che:
    - in alcuni grafici posizione-tempo il moto è rappresentato da una retta passante per l'origine
    - posizione e tempo sono quindi grandezze direttamente proporzionali:  
 $s = kt$  con  $k = \Delta s / \Delta t$ ,  
dove  $\Delta s = s_2 - s_1$  è lo spostamento avvenuto nell'intervallo di tempo  $\Delta t = t_2 - t_1$ ;  $k$  è quindi la velocità:  $s = vt$
-

## argomenti proposti e discussi in classe

---

ricordando la funzione lineare già affrontata a matematica

□  $y = mx + q$

è stata mostrata la corrispondenza tra le variabili  $x$ ,  $y$  e i coefficienti  $m$  e  $q$  con quelli nel moto rettilineo uniforme

□  $s = vt + s_0$

dove  $m=v$  è la velocità e  $q=s_0$  è la posizione all'istante  $t=0$

---

## argomenti proposti e discussi in classe

---

- nella discussione in classe sono stati considerati i grafici velocità-tempo che presentavano un andamento non lineare
  - il calcolo del rapporto  $\Delta v/\Delta t$  relativo all'intero percorso e a sottointervalli di tempo stabiliti, ha permesso di introdurre una nuova grandezza: l'**accelerazione media**  $a = \Delta v/\Delta t$  dove  $\Delta v = v_2 - v_1$  è la variazione di velocità avvenuta nell'intervallo di tempo  $\Delta t = t_2 - t_1$
-



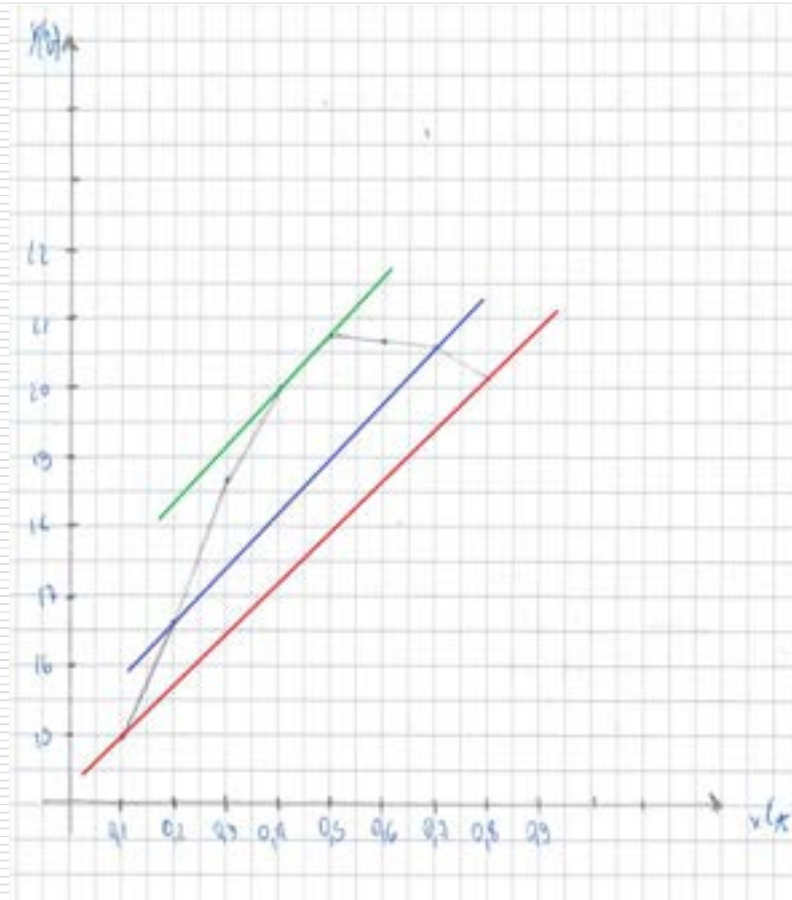
## argomenti proposti e discussi in classe

---

- la discussione in classe sottolinea il fatto che così come l'accelerazione media in un intervallo è espressa dal coefficiente angolare della retta passante per i due punti del grafico che corrispondono all'intervallo considerato, l'**accelerazione istantanea** è espressa dal coefficiente angolare della retta tangente al grafico nel punto che corrisponde all'istante scelto.
-

rette secanti il grafico  $v/t$  (in rosso e blu) e retta tangente (in verde): esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (9)

---



argomenti proposti e discussi in classe

---

- per determinare l'equazione oraria del moto rettilineo uniformemente accelerato sono stati considerati i grafici  $v/t$  relativi al moto sulla rotaia inclinata caratterizzati da un andamento con buona approssimazione rettilineo
-

grafico della velocità media in funzione del tempo:  
esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (10)

---



## argomenti proposti e discussi in classe

---

l'equazione che esprime l'andamento della velocità in funzione del tempo è stata ottenuta con una procedura analoga a quella già utilizzata per individuare l'equazione oraria del moto rettilineo uniforme:

□  $y = mx + q$  con  $y = v$  e  $x = t$ ,  
con  $m = \Delta v / \Delta t$ , dove  $\Delta v = v_2 - v_1$  è la variazione di velocità avvenuta nell'intervallo di tempo  $\Delta t = t_2 - t_1$ ;  $m = a$  è quindi l'accelerazione e  $q = v_0$  è la velocità all'istante  $t = 0$ :

□  $v = at + v_0$

---

## argomenti proposti e discussi in classe

---

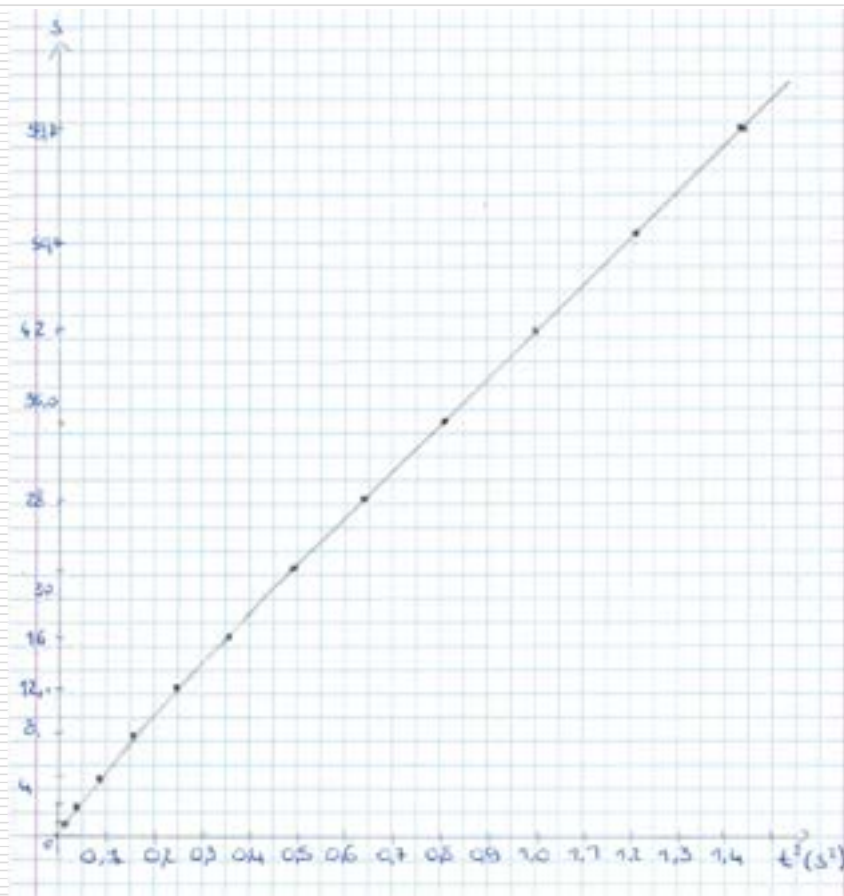
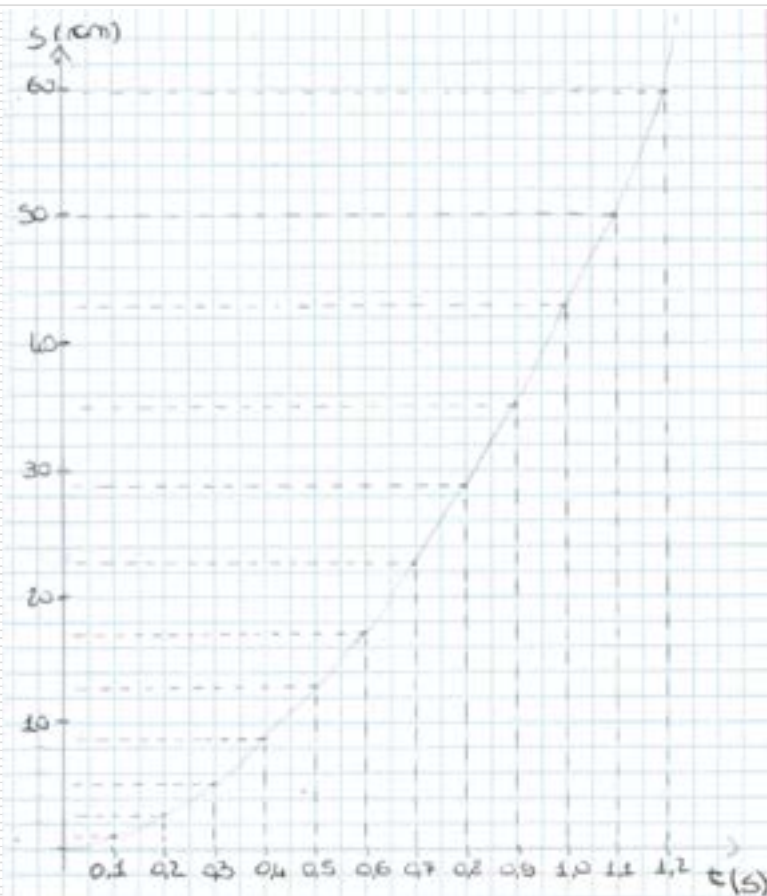
per determinare l'equazione oraria del moto rettilineo uniformemente accelerato sono stati considerati grafici  $s/t$  relativi al moto sulla rotaia inclinata

- ipotizzando che essi abbiano un andamento "parabolico" se ne utilizzano i valori per costruire i corrispondenti grafici  $s/t^2$
- ne risulta un grafico che ha un andamento con buona approssimazione rettilineo da cui l'equazione oraria:

$$s = kt^2$$

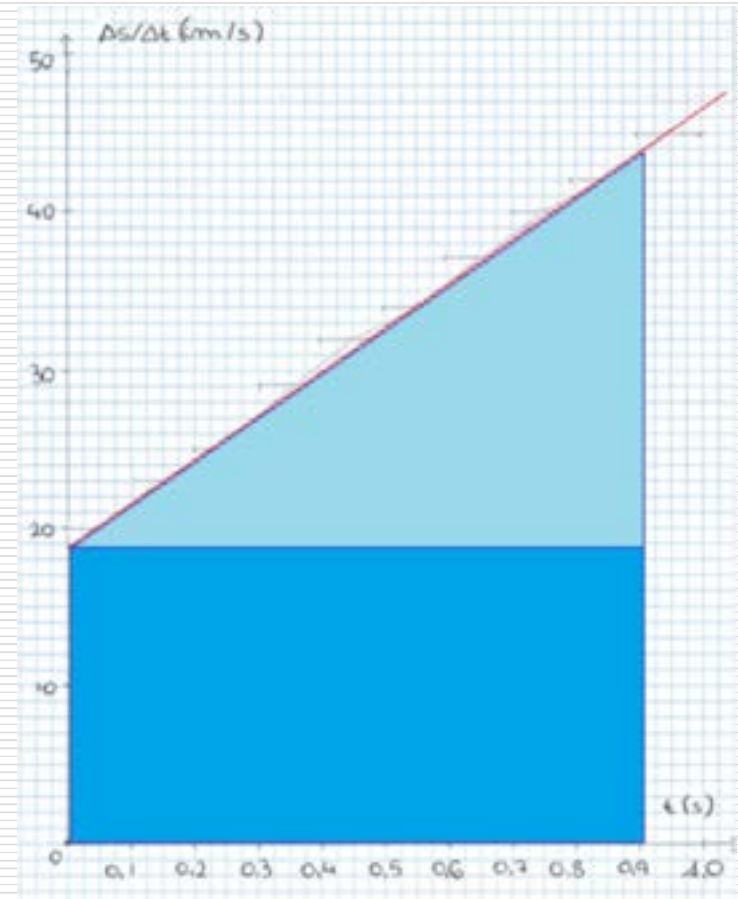
---

primo grafico:  $s/t$ ; secondo grafico:  $s/t^2$ : esempio di elaborato svolto a casa dagli studenti (11)



## argomenti proposti e discussi in classe

- l'equazione oraria del moto rettilineo uniformemente accelerato è stata ricavata con un procedimento grafico: lo spazio percorso è uguale all'area delimitata dall'asse dei tempi, dal segmento che rappresenta l'andamento della velocità nel tempo e dalle perpendicolari all'asse dei tempi passanti per gli estremi  $t_1$  e  $t_2$  (in figura  $t_1=0$  s e  $t_2=0,9$  s)
- $S=(1/2)at^2+v_0t+s_0$





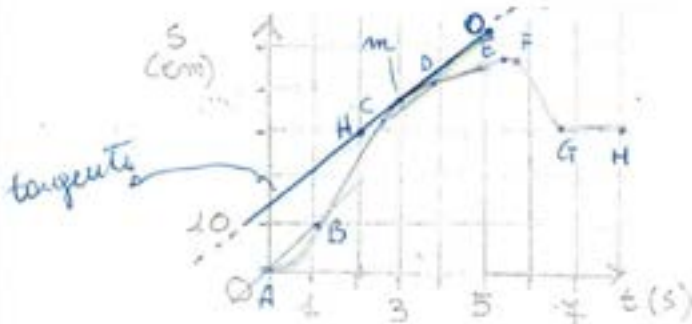
## argomenti proposti e discussi in classe

---

a questo punto agli studenti è stato richiesto di:

- descrivere il moto vario rappresentato nei grafici  $s/t$  e  $v/t$
  - calcolare la velocità media in un intervallo e nell'intero percorso
  - determinare i valori numerici di velocità e accelerazione negli intervalli in cui esse rimanevano costanti
  - calcolare con metodo grafico la velocità istantanea (in un grafico  $s/t$ ) e l'accelerazione istantanea (in un grafico  $v/t$ )
-

# velocità media e velocità istantanea nella verifica (2): esempio di elaborato svolto in classe dagli studenti (12)



Es. 1 a)

corpo A. Il corpo parte da fermo dall'origine. La sua velocità <sup>(NOTO UNIFORME)</sup> aumenta gradualmente nel tratto AB. Nel tratto BC aumenta movimento rispetto al tratto AB avendo un regime rettilineo uniforme, quindi con traiettoria rettilinea e velocità costante. Nel tratto CD la velocità diminuisce gradualmente (NOTO UNIFORME) o decelera. Nel tratto DE la velocità è inferiore rispetto al tratto precedente ~~ed~~ avendo un regime rettilineo, in tratto di un moto rettilineo uniforme. Nel tratto EF il corpo si ferma per circa 0,3 secondi. Poi la velocità aumenta nuovamente in direzione opposta, con un moto rettilineo uniforme (TRATTO FG). Nel tratto GH la velocità diminuisce a tal punto che il corpo si ferma per circa 1,3 secondi.

$$b) A = (0, 0) \quad v_m = \frac{34 \text{ cm}}{3 \text{ s}} = 11,3 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$m = (3, 34)$$

INTERNO TRATTO

$$H = (8, 30) \quad v_m = \frac{30 \text{ cm}}{8 \text{ s}} = 3,8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

c) la si può calcolare trovando il coeff. ang. della retta tangente nel punto di cui si vuol sapere la velocità rispetto alla curva. Disegnata la tangente, prendo due punti (0, H) e calcolo il coeff. ang. come  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$

$$O = (5, 50) \quad v_s = \frac{(50 - 30) \text{ cm}}{3 \text{ s}} = 6,7 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$H = (8, 30)$$

# Verifica (1): prima parte

Istituto Statale " C. Lorenzini " Pescia

Classe 2 AS

## VERIFICA DI FISICA

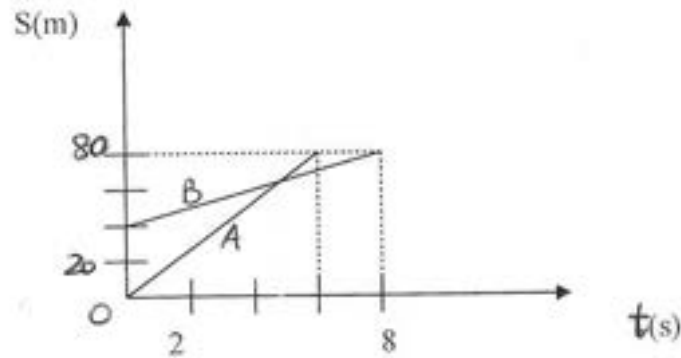
I. La seguente tabella riporta la posizione di un punto materiale in vari istanti:

t(s)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
s(m)	0,0	1,5	6,0	13,5	24,0	36,0	48,0	60,0	72,0	84,0	95,0	104,0	112,0	120,0	128,0
v <sub>m</sub> (m/s)	//														

- Rappresenta i dati in un diagramma t-s.
- Completa la tabella calcolando la velocità media con intervalli di tempo di 1 s. Quindi costruisci il grafico t-v (non il grafico delle velocità medie).
- Descrivere il moto utilizzando i due grafici ottenuti.
- Determinare la velocità media nei primi 4 secondi di moto.
- Determinare la velocità media dall'istante 4 s all'istante 9 s.
- Determinare la velocità media dall'istante 9 s all'istante 14 s.
- Determinare la velocità media sull'intero tragitto.
- Scrivi la legge oraria s(t) nei primi 4 secondi del moto.

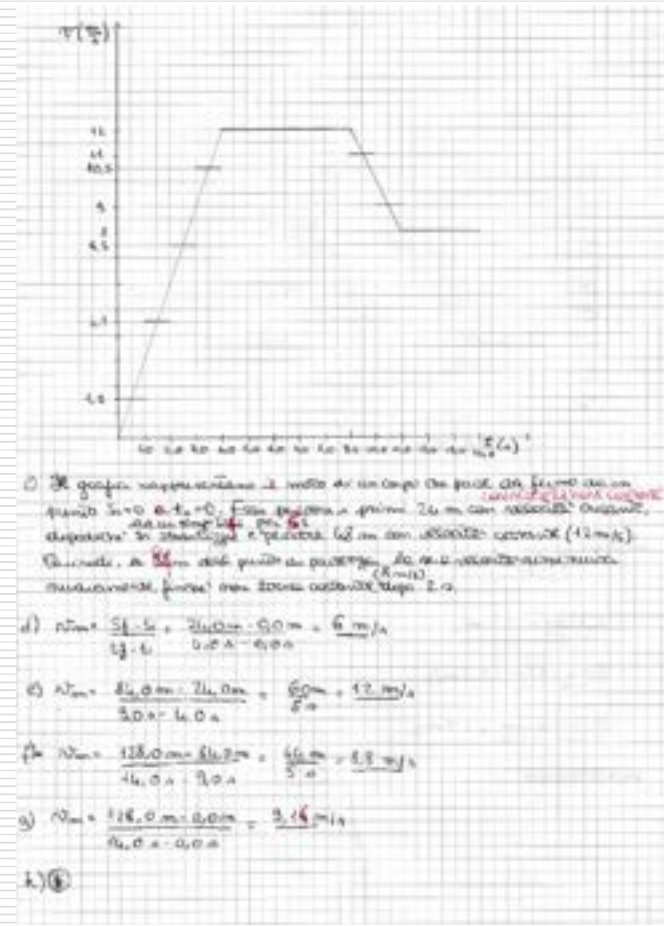
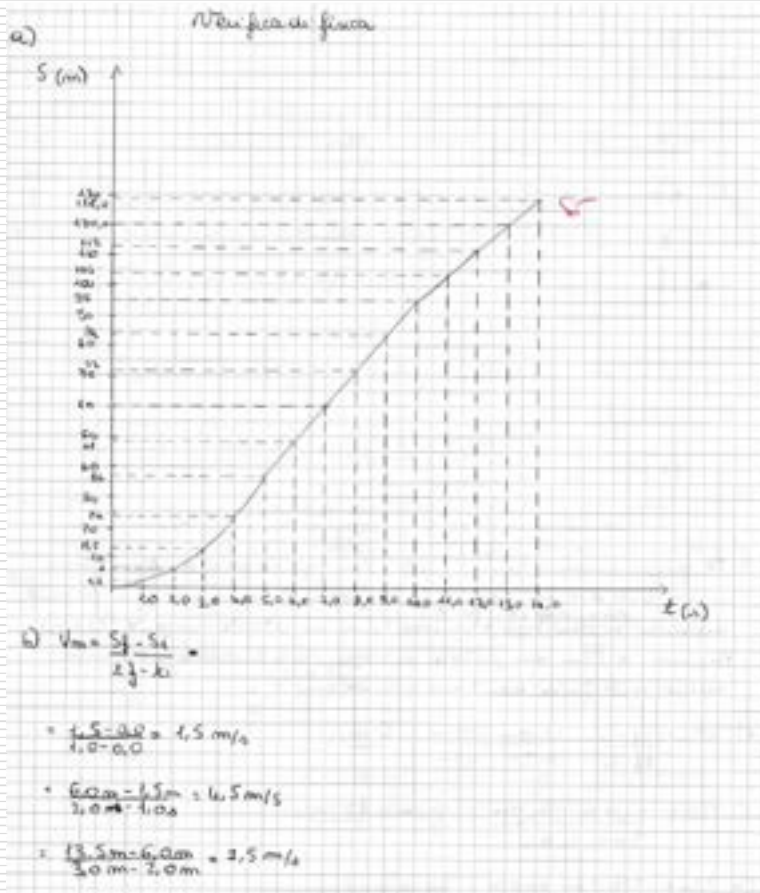
## Verifica (1): seconda parte

2. Il grafico rappresenta lo svolgimento di un gioco di corsa in bicicletta tra due bambini A e B:



- Quanto è lungo il tragitto?
- Descrivere ciò che accade relativamente ai ragazzi A, B
- Determinare la velocità di A e quella di B
- Scrivere le leggi del moto relativamente a ciascun ragazzo (rette  $s-t$ )
- Chi vince il gioco?
- Cosa accade nel punto di intersezione delle due rette?
- Quanto valgono e cosa rappresentano le coordinate di tale punto?

# esempio di verifica (1) svolto in classe dagli studenti (prima parte)



# esempio di verifica (1) svolto in classe dagli studenti (seconda parte)

Es 2)

a) Il traghetto è lungo 80 m per il bambino A, ~~80~~<sup>60</sup> m per il bambino B.

b) Il bambino A parte dall'origine in un punto  $S_A = 0$  m ad un tempo  $t_A = 0$  s. Egli si muove con velocità costante ed arriva ad un punto  $S_f = 80$  m dopo  $6$  s.  
 Il bambino B parte da un punto  $S_B = 60$  m ad un tempo  $t_B = 0$  s. Anche egli si muove con velocità costante ed arriva ad un punto  $S_f = 80$  m dopo  $8$  s.

c)  $v_A = \frac{S_A}{t_A} = \frac{80 \text{ m}}{6 \text{ s}} = 13 \text{ m/s}$  ✓  
 $v_B = \frac{S_f - S_B}{t} = \frac{80 - 60}{8 \text{ s}} = \frac{20 \text{ m}}{8 \text{ s}} = 2.5 \text{ m/s}$  ✓

d)  $S_A = 13 \text{ m/s} \cdot t$  |  $S_B = 60 \text{ m} + 2.5 \text{ m/s} \cdot t$

e) Il bambino A vince al gioco, perché *arriva prima a fine* (arriva B *in ritardo*)

f) Il punto di incontro delle due tratte è il punto in cui i due bambini si incontrano.

g)  $S_A = S_B$   
 $13 \cdot t = 60 + 2.5 \cdot t$   
 $13t - 2.5t = 60$   
 $10.5t = 60$       $t = 60 = 5.7$

Le coordinate di tale punto vengono (5.7 s). Esse rappresentano il punto in cui i due bambini *si incontrano nello stesso punto* (hanno percorso lo stesso spazio nello stesso tempo).

g) h)

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{10.5 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{4.0 \text{ s}}$$

$$= 2.63 \text{ m/s}^2$$

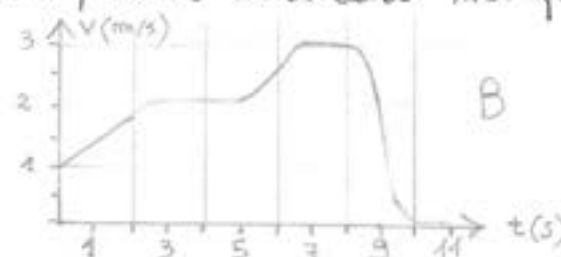
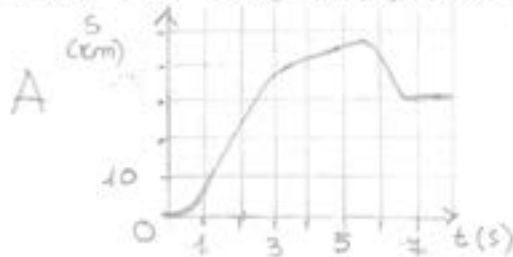
$$S = \frac{1}{2} \cdot 2.63 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$$

## verifica (2): (prima parte)

Classe 2Bs

Compito di Fisica

1. In laboratorio è stato usato il marcatempo per studiare il moto di due correllini A e B, come indicato nei grafici seguenti:



- A a) Descrivi qualitativamente il moto del corpo A; b) calcola la velocità media nei primi tre secondi e sull'intero percorso; c) descrivi come potresti calcolare la velocità istantanea all'istante  $t = 3s$  e calcolane il valore.
- B a) Descrivi il moto del corpo B indicando il valore numerico delle grandezze che rimangono costanti; b) indica in quale tratto raggiunge la massima velocità; c) indica in quale tratto raggiunge la massima accelerazione.

## verifica (2): (seconda parte)

---

2 - La striscia ottenuta con il marcatempo, riportata sotto, indica le posizioni di un carrellino ogni 100 ms.



- Costruisci una tabella riportando il tempo, la posizione e la velocità media (calcolata tra due punti consecutivi).
  - Costruisci il grafico  $s-t$  e  $v-t$  del moto del carrellino.
  - Descrivi il moto del carrellino.
  - Stabilisci se è possibile individuare alcuni intervalli in cui è possibile determinare l'equazione del moto e, in caso affermativo, scrivila.
-





## risultati ottenuti

---

- ❑ le verifiche effettuate hanno evidenziato come la maggior parte degli studenti (circa il 90%) sia stata in grado di rilevare i dati di posizione sulla striscia al variare del tempo e di rappresentarli in una tabella, di costruire il grafico  $s/t$  e di calcolare la velocità media sull'intero percorso e in un particolare tratto
  - ❑ una percentuale minore, intorno al 75%, è stata capace di ricavare la velocità media in ogni intervallo e circa la metà degli studenti è riuscito a rappresentarla correttamente in un diagramma  $v/t$
  - ❑ dato un moto vario rappresentato in un grafico  $s/t$  ( $v/t$ ), la maggior parte degli studenti (oltre il 90%) ha saputo descrivere il moto, indicando anche i valori numerici della velocità (accelerazione) nei tratti a pendenza costante, mentre circa il 50% è riuscito a determinare graficamente il valore di velocità (accelerazione) istantanea relativa a un punto del grafico
  - ❑ Dato un moto rettilineo uniforme in un grafico  $s/t$ , quasi tutti sono riusciti a scrivere la corrispondente equazione oraria; la percentuale diminuisce, circa il 60%, nel caso di un moto uniformemente accelerato e ancora più ridotta se il moto rappresentato è vario
-

## valutazione dell'efficacia del percorso didattico sperimentato

---

- ❑ questo percorso didattico ha coinvolto gli studenti, oltre che nella raccolta e nell'acquisizione dei dati, anche nella discussione del significato dei modelli matematici e nella costruzione dinamica dello sviluppo dei concetti
  - ❑ si è potuto verificare una più immediata ed efficace acquisizione degli strumenti operativi e della capacità di analizzare ed elaborare situazioni problematiche connesse ai contenuti del percorso
-

# valutazione dell'efficacia del percorso didattico sperimentato

---

- ❑ l'osservazione di un moto reale e la successiva elaborazione dei dati raccolti, insieme ai concetti di velocità e accelerazione medie e istantanee, permettono di appropriarsi degli strumenti necessari per eseguire la rappresentazione grafica di moti e per descrivere moti reali di cui sono noti i grafici  $s/t$  e  $v/t$
  - ❑ l'utilizzo delle equazioni della retta e della parabola per descrivere il moto è un esempio di applicazione in fisica di concetti studiati in matematica, che avviano lo studente a lavorare in modo interdisciplinare
  - ❑ l'attività svolta in laboratorio suscita negli studenti maggiore interesse e partecipazione più attiva rispetto a quanto ottenuto con il solo libro di testo
-