

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

# Laboratori del Sapere Scientifico

# Velocità... con lentezza

Un percorso sulla velocità per il  
secondo anno di Liceo Scientifico.

## COLLOCAZIONE NEL CURRICOLO VERTICALE

- Il percorso è stato sperimentato in una classe seconda del liceo scientifico ad indirizzo *sportivo*.
- E' stato svolto nella seconda parte dell'anno scolastico, dopo i fenomeni termici (si veda il percorso LSS "Introduzione ai fenomeni termici") e alcuni cenni all'ottica geometrica, che è stata ridotta per consentire tempi più lunghi all'introduzione della cinematica.
- E' propedeutico alla successiva trattazione del concetto di accelerazione (trattata nella restante parte dell'anno scolastico) e, quindi, del moto in più dimensioni e dei principi della dinamica (rinviati all'anno successivo).
- E' un percorso articolato che, rispetto al quadro orario del secondo anno (due ore di fisica settimanali), ha avuto una durata piuttosto lunga.
- Può essere svolto anche in forma leggermente ridotta, omettendone alcune parti.
- La scelta di dilatare i tempi dedicati alle idee base della cinematica scaturisce dalla constatazione, condivisa dai docenti del gruppo LSS dell'Istituto, che l'approccio tradizionale rischia di sottovalutare le sottili difficoltà concettuali che esse sottendono.

## OBIETTIVI

- Costruire con gli studenti il concetto di velocità a partire da attività concrete svolte nel giardino dell'Istituto.
- Guidare gli studenti in un percorso di lenta concettualizzazione e di progressivo affinamento del linguaggio, attraverso la riflessione guidata e la continua discussione sulle esperienze fatte.
- Utilizzare le rappresentazioni grafiche, la loro costruzione e la loro interpretazione come strumenti di lavoro e di ricerca per connettere l'esperienza concreta del movimento con i concetti astratti.
- Introdurre, nel quadro di un contesto significativo, le funzioni fondamentali del foglio di calcolo per elaborare i dati, rappresentarli graficamente e modellizzare alcune delle situazioni osservate.

## ELEMENTI SALIENTI DELL'APPROCCIO METODOLOGICO

- A partire da una serie di misure, raccolte durante una semplice attività motoria svolta nel giardino della scuola, si conducono gli studenti in un percorso di lenta concettualizzazione e di progressivo affinamento del linguaggio, attraverso la riflessione guidata e la continua discussione sulle esperienze fatte.
- L'analisi dei dati raccolti si fa progressivamente più approfondita e, in parallelo, la loro rappresentazione grafica sempre più raffinata, anche grazie agli strumenti informatici.
- La metodologia seguita mira alla costruzione di un clima di confronto che, non trascurando le nozioni intuitive già in possesso degli studenti, ne fa emergere anche ambiguità o contraddizioni, conducendo alla definizione rigorosa dei concetti come punto di arrivo del processo di scoperta.
- L'utilizzo di semplici applicazioni (applet) che simulano il moto dei corpi consente una visione dinamica dei grafici, rendendo più immediata la loro lettura e interpretazione.
- L'utilizzo delle nuove tecnologie per l'analisi e la modellizzazione dei dati consente, in parallelo al percorso di concettualizzazione, l'acquisizione di competenze informatiche di base.

## MATERIALI, STRUMENTI E APPARECCHI UTILIZZATI

- Libro di testo, dispense, schede di lavoro
- LIM
- Rotella metrica
- Cronometri
- Smartphone
- Applet realizzate con Geogebra
- Questionari online con moduli Google

# AMBIENTI IN CUI SI È SVILUPPATO IL PERCORSO

- Giardino della scuola
- Laboratorio di informatica
- Aula

## FONTI

La riflessione del gruppo di lavoro è stata guidata dalla lettura del capitolo *Cinematica rettilinea* del saggio *Guida all'insegnamento della fisica*<sup>1</sup> di A. B. Arons, dai cui spunti e suggerimenti didattici abbiamo attinto costantemente nella progettazione e realizzazione del percorso.

L'analisi di alcuni dei libri di testo più diffusi rivela che, in realtà, diversi autori hanno recepito molte delle indicazioni di Arons: resta il fatto che un buon libro di testo, così come una lezione frontale anche ben fatta, non potrà mai avere l'incisività dell'esperienza diretta, possibilmente corporea, vissuta in prima persona dagli allievi. Quell'esperienza che consente loro di incontrare i fatti prima delle idee e, ancora, le idee prima dei nomi che, convenzionalmente, si è deciso di assegnare loro.

<sup>1</sup>Arons A.B. (1992). *Guida all'insegnamento della fisica*. Bologna: Zanichelli, pp.25-61.

## TEMPO IMPIEGATO

- Messa a punto preliminare nel gruppo LSS: 3 ore
- Progettazione specifica: 25 ore
- Tempo-scuola di sviluppo del percorso: 20 ore, da inizio febbraio a metà aprile, con due ore settimanali
- Documentazione del percorso: 40 ore

# CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Il percorso prende le mosse dalla rilevazione di alcune criticità nell'approccio tradizionale e manualistico alla cinematica che, a nostro parere:

- favorisce un apprendimento spesso troppo mnemonico dei concetti e delle leggi, non concedendo tempi adeguati per la riflessione e la costruzione autonoma da parte degli studenti;
- sottovaluta la delicatezza del *problema del moto* i cui aspetti teorici (un esempio per tutti, il concetto di velocità istantanea) sono rimasti lungamente oscuri e hanno trovato una piena formalizzazione solo con la nascita del calcolo infinitesimale;
- fa un uso talvolta ambiguo della terminologia e della notazione algebrica;
- introduce, di solito precocemente, alcune semplificazioni che, pur avendo lo scopo di alleggerire la notazione, inducono alcuni errori molto frequenti.

In conseguenza di ciò, un significativo numero di studenti:

- non matura una piena consapevolezza dei concetti, allenandosi ad enunciarli e ad applicarli correttamente ma continuando, in realtà, a riferirsi ingenuamente ad essi secondo il *senso comune*;
- ripete in maniera mnemonica le definizioni con poca consapevolezza della loro natura *operativa* e considera le leggi come *formule da applicare* in modo, spesso, esclusivamente meccanico.

# DESCRIZIONE DEL PERCORSO DIDATTICO

## Un'attività in giardino

Si è consegnato a ciascun ragazzo un bigliettino contenente il suo ruolo:

- 19 ragazzi hanno avuto il ruolo di *cronometrista*
- gli altri 8 quello di *corridori*, con le seguenti istruzioni:

|                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Cammina il più regolarmente possibile                                                            | Alison     |
| Corri lentamente                                                                                 | Matilde    |
| Corri in modo regolare                                                                           | Alessio    |
| Corri il più rapidamente possibile                                                               | Elisa      |
| Corri rapidamente partendo da 6 m rispetto al primo segno di gesso sul terreno                   | Giuseppe   |
| Parti piano e poi muoviti sempre più rapidamente                                                 | Niccolò    |
| Parti da posizione 6 m e poi tieni un'andatura irregolare, anche ffermandoti per qualche istante | Alessandra |
| Arriva in fondo di corsa e poi torna indietro                                                    | Tommaso    |

- si è scelto un tratto della pista d'atletica della scuola lungo 30 m e, grazie a dei segni fatti con il gesso ogni 1,5 m, disposto ciascun *cronometrista* lungo il percorso, munito del suo smartphone.

- Illustrato l'obiettivo dell'attività (registrare i tempi relativi al passaggio dei corridori davanti a ciascun cronometrista), è stato proposto ai ragazzi di escogitare un modo per procedere.
- Alcuni ragazzi hanno proposto di filmare la corsa e poi ricavare i tempi dal video: è emerso il problema legato al punto di osservazione di chi avrebbe filmato.
- Un'altra proposta prevedeva di munire i corridori di smartphone e far loro filmare in direzione dei cronometristi durante la corsa.
- Escluse queste modalità per le difficoltà pratiche che comportavano, si è scelta la seguente procedura:
  - al segnale di “via” dato dal docente, il *corridore* di turno ha iniziato la sua corsa e, contemporaneamente, ciascun *cronometrista* ha avviato il cronometro del proprio telefono, stoppandolo all'istante in cui il *corridore* gli passava davanti;
  - una ragazza addetta alla registrazione dei tempi ha passato ogni volta in rassegna tutti i cronometristi registrando velocemente i tempi su delle tabelle (più o meno di fortuna).

|         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| MARTINI | 0,43 | 1,64 | 1,92 | 2,29 | 2,35 | 3,27 | 3,8  | 4,13 | 4,14 | 5,18 | 5,38 | 5,44 | 6,   | 23,6 | 27,6 | 60,74,5 |
| ZEM     | 7,94 | 8,16 | 8,30 | 8,74 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |
| RETE    | 1,25 | 1,59 | 1,90 | 2,10 | 2,40 | 2,51 | 3,30 | 3,61 | 4,10 | 4,8  | 4,81 | 4,98 | 5,48 | 5,78 | 5,99 | 6,8     |
| ZEPPE   | 0,59 | 0,91 | 1,16 | 1,38 | 1,60 | 2,05 | 2,33 | 2,77 | 2,83 | 2,86 | 3,48 | 3,49 | 3,55 | 4,0  | 4,12 |         |
| ANGHEZ  | 0,51 | 0,70 | 1,38 | 2,11 | 3,38 | 3,66 | 3,93 | 4,43 | 4,55 | 5,14 | 5,18 | 5,90 | 6,3  | 6,52 | 6,76 |         |
| NOFERI  | 0,95 | 1,18 | 1,63 | 2,11 | 2,59 | 2,81 | 3,10 | 3,49 | 3,55 | 3,96 | 4,34 | 4,6  | 4,89 | 4,93 | 5,11 | 5,21    |

|         |       |       |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ALLISON | 01,45 | 2,21  | 3,18  | 4,81  | 5,58  | 6,32  | 7,05  |
|         | 8,66  | 9,17  | 10,08 | 10,82 | 11,51 | 11,87 | 13,09 |
|         | 14,33 | 14,60 | 15,54 |       |       |       |       |
| BAZZO   | 1,06  | 1,18  | 1,81  | 2,66  | 3,10  | 3,57  | 4,28  |
|         | 4,68  | 5,04  | 5,34  |       |       |       |       |
| 6,15    | 6,87  | 7,72  | 7,92  | 8,20  | 8,61  | 9,70  | 9,75  |
|         | 10,59 | 11,22 |       |       |       |       |       |

- La registrazione dei tempi di Tommaso (che aveva un percorso di *andata e ritorno*) ha richiesto qualche accorgimento non preventivato: si è usata la funzione “tempo parziale” dei cronometri per registrare il primo passaggio e lo “stop” per il secondo passaggio davanti a ciascun cronometrista.

[illegible]

Si sono digitalizzati i dati raccolti, condiviso il file con gli studenti tramite il registro elettronico, fornito un diagramma cartesiano pre-impostato ed assegnata per casa la seguente attività:

- *rappresenta nel diagramma cartesiano i punti corrispondenti al moto di Alessandra e di altri due compagni a tua scelta.*

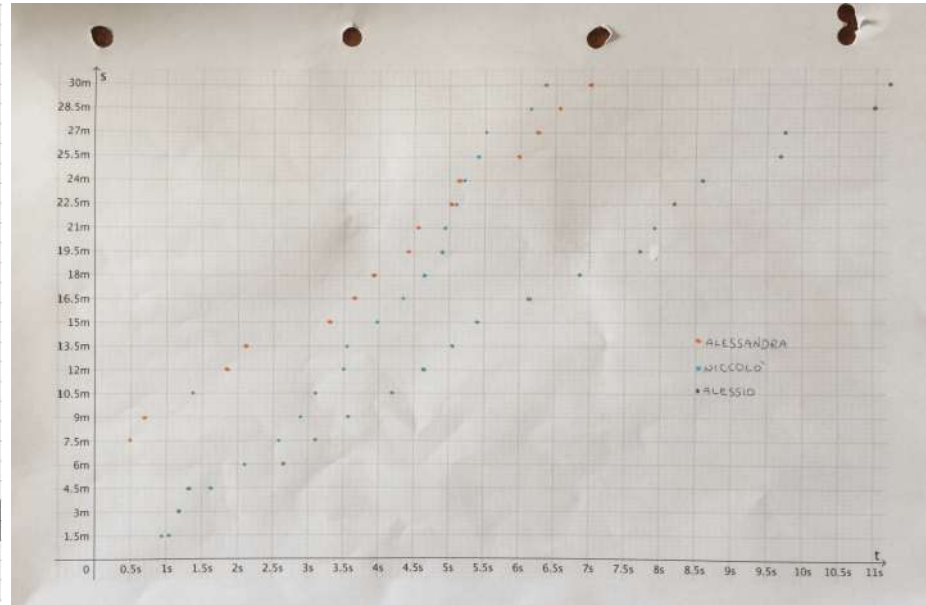
| Alessio |       | Niccolò |       | Alison |       | Alessandra |       | Elisa |       | Matilde |       | Giuseppe |       |  |  |
|---------|-------|---------|-------|--------|-------|------------|-------|-------|-------|---------|-------|----------|-------|--|--|
| t (s)   | s (m) | t (s)   | s (m) | t (s)  | s (m) | t (s)      | s (m) | t (s) | s (m) | t (s)   | s (m) | t (s)    | s (m) |  |  |
| 0       | 0,0   | 0       | 0,0   | 0      | 0,0   | 0          | 0,0   | 0     | 0,0   | 0       | 0,0   | 2,19     | 0,0   |  |  |
| 1,06    | 1,5   | 0,95    | 1,5   | 1,45   | 1,5   | 1,5        | 1,5   | 0,59  | 1,5   | 1,25    | 1,5   | 2,39     | 1,5   |  |  |
| 1,18    | 3,0   | 1,18    | 3,0   | 2,21   | 3,0   | 3,0        | 3,0   | 0,91  | 3,0   | 1,59    | 3,0   | 2,46     | 3,0   |  |  |
| 1,81    | 4,5   | 1,63    | 4,5   | 3,18   | 4,5   | 4,5        | 4,5   | 1,16  | 4,5   | 1,9     | 4,5   | 2,56     | 4,5   |  |  |
| 2,66    | 6,0   | 2,11    | 6,0   | 4,00   | 6,0   | 6,0        | 6,0   | 1,38  | 6,0   | 2,3     | 6,0   | 2,64     | 6,0   |  |  |
| 3,1     | 7,5   | 2,58    | 7,5   | 4,81   | 7,5   | 7,5        | 7,5   | 1,60  | 7,5   | 2,40    | 7,5   | 2,96     | 7,5   |  |  |
| 3,57    | 9,0   | 2,91    | 9,0   | 5,58   | 9,0   | 9,0        | 9,0   | 2,05  | 9,0   | 2,51    | 9,0   | 3,16     | 9,0   |  |  |
| 4,21    | 10,5  | 3,1     | 10,5  | 6,32   | 10,5  | 10,5       | 10,5  | 2,33  | 10,5  | 3,3     | 10,5  | 3,42     | 10,5  |  |  |
| 4,65    | 12,0  | 3,49    | 12,0  | 7,08   | 12,0  | 12,0       | 12,0  | 2,37  | 12,0  | 3,61    | 12,0  | 3,56     | 12,0  |  |  |
| 5,04    | 13,5  | 3,55    | 13,5  | 7,87   | 13,5  | 13,5       | 13,5  | 2,63  | 13,5  | 4,1     | 13,5  | 3,68     | 13,5  |  |  |
| 5,4     | 15,0  | 3,96    | 15,0  | 8,66   | 15,0  | 15,0       | 15,0  | 2,86  | 15,0  | 4,48    | 15,0  | 4,18     | 15,0  |  |  |
| 6,15    | 16,5  | 4,34    | 16,5  | 9,17   | 16,5  | 16,5       | 16,5  | 2,88  | 16,5  | 4,81    | 16,5  | 4,23     | 16,5  |  |  |
| 6,87    | 18,0  | 4,66    | 18,0  | 10,08  | 18,0  | 18,0       | 18,0  | 3,09  | 18,0  | 4,98    | 18,0  | 4,27     | 18,0  |  |  |
| 7,72    | 19,5  | 4,89    | 19,5  | 10,82  | 19,5  | 19,5       | 19,5  | 3,35  | 19,5  | 5,47    | 19,5  | 4,39     | 19,5  |  |  |
| 7,92    | 21,0  | 4,93    | 21,0  | 11,51  | 21,0  | 21,0       | 21,0  | 3,95  | 21,0  | 5,76    | 21,0  | 4,6      | 21,0  |  |  |
| 8,2     | 22,5  | 5,11    | 22,5  | 11,87  | 22,5  | 22,5       | 22,5  | 4     | 22,5  | 5,99    | 22,5  | 4,79     | 22,5  |  |  |
| 8,61    | 24,0  | 5,21    | 24,0  | 13     | 24,0  | 24,0       | 24,0  | 4,17  | 24,0  | 6,25    | 24,0  | 5,31     | 24,0  |  |  |
| 9,7     | 25,5  | 5,4     | 25,5  | 13,3   | 25,5  | 25,5       | 25,5  | 4,4   | 25,5  | 6,4     | 25,5  | 5,42     | 25,5  |  |  |
| 9,75    | 27,0  | 5,53    | 27,0  | 14,33  | 27,0  | 27,0       | 27,0  | 4,76  | 27,0  | 7,11    | 27,0  | 5,46     | 27,0  |  |  |
| 10,59   | 28,5  | 6,16    | 28,5  | 14,6   | 28,5  | 28,5       | 28,5  | 5     | 28,5  | 7,55    | 28,5  | 5,77     | 28,5  |  |  |
| 11,22   | 30,0  | 6,37    | 30,0  | 15,54  | 30,0  | 30,0       | 30,0  | 5,3   | 30,0  | 7,82    | 30,0  | 6,04     | 30,0  |  |  |

|                |   |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tommaso andata | t | 0   | 0,43 | 1,54 | 1,92 | 2,29 | 2,35 | 3,22 | 3,8  | 4,13 | 4,14 | 5,12 | 5,38 | 5,44 | 6,23 | 6,27 | 6,6  | 7,45 | 7,94 | 8,16 | 8,3  | 8,74 |
|                | s | 0,0 | 1,5  | 3,0  | 4,5  | 6,0  | 7,5  | 9,0  | 10,5 | 12,0 | 13,5 | 15,0 | 16,5 | 18,0 | 19,5 | 21,0 | 22,5 | 24,0 | 25,5 | 27,0 | 28,5 | 30,0 |

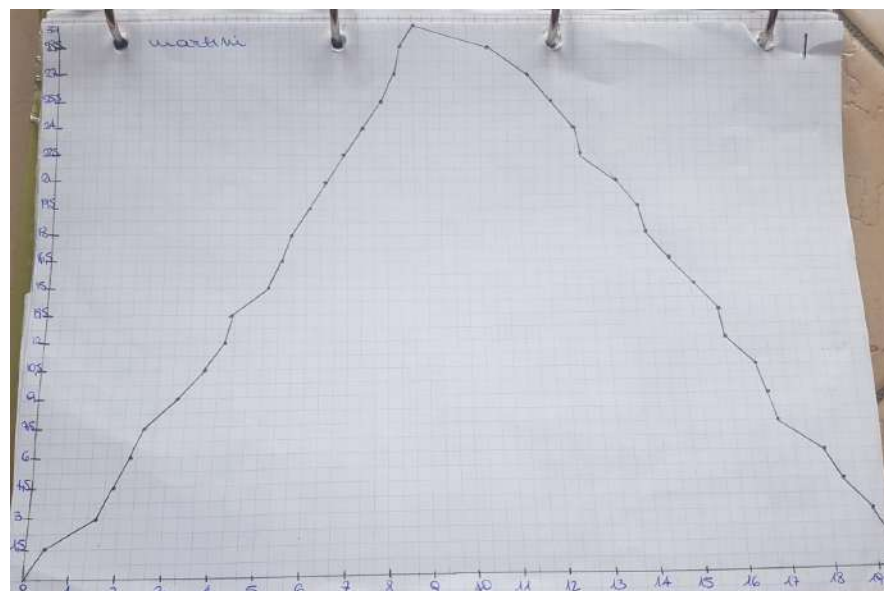
  

|                 |   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |     |  |  |
|-----------------|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|--|--|
| Tommaso ritorno | t | 10,94 | 11,6 | 12,2 | 12,7 | 12,7 | 13,7 | 13,9 | 14   | 15,4 | 15,6 | 16,6 | 16,9 | 17,1 | 18  | 18,4 | 19,1 | 19,8 |     |     |  |  |
|                 | s | 28,5  | 27,0 | 25,5 | 24,0 | 22,5 | 21,0 | 19,5 | 18,0 | 16,5 | 15,0 | 13,5 | 12,0 | 10,5 | 9,0 | 7,5  | 6,0  | 4,5  | 3,0 | 1,5 |  |  |



- Si è fornito il diagramma già impostato per avere delle rappresentazioni sufficientemente ordinate sulle quali poter lavorare in classe.
- Si è assegnato tale lavoro senza aver preliminarmente introdotto il diagramma orario, ma solo fatto emergere brevemente, in coda alla lezione in giardino, l'utilità di una rappresentazione grafica dei dati raccolti. I ragazzi non hanno esitato a proporre il diagramma cartesiano, col quale ormai hanno familiarità.

- Qualcuno ha fatto più di quanto richiesto...



| Rosso |       | Verde |       | Blu   |       | Nero  |       | Martini |       | Lapis |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| t (s) | s (m) | t (s) | s (m) | t (s) | s (m) | t (s) | s (m) | t (s)   | s (m) | t (s) | s (m) |
| 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0     | 0     | 0     |
| 1.06  | 1.5   | 1.06  | 1.5   | 1.06  | 1.5   | 1.06  | 1.5   | 1.06    | 1.5   | 1.06  | 1.5   |
| 1.18  | 3     | 1.18  | 3     | 1.18  | 3     | 1.18  | 3     | 1.18    | 3     | 1.18  | 3     |
| 1.81  | 4.5   | 1.63  | 4.5   | 1.18  | 4.5   | 1.18  | 4.5   | 1.18    | 4.5   | 1.18  | 4.5   |
| 2.66  | 6     | 2.11  | 6     | 1.18  | 6     | 1.18  | 6     | 1.18    | 6     | 1.18  | 6     |
| 3.1   | 7.5   | 2.58  | 7.5   | 1.18  | 7.5   | 1.18  | 7.5   | 1.18    | 7.5   | 1.18  | 7.5   |
| 3.57  | 9     | 2.91  | 9     | 1.18  | 9     | 1.18  | 9     | 1.18    | 9     | 1.18  | 9     |
| 4.31  | 10.5  | 3.1   | 10.5  | 1.18  | 10.5  | 1.18  | 10.5  | 1.18    | 10.5  | 1.18  | 10.5  |
| 4.69  | 12    | 3.49  | 12    | 1.18  | 12    | 1.18  | 12    | 1.18    | 12    | 1.18  | 12    |
| 5.04  | 13.5  | 3.95  | 13.5  | 1.18  | 13.5  | 1.18  | 13.5  | 1.18    | 13.5  | 1.18  | 13.5  |
| 5.4   | 15    | 4.34  | 15    | 1.18  | 15    | 1.18  | 15    | 1.18    | 15    | 1.18  | 15    |
| 5.75  | 16.5  | 4.68  | 16.5  | 1.18  | 16.5  | 1.18  | 16.5  | 1.18    | 16.5  | 1.18  | 16.5  |
| 6.07  | 18    | 4.98  | 18    | 1.18  | 18    | 1.18  | 18    | 1.18    | 18    | 1.18  | 18    |
| 7.22  | 19.5  | 4.89  | 19.5  | 1.18  | 19.5  | 1.18  | 19.5  | 1.18    | 19.5  | 1.18  | 19.5  |
| 7.92  | 21    | 4.93  | 21    | 1.18  | 21    | 1.18  | 21    | 1.18    | 21    | 1.18  | 21    |
| 8.1   | 22.5  | 5.11  | 22.5  | 1.18  | 22.5  | 1.18  | 22.5  | 1.18    | 22.5  | 1.18  | 22.5  |
| 8.61  | 24    | 5.21  | 24    | 1.18  | 24    | 1.18  | 24    | 1.18    | 24    | 1.18  | 24    |
| 9.7   | 25.5  | 5.4   | 25.5  | 1.18  | 25.5  | 1.18  | 25.5  | 1.18    | 25.5  | 1.18  | 25.5  |
| 9.25  | 27    | 5.53  | 27    | 1.18  | 27    | 1.18  | 27    | 1.18    | 27    | 1.18  | 27    |
| 10.59 | 28.5  | 6.16  | 28.5  | 1.18  | 28.5  | 1.18  | 28.5  | 1.18    | 28.5  | 1.18  | 28.5  |
| 11.22 | 30    | 6.37  | 30    | 1.18  | 30    | 1.18  | 30    | 1.18    | 30    | 1.18  | 30    |

La lezione successiva è stata dedicata all'analisi dei dati raccolti, alla descrizione dei grafici ottenuti e al loro confronto, ponendo fortemente l'attenzione sulla terminologia, con numerosi stimoli del tipo:

- *quante e quali informazioni contiene ciascun punto del grafico?*
- *cosa comporta la “partenza avanzata” di Alessandra dal punto di vista grafico?*
- *come potresti interpretare il fatto che due sequenze di punti, ad esempio di Alessandra e di Niccolò, s'intersecano?*
- *che cosa rappresentano i dati della prima colonna? e della seconda?*
- *che cosa si può dire dell'evento “passaggio di Niccolò davanti a Rossella (la terza cronometrista)”?*
- *in quale istante Alison ha raggiunto l'ultima posizione registrata?*
- .....

Quando i ragazzi hanno utilizzato i termini *tempo* e *spazio*, si sono invitati a riflettere sul significato che, in questo contesto, stavano attribuendo a tali termini, con sollecitazioni del tipo:

*“E' corretto dire che nel tempo di 1,85 s Alessandra ha percorso uno spazio di 12 m?”* (abbiamo, così, riflettuto sul fatto che, in realtà, Alessandra in 1,85 s ha percorso solo 6,0 m: evidentemente il dato “12 m” non indica la distanza percorsa da Alessandra)

e, analogamente:

*“E' corretto dire che nel tempo di 2,46 s Giuseppe ha percorso uno spazio di 3,0 m?”* (abbiamo, così, riflettuto sul fatto che, in realtà, Giuseppe ha impiegato  $(2,46 - 2,19) \text{ s} = 0,27 \text{ s}$  per percorrere i 3,0 m che separavano il primo cronometrista dal terzo).

| Alessandra |       | Giuseppe |       |
|------------|-------|----------|-------|
| t (s)      | s (m) | t (s)    | s (m) |
|            | 0,0   | 2,19     | 0,0   |
|            | 1,5   | 2,39     | 1,5   |
|            | 3,0   | 2,46     | 3,0   |
|            | 4,5   | 2,56     | 4,5   |
| 0          | 6,0   | 2,64     | 6,0   |
| 0,51       | 7,5   | 2,96     | 7,5   |
| 0,7        | 9,0   | 3,16     | 9,0   |
| 1,38       | 10,5  | 3,42     | 10,5  |
| 1,85       | 12,0  | 3,56     | 12,0  |
| 2,11       | 13,5  | 3,68     | 13,5  |
| 3,28       | 15,0  | 4,18     | 15,0  |
| 3,66       | 16,5  | 4,23     | 16,5  |
| 3,93       | 18,0  | 4,27     | 18,0  |
| 4,43       | 19,5  | 4,39     | 19,5  |
| 4,55       | 21,0  | 4,6      | 21,0  |
| 5,04       | 22,5  | 4,79     | 22,5  |
| 5,14       | 24,0  | 5,31     | 24,0  |
| 5,96       | 25,5  | 5,42     | 25,5  |
| 6,25       | 27,0  | 5,46     | 27,0  |
| 6,57       | 28,5  | 5,77     | 28,5  |
| 6,96       | 30,0  | 6,04     | 30,0  |

- Questa discussione ha consentito di familiarizzare con i concetti di *evento*, *istante di tempo* e *posizione*, dapprima usando tali termini (e lasciandoli usare) in modo quasi indifferenziato rispetto alle locuzioni *tempo*, *intervallo di tempo* e *distanza percorsa*, poi evidenziando in maniera sempre più precisa la necessità di distinguere bene i concetti che stanno dietro alle parole, attraverso definizioni non ambigue.

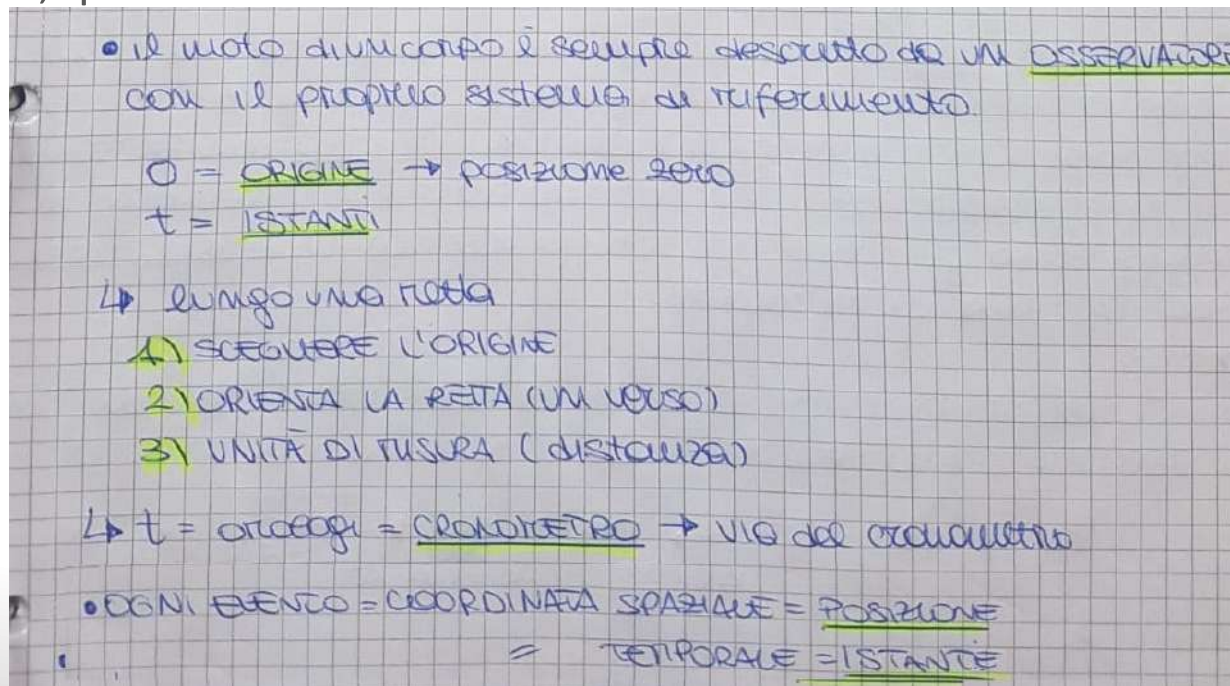
- Particolarmente efficace è risultata, in questo senso, la riflessione suscitata dalle domande:

- *quanto dura un istante di tempo?*
- *che lunghezza assegneresti ad una certa posizione?*

La risposta corretta (un istante di tempo ha durata nulla, una posizione ha lunghezza nulla) è sembrata ovvia ad alcuni, mentre ha lasciato inizialmente perplessi molti altri: la riflessione ha aiutato tutti a mettere meglio a fuoco le differenze tra i concetti.

- Da questo momento siamo stati inflessibili nell'usare tali termini con il massimo rigore, ad esempio riferendoci al diagramma orario sempre come diagramma *posizione-istante* (e non *spazio-tempo*) e annunciando che comunque avremmo adottato l'uso dei simboli  $s$  (per la posizione) e  $t$  (per l'istante di tempo) dal momento che è una convenzione fortemente radicata.

- A questo punto il terreno è risultato pronto per formalizzare i concetti di:
  - sistema di riferimento sulla retta
    - posizione  $\rightarrow$  coordinata spaziale (un particolare valore numerico letto sulla scala delle lunghezze)
  - sistema di riferimento temporale
    - istante di tempo  $\rightarrow$  coordinata temporale (una particolare lettura dell'orologio)
- In riferimento all'attività svolta in giardino, i ragazzi non hanno avuto nessuna difficoltà ad accettare che le particolari coordinate spaziali e temporali che abbiamo assegnato a posizioni e istanti di tempo dipendono da alcune scelte iniziali che abbiamo fatto del tutto liberamente: dove posizionare l'origine, in che verso orientare il riferimento, quando azionare il cronometro.



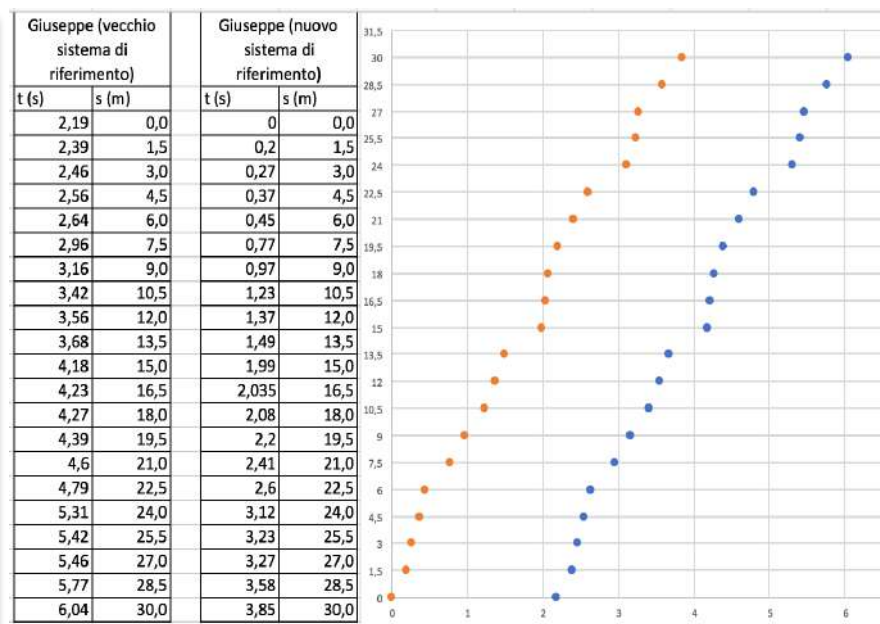
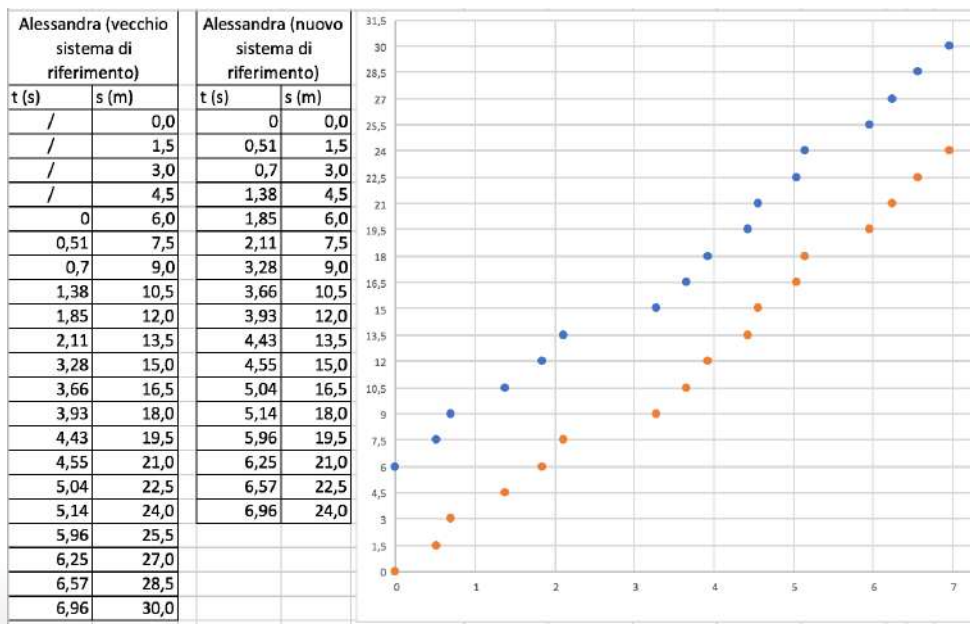
Per approfondire la questione, si è assegnato per casa il seguente lavoro:

- *considera il moto di Alessandra e immagina di aver posto l'origine nella sua posizione iniziale: come sarebbero cambiate le coordinate spazio-temporali dei suoi passaggi davanti ai cronometristi?*
- *considera il moto di Giuseppe e immagina di aver azionato il cronometro al suo passaggio dall'origine: come sarebbero cambiate le coordinate spazio-temporali dei suoi passaggi davanti ai cronometristi?*
- *disegna, in due diagrammi orari distinti, i grafici relativi al moto di Alessandra e di Giuseppe utilizzando, per ciascuno, sia il vecchio che il nuovo sistema di riferimento spazio-temporale.*

Dal diario di bordo del docente:

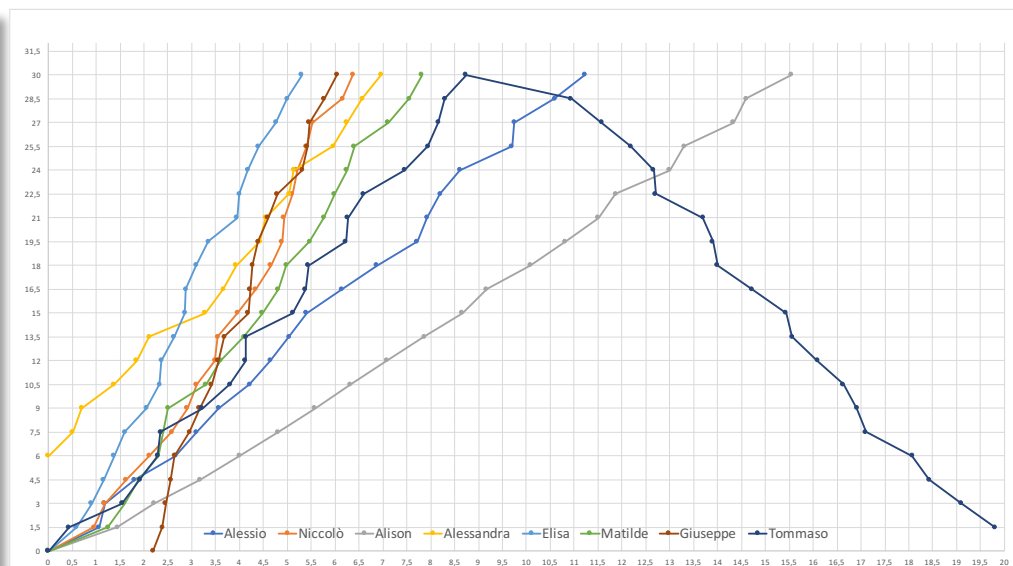
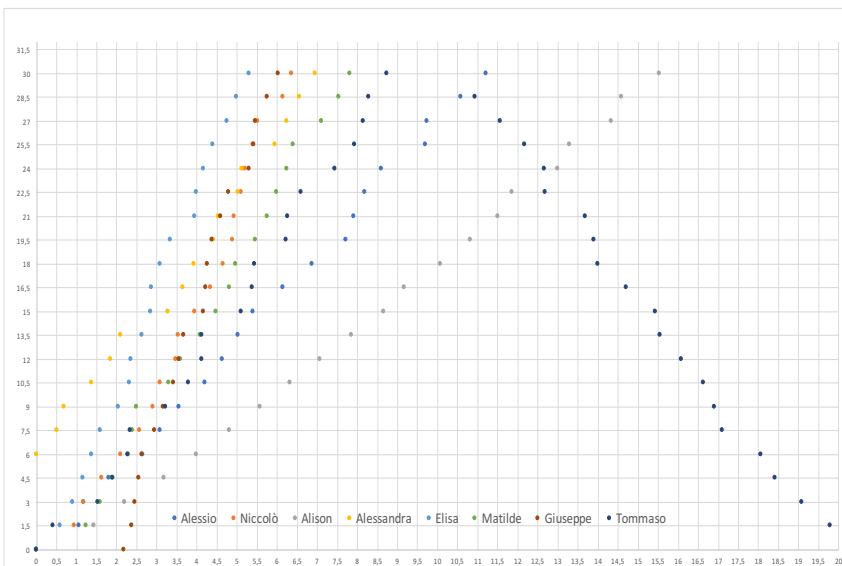
<<La revisione dei lavori per casa che non prevedono “Studia da pag. a pag.” o “Svolgi i problemi tal dei tali” mi lascia spesso insoddisfatto. Solo una parte degli allievi ha realizzato dei grafici ordinati e ben fatti. Molti sembrano considerare di minore importanza i compiti che non prevedano l'applicazione di formule in problemi standardizzati. La frustrazione sarebbe stata minore se non avessi avuto l'illusione di averli ormai abituati ad una certa modalità di lavoro e se non fosse sempre così poco il tempo a disposizione! (...) I ragazzi che, alla fine del percorso, hanno raggiunto una buona consapevolezza dei concetti sono quelli che, fin dall'inizio, non hanno preso sotto gamba la riflessione, collettiva e personale, su essi. >>

- Partendo dalla revisione del lavoro assegnato, utilizzando la LIM si è introdotto il foglio di calcolo come ambiente di lavoro e alcune delle sue funzioni di base (inserimento di formule elementari, copiatura e iterazione di una formula mediante il trascinamento, inserimento di grafici).
- Il confronto tra i grafici ha messo in evidenza come i cambiamenti del sistema di riferimento producono, nei casi considerati, due diverse traslazioni dei punti del grafico.

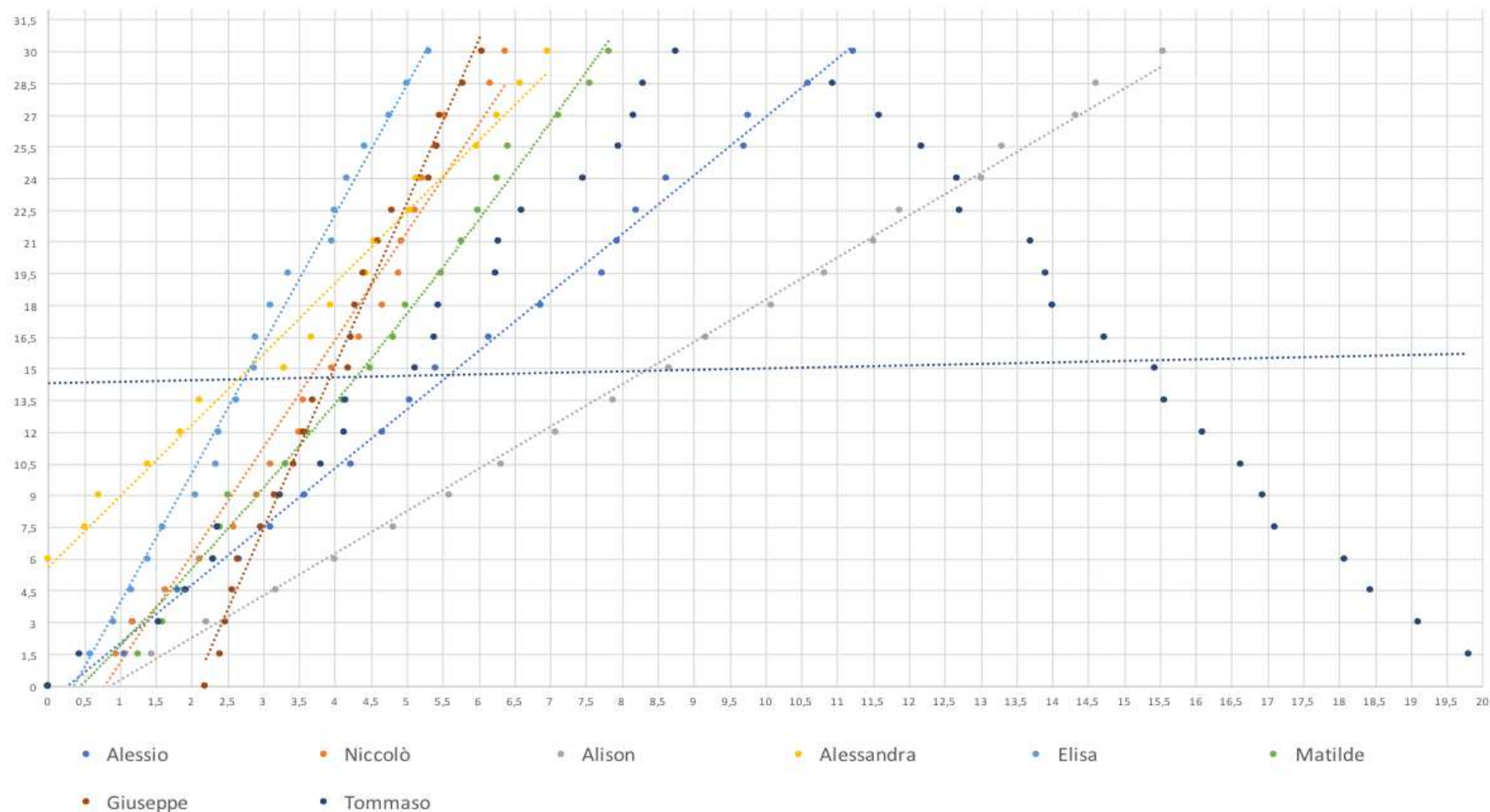


# In laboratorio d'informatica...

- La collega di matematica ha svolto una lezione in laboratorio d'informatica, riprendendo le funzioni del foglio di calcolo che avevamo introdotto in classe ed assegnando, come lavoro da svolgere a coppie, la rappresentazione in uno stesso diagramma orario di tutti i moti realizzati in giardino, utilizzando il grafico a dispersione, con e senza le linee di collegamento tra i punti.



- Come concordato, ha anche mostrato come rappresentare la *linea di tendenza* e ha discusso con i ragazzi in quali casi la retta (che il software propone di default) sembra approssimare adeguatamente l'andamento dei punti e in quali no.



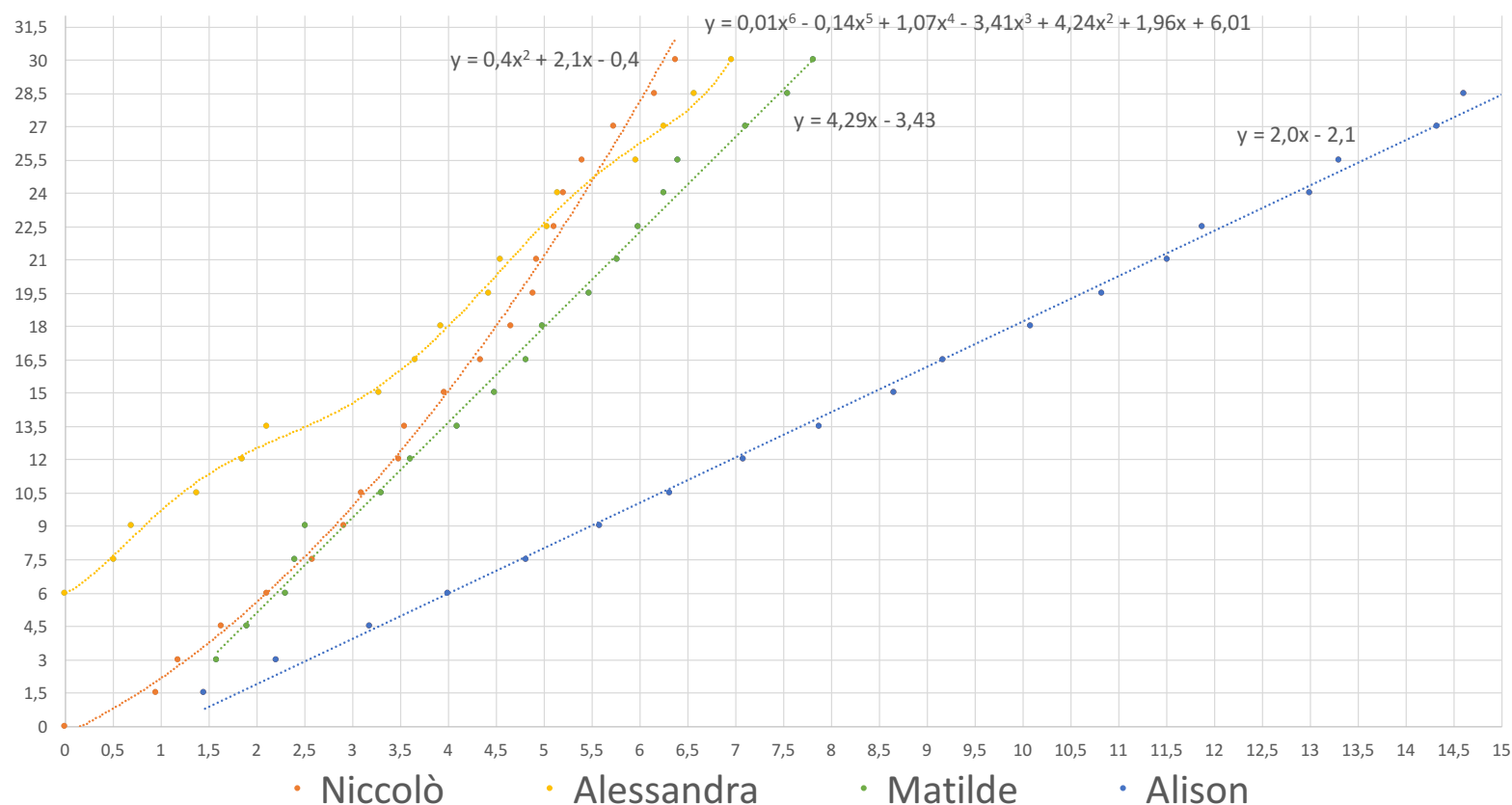
- 1) Apri il file “Registrazione tempi corse.xlsx” (puoi utilizzare Microsoft Excel oppure Numbers per Mac oppure con il software gratuito OpenOffice, liberamente scaricabile dal web; a parte i diversi interfaccia, le funzioni sono molto simili).
- 2) Rappresenta in un solo piano cartesiano i grafici relativi ai moti di Balzoni, Noferi e Staino, seguendo le seguenti istruzioni:
  - a. seleziona tutti i tempi e le posizioni di Balzoni;
  - b. dal menù “Inserisci” seleziona “Grafico” e scegli “A dispersione XY”;
  - c. puoi ridimensionare o posizionare il grafico a tuo piacimento per continuare a lavorare nel foglio di calcolo;
  - d. vai col mouse sul grafico, premi sul tasto destro del mouse e scegli il comando “Seleziona dati...”
  - e. nella zona relativa alle serie di dati clicca sul + (oppure comando “Aggiungi serie”) per aggiungere una serie;
  - f. clicca nella finestrella denominata “Valori X:” e seleziona tutti i tempi relativi a Noferi;
  - g. analogamente, come Valori Y... scegli le posizioni di Noferi;
  - h. cliccando su OK nel diagramma ti comparirà anche il grafico del moto di Noferi;
  - i. in modo del tutto analogo inserisci nel diagramma i grafici del moto di Staino e quello di Anghel;
  - j. inserisci la linea di tendenza per ciascun grafico (cliccando col tasto destro su un qualsiasi punto dei grafici, seleziona “Inserisci linea di tendenza”: compare una retta che approssima l’andamento dei punti);
  - k. dal comando “linea di tendenza” puoi vedere come quella che compare di default è quella “lineare”, cioè una retta: nei due grafici non “regolari” sostituiscila con una di tipo “polinomiale” aumentandone o diminuendone il grado: dovresti osservare come il grafico di Noferi è approssimato molto bene dalla curva di grado 2 (una parabola) mentre per quello di Anghel la migliore approssimazione si ottiene con il grado più alto tra quelli consentiti (6).
- 3) Rispondi alle seguenti domande, osservando i grafici ottenuti
  - a. Chi ha tenuto il ritmo più regolare? Chi meno regolare?
  - b. Quali grafici hanno pendenza costante? A quale caratteristica del moto corrisponde tale caratteristica?
  - c. Nei casi di pendenza non costante, la pendenza della curva nei vari tratti che significato potrebbe avere?
  - d. Abbina ciascun compagno a destra con le istruzioni a sinistra:

|                                                    |
|----------------------------------------------------|
| Procedi prima lentamente e poi accelera al massimo |
| Corsa con partenza da posizione 6 m.               |
| Camminata più regolare possibile                   |
| Corsa più regolare possibile                       |

|         |
|---------|
| Staino  |
| Anghel  |
| Noferi  |
| Balzoni |

- 4) Aggiungi al diagramma il grafico di Martini.
- 5) Che caratteristiche ha il suo grafico? Quale comando aveva Martini e da cosa lo deduci?

- Si sono scelti quattro moti su cui focalizzare l'attenzione: quelli di Alison ed Elisa, ben approssimati dalla linea retta (a meno dei punti iniziali, che si sono omessi dal grafico) e quelli di Niccolò e Alessandra, che invece hanno un andamento non lineare.
- Si è mostrata la possibilità di variare il tipo di linea di tendenza, considerando quelle di tipo polinomiale. Procedendo per tentativi, si è chiesto di cercare quali curve polinomiali fossero più simili all'andamento dei punti Niccolò e di Alessandra.
- Si è giunti *visivamente* alla conclusione che per Niccolò la curva più adatta è, con una certa approssimazione, quella di secondo grado, mentre per Alessandra bisogna spingersi fino al sesto grado (massimo grado consentito dal programma).



- Se alcuni studenti sono stati inizialmente disorientati dalla comparsa delle equazioni (purtroppo nel corso di matematica non era ancora stata introdotta la funzione quadratica), d'altra parte in molti hanno manifestato un certo stupore nel vedere come sia possibile modellizzare situazioni quotidiane, quali il camminare o il correre in giardino, mediante delle funzioni matematiche.

### Dal diario di bordo del docente:

<<La parte dell'attività svolta in laboratorio d'informatica, o in classe utilizzando la LIM, è stata avvincente per i ragazzi (alcuni non avevano mai utilizzato il foglio di calcolo e si sono stupiti della sua versatilità). E' stata sicuramente utile per incuriosirli e stimolarli ma non sono del tutto soddisfatto delle modalità con cui l'abbiamo svolta. Mi lascia un po' perplesso la sua "immaterialità": sono rimaste poche tracce del lavoro fatto, tranne la stampa di qualche grafico. Avrei voluto assegnare anche delle attività per casa, ma la loro revisione avrebbe fatto dilatare oltremodo i tempi, già ampi, dedicati all'argomento. >>

### ERRORI ED INCERTEZZE

- Una ragazza ha obiettato che "le curve tracciate assomigliano soltanto all'andamento dei punti, che comunque derivano da misure sicuramente poco precise".
- Il suo intervento è stato lo spunto per discutere l'attendibilità dei dati raccolti e le principali fonti d'errore. Dalla discussione è emerso che:

- 1) i cronometristi non hanno certamente azionato i cronometri allo stesso identico istante;
- 2) i corridori non sono punti materiali e, magari, ciascun cronometrista ha preso in considerazione una parte diversa del loro corpo;
- 3) i cronometristi non hanno fermato i cronometri esattamente nell'istante in cui volevano;
- 4) il moto dei corridori, anche quelli che si sono mossi con regolarità, avviene comunque a scatti, visto che quando camminiamo, e soprattutto quando corriamo, alterniamo momenti di spinta a momento di stacco;
- 5) ci sono dei "vuoti": il grafico di Alessandra, ad esempio, non consente di risalire al fatto che lei si è addirittura fermata, durante il tragitto.

Stimiamo i tempi di reazione

Il prof. ha detto "via" e "stop" e noi abbiamo azionato e stoppato i cronometri:

3,46/3,56/3,60/3,54/3,67/3,60/3,64/3,59/3,53/3,52/3,38/  
3,57/3,48/3,53/3,50/3,47

Quindi, il valor medio:  $\Delta t_m = 3,54s$

Semidispersione:  $\frac{3,67 - 3,38}{2} = 0,145 \rightarrow 0,2s$   
stiamo larghi!

$\Delta t = (3,5 \pm 0,2)s$

Abbiamo valutato che il tempo di reazione complessivo (accensione + spegnimento) è di 0,2s

Possiamo considerare che i tempi presi in giardino siano soggetti a questa incertezza.

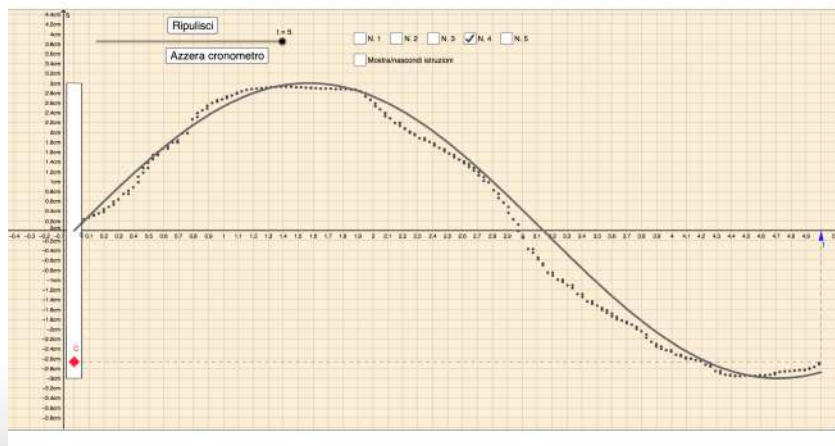
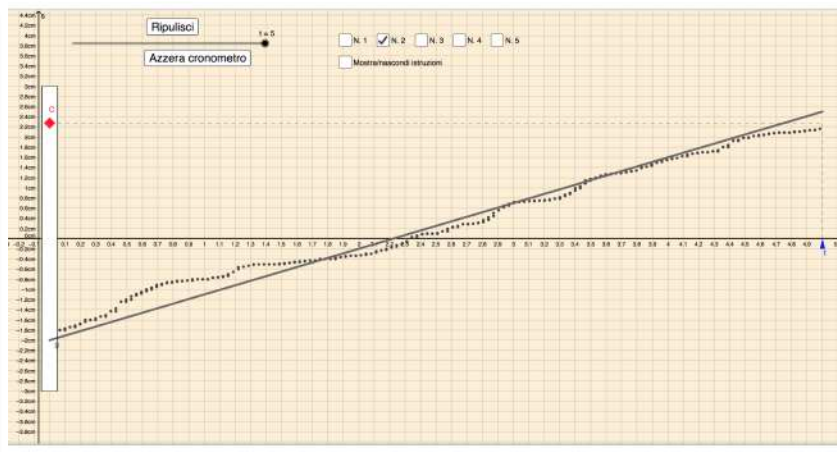
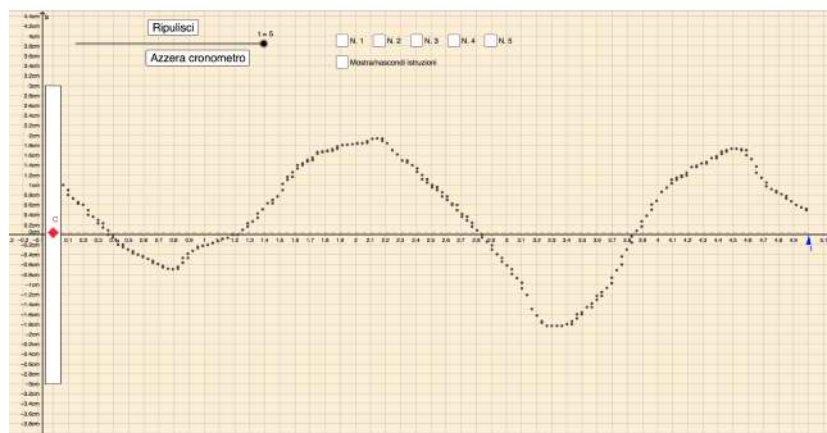
- In merito alle osservazioni 2) e 4) si è concluso che la procedura utilizzata, effettivamente grossolana, ci consente di trascurare le piccole variazioni di andatura nella corsa e nella camminata.
- In merito alle osservazioni 1) e 3), legate al *tempo di reazione* dei cronometristi, si è proposto di stimarne l'entità, ottenendo un'incertezza sui tempi dell'ordine di 2 decimi di secondo.

- Si è proposta, in forma di gioco, la seguente attività a gruppi nella quale i *corridori* hanno fatto da giudici:

*utilizzate i grafici trovati per risalire al comando ricevuto da ciascun corridore.*

- Il gioco è stato utile e anche divertente, ma eccessivamente lungo.
  - Un modo per velocizzarlo potrebbe essere quello di assegnare un solo moto a ciascun gruppo oppure fornire a tutti i gruppi tutte le istruzioni date ai corridori e chiedere di abbinarle ai vari nomi.
- La discussione collettiva sulle proposte avanzate dai gruppi ci ha consentito di sviscerare tutte le caratteristiche dei grafici in relazione al moto da essi rappresentato:
  - moti eseguiti *a ritmo* costante (abbiamo volutamente affiancato alla parola *velocità*, naturalmente usata dai ragazzi, un'altra parola che fosse una sorta di sinonimo: è stato utile, successivamente, far notare come, in questa fase della discussione, sia risultato del tutto naturale a ciascuno usare indifferentemente l'una o l'altra)
  - confronto tra moti a ritmo costante (pendenza della linea di tendenza)
  - moti a ritmo variabile (linea di tendenza non rettilinea)
  - moto *in avanti*, *indietro*, inversione del moto;
  - ....

- Il docente ha realizzato un'applet con il software Geogebra che consente di muovere un punto lungo una guida e di vederne rappresentato in tempo reale il grafico orario. L'applet, di cui inseriamo qui qualche schermata e alcune attività assegnate per casa ai ragazzi, è accessibile direttamente da questo collegamento: <https://ggbm.at/EGDykvSG>



Attività da svolgere.

I. Realizzare alcuni moti a piacere ed osservarne i grafici:

- in quali tratti il corpo si è mosso in avanti lungo la guida?
- in quali tratti si è mosso all'indietro?
- in quali istanti ha invertito il suo moto?
- in quali istanti si è fermato?
- in quali intervalli di tempo è rimasto fermo?

II. Partendo da un'estremità della guida, cercare di muovere il corpo in modo "uniforme".

- Che tipo di grafico hai (approssimativamente) ottenuto?
- Ripeti l'attività, partendo dall'altra estremità e muovendolo nel verso contrario, sempre in modo "uniforme".
- Ripeti l'attività, partendo da una posizione iniziale a piacere.

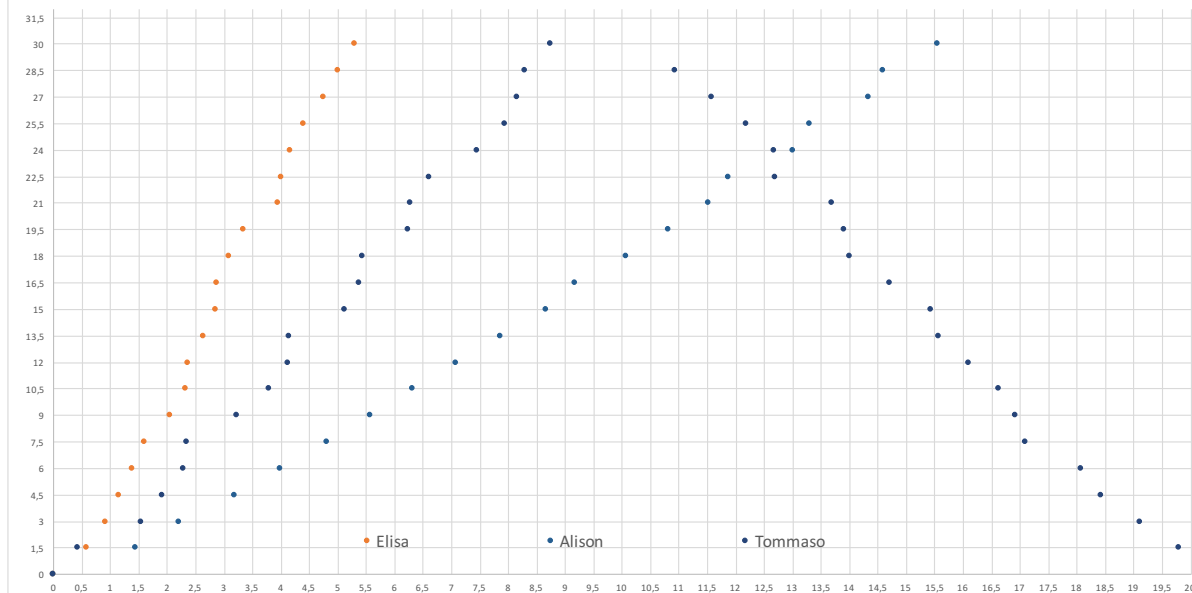
III. Mettendo la spunta alle caselle di controllo N. 1, N.2, etc... compariranno alcuni grafici particolari.

- Metti la spunta alla casella N. 1 e cerca di muovere il punto C in modo da riprodurre il grafico.
- Ripeti il gioco per i grafici N. 2, 3, 4 e 5.

## VERSO LA VELOCITÀ

- Utilizzando l'applet alla LIM si sono approfondite alcune ulteriori caratteristiche dei grafici. In particolare, risulta immediato considerare
  - il grafico di uno stato di quiete (che viene efficacemente visualizzato in modo “dinamico” rispetto allo scorrere del tempo)
  - i punti di inversione del moto
  - gli intervalli di tempo in cui il moto avviene più o meno rapidamente.
- Si è quindi realizzato alla LIM il moto il cui grafico è rappresentato in figura e chiesto di descriverlo : è emerso che il corpo *si ferma* in due particolari posizioni per ben determinati intervalli di tempo, mentre occupa solo istantaneamente tutte le altre posizioni che attraversa.
- Si è potuto definire, in tal modo, il concetto di *posizione istantanea*: un concetto solo apparentemente banale e che spesso si tende a dare per scontato. In realtà, la sua comprensione è propedeutica a quella dei concetti di velocità e di accelerazione istantanea.





| Alison |       | Elisa |       | Tommaso |      |
|--------|-------|-------|-------|---------|------|
| t (s)  | s (m) | t (s) | s (m) | t       | s    |
| 0      | 0,0   | 0     | 0,0   | 0       | 0,0  |
| 1,45   | 1,5   | 0,59  | 1,5   | 0,43    | 1,5  |
| 2,21   | 3,0   | 0,91  | 3,0   | 1,54    | 3,0  |
| 3,18   | 4,5   | 1,16  | 4,5   | 1,92    | 4,5  |
| 4,00   | 6,0   | 1,38  | 6,0   | 2,29    | 6,0  |
| 4,81   | 7,5   | 1,60  | 7,5   | 2,35    | 7,5  |
| 5,58   | 9,0   | 2,05  | 9,0   | 3,22    | 9,0  |
| 6,32   | 10,5  | 2,33  | 10,5  | 3,8     | 10,5 |
| 7,08   | 12,0  | 2,37  | 12,0  | 4,13    | 12,0 |
| 7,87   | 13,5  | 2,63  | 13,5  | 4,14    | 13,5 |
| 8,66   | 15,0  | 2,86  | 15,0  | 5,12    | 15,0 |
| 9,17   | 16,5  | 2,88  | 16,5  | 5,38    | 16,5 |
| 10,08  | 18,0  | 3,09  | 18,0  | 5,44    | 18,0 |
| 10,82  | 19,5  | 3,35  | 19,5  | 6,23    | 19,5 |
| 11,51  | 21,0  | 3,95  | 21,0  | 6,27    | 21,0 |
| 11,87  | 22,5  | 4     | 22,5  | 6,6     | 22,5 |
| 13     | 24,0  | 4,17  | 24,0  | 7,45    | 24,0 |
| 13,3   | 25,5  | 4,4   | 25,5  | 7,94    | 25,5 |
| 14,33  | 27,0  | 4,76  | 27,0  | 8,16    | 27,0 |
| 14,6   | 28,5  | 5     | 28,5  | 8,3     | 28,5 |
| 15,54  | 30,0  | 5,3   | 30,0  | 8,74    | 30,0 |
|        |       |       |       | 10,94   | 28,5 |
|        |       |       |       | 11,58   | 27,0 |
|        |       |       |       | 12,18   | 25,5 |
|        |       |       |       | 12,67   | 24,0 |
|        |       |       |       | 12,7    | 22,5 |
|        |       |       |       | 13,7    | 21,0 |
|        |       |       |       | 13,9    | 19,5 |
|        |       |       |       | 14      | 18,0 |
|        |       |       |       | 14,72   | 16,5 |
|        |       |       |       | 15,43   | 15,0 |
|        |       |       |       | 15,56   | 13,5 |
|        |       |       |       | 16,10   | 12,0 |
|        |       |       |       | 16,63   | 10,5 |
|        |       |       |       | 16,92   | 9,0  |
|        |       |       |       | 17,1    | 7,5  |
|        |       |       |       | 18,07   | 6,0  |
|        |       |       |       | 18,43   | 4,5  |
|        |       |       |       | 19,1    | 3,0  |
|        |       |       |       | 19,8    | 1,5  |

● Riprendendo in considerazione alcuni dei grafici ottenuti in laboratorio, insieme alle corrispondenti tabelle dei dati (con i tempi approssimati al decimo di secondo), abbiamo proposto i seguenti stimoli:

- quanto tempo ha impiegato Alison a passare dalla posizione 6,0 m alla posizione 10,5 m?
- che significato ha, nella domanda precedente, il termine “tempo”?
- dove lo vedi rappresentato nel diagramma cartesiano?
- e la distanza percorsa da Alison?
- quanto impiega, invece, a passare dalla posizione 10,5 m alla posizione 13,5?
- ed Elisa?
- che distanza ha percorso Tommaso tra gli istanti 4,1 s e 15,6 s?
- di quanto è cambiata la sua posizione?
- .....

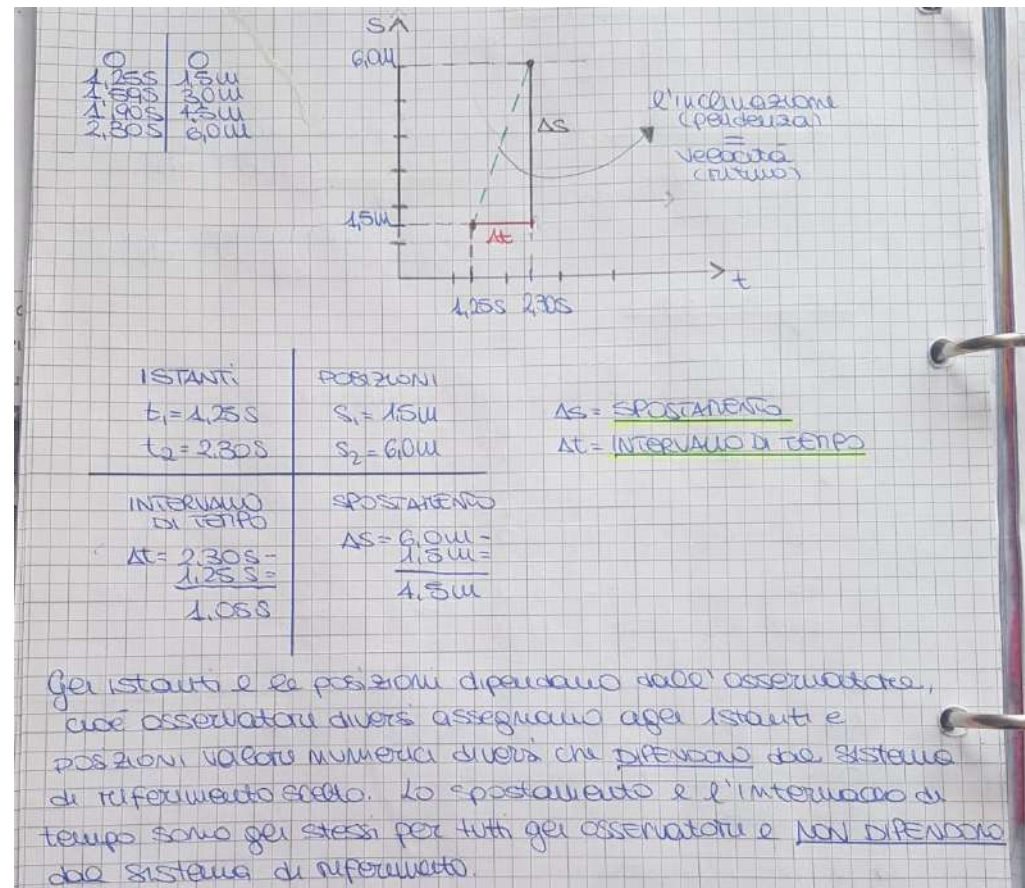
Dagli stimoli proposti sono emersi i concetti di:

- intervallo di tempo tra due eventi
- variazione della posizione istantanea  $\rightarrow$  spostamento

(loro invarianza rispetto ai sistemi di riferimento)

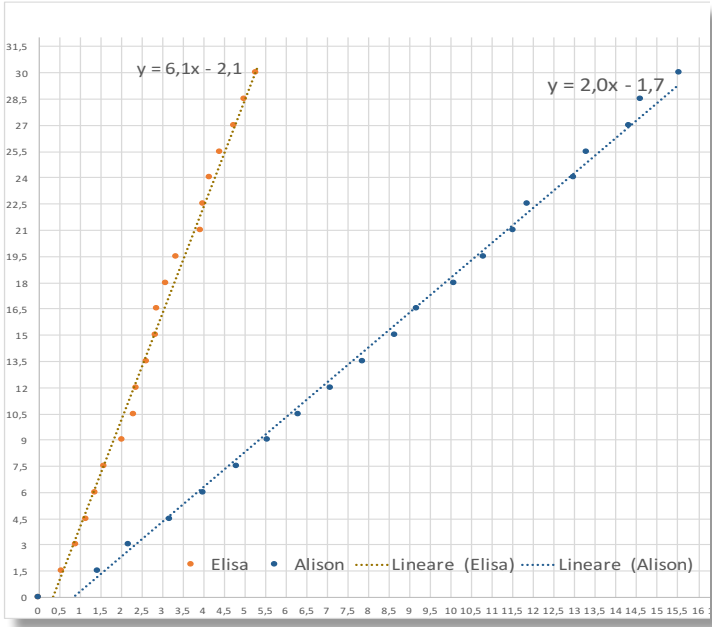
cui abbiamo associato la notazione usuale, e le rispettive rappresentazioni grafiche:

- significato dei segmenti orizzontali nel diagramma orario;
- significato dei segmenti verticali nel diagramma orario.



- Si è rivelata utile la discussione su quale fosse il significato fisico della lunghezza dei segmenti obliqui che congiungono due punti del grafico (nessuno).

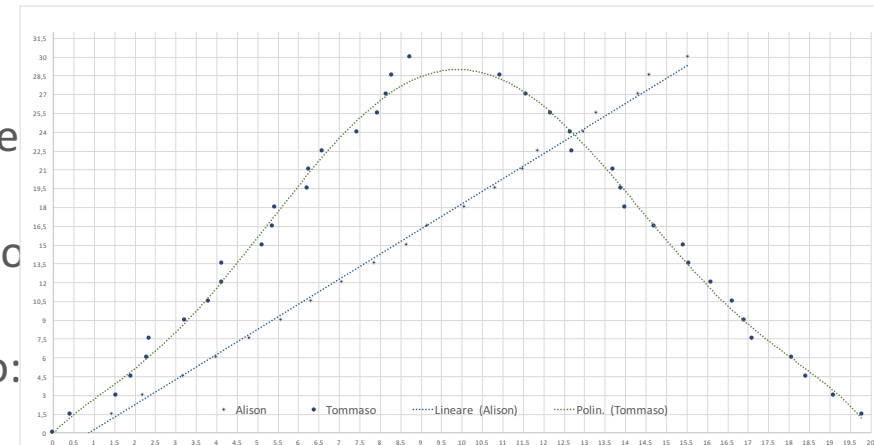
- A questo punto si è proposto di precisare quello che finora avevamo chiamato, genericamente, *ritmo*, *rapidità* o *velocità* del moto.
- Si è proposto il confronto tra il moto “ideale” di Elisa e quello “ideale” di Alison, proiettandone i grafici alla LIM con le relative linee di tendenza e proponendo di considerare i punti di tali rette invece di quelli ricavati dalle nostre misure.
- Era ormai noto che Alison aveva camminato mentre Elisa aveva corso, entrambe in modo *regolare*.
- Si sono rappresentati alcuni segmenti orizzontali e verticali e si è invitato a riflettere sul confronto tra i vari triangoli così costruiti.
- Una ragazza ha osservato: “Elisa ha percorso distanze maggiori in tempi minori”.
- Dalla discussione sulla sua proposta è emersa l’opportunità di riformulare così la frase: “Elisa ha percorso distanze maggiori in intervalli di tempo uguali”.
- Si è chiesto di considerare la distanza percorsa da Elisa in 2,0 s, 3,0 s, 4,0 s e 5,0 s, anche a partire da istanti diversi: è risultato evidente che Elisa ha percorso, con buona approssimazione, distanze uguali in tempi uguali e che c’è proporzionalità diretta tra spostamenti e intervalli di tempo.
- Essendo il concetto di proporzionalità diretta già consolidato, si è ricavata la costante di proporzionalità e, scrivendo i rapporti con le unità di misura, ottenuto circa  $\frac{6\text{ m}}{1\text{ s}}$ . Si è richiesto di esplicitare verbalmente il significato di tale valore: “in ogni secondo Elisa ha percorso circa sei metri”.
- Ripetendo tutta la procedura, verbalizzazione compresa, per il moto di Alison, si è ricavato il rapporto  $\frac{2\text{ m}}{1\text{ s}}$ .



## LA VELOCITÀ, FINALMENTE!

Potrà sembrare strano, ma solo quando è comparso il rapporto  $\frac{6 \text{ m}}{1 \text{ s}}$  qualcuno ha esclamato, stupito: “Ma è la velocità!”. Certi concetti che a noi sembrano naturali (quasi *primitivi*), in realtà per molti ragazzi non lo sono affatto!

- E' risultato del tutto naturale, da questo momento, riferirsi con il termine **velocità** ai valori ottenuti come rapporti tra spostamenti e intervalli di tempo.
- Dopo aver fatto notare che i valori che abbiamo trovato comparivano già sulla LIM (come coefficienti angolari delle due rette), si è proposto di confrontare il moto di Alison con quello di Tommaso.
- Osservato che per il moto di Tommaso le cose stanno diversamente, si è proposto di prendere in considerazione le due posizioni che Alison e Tommaso hanno occupato negli stessi istanti (lo avrebbero fatto se avessero camminato contemporaneamente), ricavandole dal grafico:  
 $t_1 = 0 \text{ s} \rightarrow s_1 = 0 \text{ m}; \quad t_2 \simeq 12,7 \text{ s} \rightarrow s_1 = 24,0 \text{ m}.$
- Alla domanda “Chi si è mosso più rapidamente?” è stato risposto “Tommaso, perché è andato avanti e poi indietro, percorrendo una distanza maggiore”.
- Si è proposto di considerare solo le posizioni iniziali e finali dei due ragazzi nell'intervallo di tempo considerato, quindi lo spostamento, trascurando completamente quello che hanno fatto negli istanti intermedi.



- Tutti hanno convenuto che, dal punto di vista dello spostamento e non della distanza effettivamente percorsa, tra gli istanti considerati i due moti sono indistinguibili.
- Alla richiesta: *“Come possiamo esprimere la rapidità con cui Alison e Tommaso hanno cambiato posizione tra i due istanti?”* la risposta è stata unanime: *“Facendo il rapporto tra lo spostamento e l’intervallo di tempo”*.
- Si è ottenuto 1,9 m/s e osservato che è leggermente inferiore al valore trovato in precedenza, perché qui abbiamo utilizzato l’istante iniziale, in cui Alison (partendo da ferma) non aveva ancora raggiunto il *passo* che ha poi mantenuto.
- Si è discusso sull’opportunità di designare anche questo valore con il termine *velocità* e, quindi, se sarebbe stato corretto affermare che:  
*“Tra gli istanti 0 s e 12,7 s Alison e Tommaso hanno avuto la stessa velocità di 1,9 m/s”*  
*e anche:*  
*“Tra gli istanti considerati, Alison e Tommaso hanno percorso 1,9 m in ogni secondo”*.  
Se sulla prima affermazione non c’era unanimità, la seconda è apparsa a tutti errata in riferimento a Tommaso. Un ragazzo l’ha corretta dicendo, finalmente: *“Tommaso ha percorso, in media, 1,9 m in ogni secondo”*.
- Terminato così il percorso di costruzione dei concetti di
  - **velocità media tra due istanti**
  - **velocità di un moto rettilineo uniforme**si sono formalizzate le definizioni, sottolineandone con forza la natura operativa.

- Si è insistito nel richiedere sempre, in fase di verifica, la completa verbalizzazione di tutte le fasi operative delle definizioni: le idee di posizione e di istante, l'osservazione di due eventi, la determinazione dello spostamento e dell'intervallo di tempo, il calcolo del loro rapporto, il nome ad esso attribuito e, infine, il suo significato fisico sia nel caso di moto uniforme che di moto vario.

Dal diario di bordo del docente:

<<Insistere sulla descrizione di tutte le fasi operative che precedono la definizione è sempre estremamente faticoso: come avevo previsto, i ragazzi fanno molta resistenza al dover ripetere tutta la trafila, preferendo riassumere il tutto con la formula matematica.

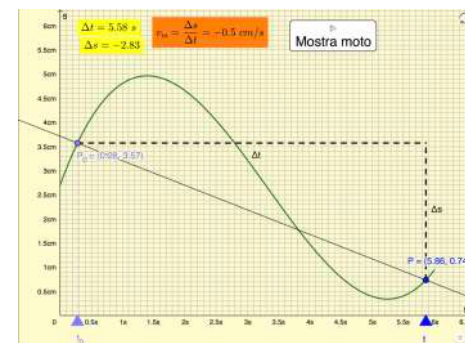
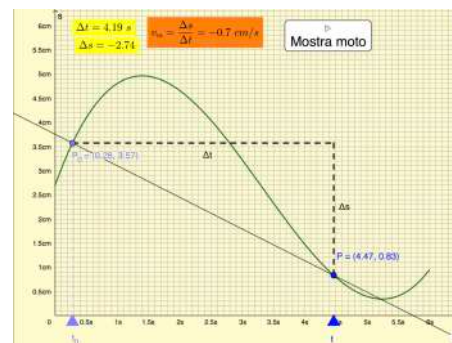
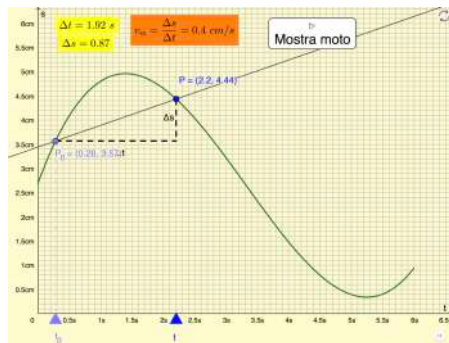
È evidente che la loro resistenza è dovuta al fatto che, per ragioni di brevità, altre volte non ho chiesto definizioni così dettagliate ed è altrettanto evidente che questo ha indotto, soprattutto nei meno diligenti, l'illusione che fosse sufficiente ripassare (o, peggio, studiare direttamente) le formule messe in evidenza nel riquadro colorato del libro di testo, tralasciando completamente il legame con i fatti. >>

- La valutazione dei risultati del lavoro fin qui descritto è positiva:
  - superate le resistenze iniziali, anche gli alunni che di solito sono meno padroni del linguaggio e tendono ad esprimersi usando monosillabi sono arrivati ad una soddisfacente esposizione *narrativa* dei concetti;
  - l'aver assimilato questa modalità ha preparato il terreno ad un'adeguata comprensione e verbalizzazione delle definizioni operative delle altre grandezze cinematiche.

- Per approfondire il significato della velocità media, si è mostrato e descritto l'utilizzo di un'applet programmata dal docente e accessibile al seguente collegamento:

<https://www.geogebra.org/m/ESPJQk8p>

- E' mostrato il moto di un corpo con il relativo grafico nel diagramma orario ed è possibile scegliere due istanti  $t_0$  e  $t_1$  tra i quali vengono mostrati:
  - i segmenti rappresentanti lo spostamento e l'intervallo di tempo
  - la loro misura
  - la retta secante tra i punti corrispondenti del grafico
  - il calcolo della velocità media
- Le schermate qui riprodotte si riferiscono alla velocità media tra l'istante 0,28 s e altri quattro istanti successivi.



- Nelle fasi precedenti si era già messo in evidenza il significato della velocità media come coefficiente angolare della retta secante.
- Facendo lavorare i ragazzi alla LIM con l'applet, si è chiesto di osservare le relazioni tra la velocità media e la retta secante nei vari casi (moto *in avanti*, moto *indietro*, velocità maggiore/minore/nulla, ...)
- Si sono assegnate per casa le attività n. 1 e 2 (e i relativi esercizi) della seguente scheda di lavoro abbinata all'applet (scaricabile dal link precedente).

## Scheda di lavoro abbinata all'applet "Velocità media e velocità istantanea"

### Istruzioni

E' rappresentato il grafico orario del moto rettilineo di un corpo C, che puoi visualizzare col pulsante "Mostra moto".

Posizionando i due cursori in basso lungo l'asse dei tempi, puoi fissare e modificare i due istanti  $t_0$  e  $t$ .

Vengono visualizzati:

- i punti del grafico corrispondenti agli istanti scelti;
- la retta secante relativa all'intervallo di tempo considerato;
- l'ampiezza (con segno) dell'intervallo di tempo  $\Delta t = t - t_0$ ;
- lo spostamento  $\Delta s = s - s_0$ ;
- la velocità media nell'intervallo di tempo considerato.

### Attività introduttiva

- Posiziona il cursore  $t_0$  sull'istante 1.5 s.
- Posiziona il cursore  $t$  sull'istante 4.1 s.
- Osserva i valori delle grandezze in alto a sinistra: vengono visualizzati in tempo reale i valori dello spostamento  $\Delta s = s - s_0$ , dell'intervallo di tempo  $\Delta t = t - t_0$  e della velocità media relativa all'intervallo di tempo scelto.
- Calcola  $\Delta s$ ,  $\Delta t$  e  $v_m$  per verificare la correttezza dei valori visualizzati.

### Attività n. 1

Fissa l'istante  $t_0=0$  s, assegnando all'istante  $t$  i valori indicati nella tabella, riporta nella seconda riga i corrispondenti valori della velocità media (espressi con 2 cifre significative) e rispondi alle domande:

| t (s)        | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $v_m$ (cm/s) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

- Come si muove il corpo negli intervalli di tempo in cui la velocità è negativa?
- Che caratteristiche ha la retta secante in tali intervalli di tempo?
- In quale intervallo di tempo la velocità media è zero? Perché?
- Come si muove il corpo negli intervalli di tempo in cui la velocità media è positiva?
- Che caratteristiche ha la retta secante in tali intervalli di tempo?

### Attività n. 2

Fissa l'istante  $t_0=1.0$  s e, assegnando all'istante  $t$  i valori indicati nella tabella sotto, riporta nella seconda riga i corrispondenti valori della velocità media, espressi con due cifre significative, quindi rispondi alle domande:

| t (s)        | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $v_m$ (cm/s) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

- Perché se  $t = 1.0$  s non si ottiene alcun valore per la velocità media?
- Come si muove il corpo negli intervalli di tempo in cui la velocità media è negativa?
- Che caratteristiche ha la retta secante in tali intervalli di tempo?
- Come si muove il corpo negli intervalli di tempo in cui la velocità media è positiva?

## Scheda di lavoro abbinata all'applet "Velocità media e velocità istantanea (cubica)"

### Istruzioni

E' rappresentato il grafico orario del moto rettilineo di un corpo C, che puoi visualizzare col pulsante "Mostra moto".

Posizionando i due cursori in basso lungo l'asse dei tempi, puoi fissare e modificare i due istanti  $t_0$  e  $t$ . Vengono visualizzati:

- i punti del grafico corrispondenti agli istanti scelti;
- la retta secante relativa all'intervallo di tempo considerato;
- l'ampiezza (con segno) dell'intervallo di tempo  $\Delta t = t - t_0$ ;
- lo spostamento  $\Delta s = s - s_0$ ;
- la velocità media nell'intervallo di tempo considerato.

### Attività introduttiva

- Posiziona il cursore  $t_0$  sull'istante 1.5 s.
- Posiziona il cursore  $t$  sull'istante 4.1 s.
- Osserva i valori delle grandezze in alto a sinistra: vengono visualizzati in tempo reale i valori dello spostamento  $\Delta s = s - s_0$ , dell'intervallo di tempo  $\Delta t = t - t_0$  e della velocità media relativa all'intervallo di tempo scelto.
- Calcola  $\Delta s$ ,  $\Delta t$  e  $v_m$  per verificare la correttezza dei valori visualizzati.

### Attività n. 1

Fissa l'istante  $t_0=0$  s, assegnando all'istante  $t$  i valori indicati nella tabella, riporta nella seconda riga i corrispondenti valori della velocità media (espressi con 2 cifre significative) e rispondi alle domande:

| t (s)        | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0  | 4.5  | 5.0  | 5.5  | 6.0  |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| $v_m$ (cm/s) | 2.1 | 2.4 | 2.5 | 2.4 | 2.0 | 1.5 | 0.5 | -0.5 | -1.5 | -2.5 | -3.5 | -4.5 |

- Come si muove il corpo negli intervalli di tempo in cui la velocità è negativa?  
*si muove indietro*
- Che caratteristiche ha la retta secante in tali intervalli di tempo?  
*è negativa*
- In quale intervallo di tempo la velocità media è zero? Perché?  
*a 3.0 s perché è nello zero della parabola*
- Come si muove il corpo negli intervalli di tempo in cui la velocità media è positiva?  
*in avanti*
- Che caratteristiche ha la retta secante in tali intervalli di tempo?  
*positiva*

### Attività n. 2

Fissa l'istante  $t_0=1.0$  s e, assegnando all'istante  $t$  i valori indicati nella tabella sotto, riporta nella seconda riga i corrispondenti valori della velocità media, espressi con due cifre significative, quindi rispondi alle domande:

| t (s)        | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5  | 4.0  | 4.5  | 5.0  | 5.5  | 6.0  |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| $v_m$ (cm/s) |     | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | -0.2 | -0.4 | -0.6 | -0.8 | -1.0 | -1.2 |

- Perché se  $t = 1.0$  s non si ottiene alcun valore per la velocità media?  
*perché non c'è differenza di tempo*
- Come si muove il corpo negli intervalli di tempo in cui la velocità media è negativa?  
*quando va indietro*
- Che caratteristiche ha la retta secante in tali intervalli di tempo?  
*è negativa*
- Come si muove il corpo negli intervalli di tempo in cui la velocità media è positiva?  
*quando va avanti*

### Esercizi

- Determina due intervalli di tempo in cui la velocità media è 1.0 cm/s:
- Osserva la retta secante negli intervalli di tempo trovati nell'esercizio precedente: che particolarità hanno tali rette? Perché?
- Muovendo i cursori, cerca l'intervallo di tempo in cui la velocità media assume il minimo valore. Qual è questo valore? In quale parte del grafico?
- Muovendo i cursori, cerca l'intervallo di tempo in cui la velocità media assume il massimo valore. Qual è questo valore? In quale parte del grafico?

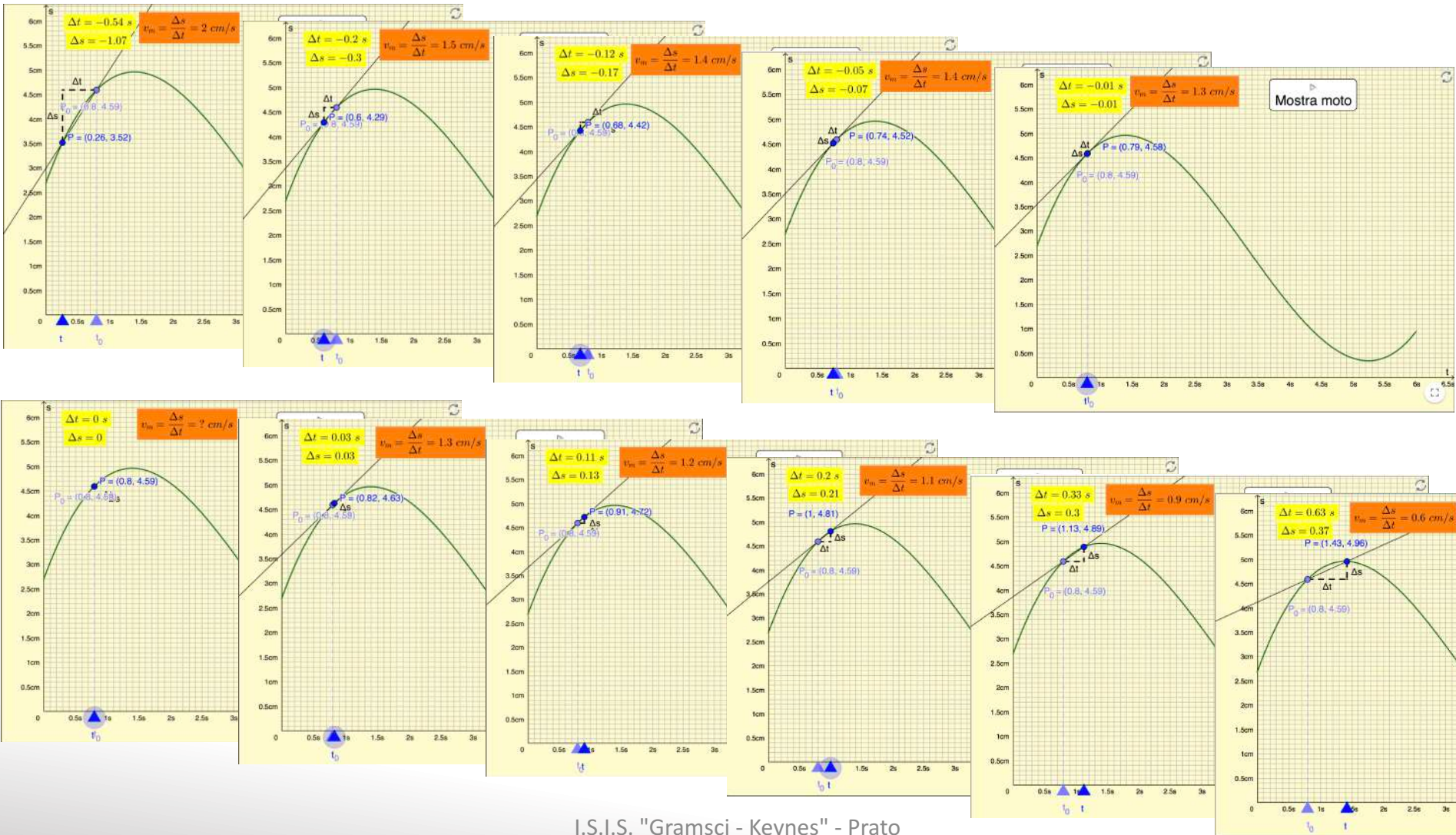
## VERSO LA VELOCITÀ ISTANTANEA

- Per introdurre il concetto di velocità istantanea, abbiamo riprodotto più volte alla LIM il moto del corpo rappresentato nell'applet e chiesto di individuare visivamente, sia osservando il moto che il suo grafico, alcuni istanti e intervalli di tempo particolari, con stimoli del tipo:
  - in quale istante il corpo si muove con la massima velocità in avanti? e indietro?
  - quali sono le massime velocità raggiunte?
  - ci sono istanti in cui si ferma? ci sono intervalli di tempo in cui resta fermo?
  - qual è la sua velocità iniziale? .....
- Si è guidata la discussione in modo da far lentamente emergere il fatto che stavamo usando la parola *velocità* in modo ambiguo:

“A quale velocità ci stiamo riferendo quando osserviamo che, ad esempio, *il corpo si ferma all'istante 1,4 s*? è una velocità media? è la velocità di un moto uniforme?”

  - un ragazzo ha affermato che la *velocità* di cui stiamo parlando “è *quella della vita di tutti i giorni*”
  - facendo riferimento alla lettura di un tachimetro in un'auto in movimento, si è cominciato a parlare di *velocità istantanea*
  - alla richiesta di definire meglio il concetto, tutti si sono mostrati d'accordo nel dire che “è *la velocità all'istante considerato*”
  - si è dovuto insistere per convincerli che, pur essendo un concetto quotidiano che sembra banale, in realtà non ne abbiamo ancora costruito una definizione rigorosa
  - una ragazza ha proposto di calcolare la velocità media con i due istanti coincidenti, ma già l'attività per casa aveva rivelato che in questo caso si ottiene 0/0.

- Ancora in riferimento all'[applet](#), si è scelto un istante di tempo ( $t_0 = 0,80 \text{ s}$ ) e si è proposto di considerare la velocità media tra  $t_0$  e  $t$ , facendo variare  $t$  “nelle vicinanze” di  $t_0$ .
- Si è così osservata in maniera dinamica la rotazione della retta secante corrispondente alla variazione della velocità media, il cui valore è visualizzato in tempo reale.



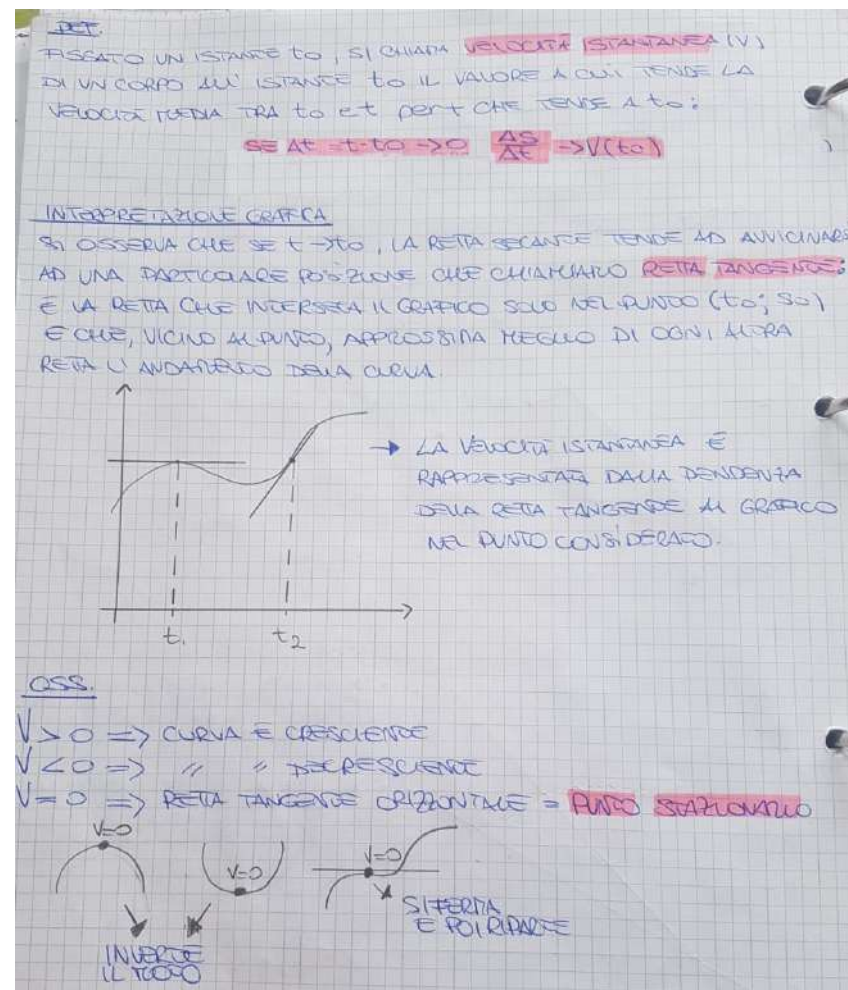
- Abbiamo registrato alla lavagna i valori della velocità media corrispondenti agli istanti scelti:

|                                              |      |      |      |      |             |             |             |      |     |      |
|----------------------------------------------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|------|-----|------|
| Istante $t$ (s)                              | 0,26 | 0,60 | 0,68 | 0,74 | <b>0,79</b> | <b>0,80</b> | <b>0,82</b> | 0,91 | 1,0 | 1,13 |
| Velocità media tra $t$ e $t_0=0,80$ s (cm/s) | 2    | 1,5  | 1,4  | 1,4  | <b>1,3</b>  | <b>?</b>    | <b>1,3</b>  | 1,2  | 1,1 | 0,9  |

- Alla nostra richiesta di mettere in evidenza fatti particolari osservati, è emerso che:
  - per  $t = 0,80$  s la velocità media non è definita
  - per  $t = 0,80$  s la retta secante scompare dalla schermata
  - per istanti immediatamente precedenti e immediatamente successivi a  $0,80$  s il valore della velocità media resta stabilmente pari a  $1,3$  cm/s
  - per valori di  $t$  molto vicini a  $t_0$  la retta secante ruota in maniera solo impercettibile
- Alla domanda: "Che valore ha senso assegnare alla velocità del corpo all'istante  $0,80$  s?" la risposta ha visto tutti d'accordo: " $1,3$  m/s".
- Dopo l'attività svolta, è risultato per tutti molto naturale il senso delle seguenti locuzioni:
  - "far tendere  $t$  a  $t_0$ "
  - "considerare un intervallo di tempo  $\Delta t$  contenente  $t_0$  e tendente a zero"
  - "se  $t$  tende a  $t_0$  la retta secante si avvicina ad una determinata retta, che interseca il grafico in uno solo punto"
  - "se  $t$  tende a  $t_0$ , la velocità media tende ad un ben determinato valore"

## LA VELOCITÀ ISTANTANEA

- Forti della discussione precedente, abbiamo formalizzato la definizione di velocità istantanea e la sua interpretazione grafica come coefficiente angolare della retta tangente al grafico, che abbiamo caratterizzato, senza eccessivo rigore, come  
*“quella retta che interseca il grafico solo nel punto corrispondente a  $t_0$  e che, nelle vicinanze di tale punto, approssima meglio di ogni altra retta l'andamento del grafico”.*
- Anche facendo riferimento ai grafici dei moti realizzati in giardino, si sono svolti e assegnati numerosi esercizi di lettura dei grafici richiedendo sempre una corretta verbalizzazione di tutte le caratteristiche da essi deducibili, in riferimento a istanti, posizioni, spostamenti e velocità.



## IL MOTO RETTILINEO UNIFORME

- Avendo sviscerato il concetto di *velocità* in tutti i suoi aspetti, siamo ritornati al moto rettilineo uniforme, che avevamo introdotto studiando il moto di Alison e di Elisa.
- Si è fatta una sintesi di tutte le proprietà che lo caratterizzano, fino alla formalizzazione della legge oraria.
- Riguardo alla legge oraria si è discusso il diverso *ruolo* delle varie grandezze che vi compaiono, distinguendo tra parametri (condizioni iniziali) e variabili: questa discussione è molto importante affinché i ragazzi siano in grado di applicarla con la dovuta consapevolezza e per evitare che, come spesso succede, la considerino acriticamente come una semplice *formula in cui si devono fare delle sostituzioni per ricavare una delle grandezze*.
- Per evitare errori molto ricorrenti si è fatta estrema attenzione a non scrivere mai la relazione  $s = v \cdot t$  né, tantomeno, la relazione  $v = \frac{s}{t}$ : sono proposte da tutti i libri di testo presentando il caso in cui  $t_0 = 0$  s e  $s_0 = 0$  m come propedeutico a quello generale o come sua declinazione particolare. Pur essendo un approccio ovviamente corretto, riteniamo che, dal punto di vista didattico, abbia spesso conseguenze nefaste: è molto frequente che, a distanza di tempo, i ragazzi ricordino solo la relazione  $v = \frac{s}{t}$  (magari associata alla frase: "velocità uguale spazio fratto tempo") perdendo di vista il fatto che le grandezze  $s$  e  $t$  vi rappresentano non degli istanti ma degli intervalli di tempo:  $s = s - 0$  m e  $t = t - 0$  s.

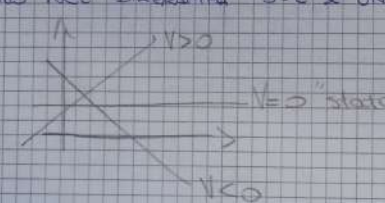
**MOTO RETTILINEO UNIFORME**

**DEF.**  
UN MOTO RETTILINEO SI DICE UNIFORME SE LA VELOCITÀ MEDIA È COSTANTE. (che non dipende dai particolari tempi scelti.)

$$v_{\text{m}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = v, \text{ costante}$$

**OSS.**

1. NEL MOTO RETTILINEO UNIFORME LA VELOCITÀ Istantanea È COSTANTE
2. NEL MOTO " " SPOSTAMENTI E INTERVALLI DI TEMPO SONO DIRETTAMENTE PROPORZIONALI A  $v$  E LA COSTANTE DI PROPORZIONALITÀ
3. IL GRAFICO NEL DIAGRAMMA  $s-t$  È UNA RETTA (non verticale)



4. LA LEGGE ORARIA DEL MOTO RETTILINEO UNIFORME:  
se  $s_0$  è la posizione iniziale del corpo all'istante  $t_0$ , la posizione  $s$  del corpo ad un qualsiasi istante  $t$  è data dalla legge:

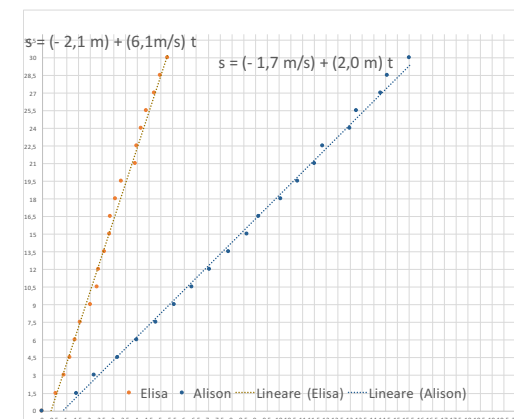
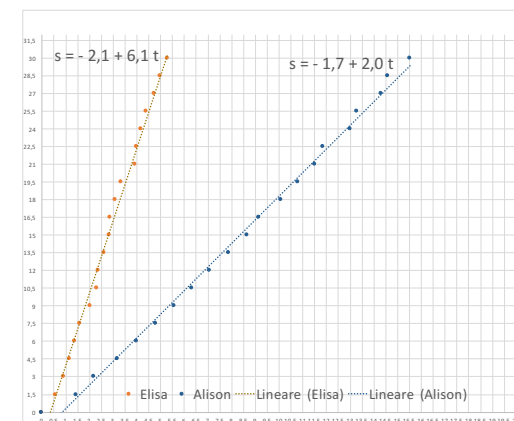
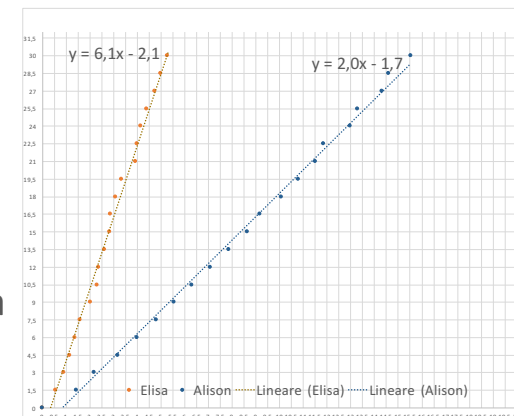
$$(s) = s_0 + v \cdot \Delta t$$

$$\Delta s = s - s_0$$
  
$$\Delta t = t - t_0$$

*sono le variabili*

**DIM.**  
$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = v \Rightarrow \Delta s = v \cdot \Delta t \Rightarrow s - s_0 = v \cdot \Delta t \Rightarrow s = s_0 + v \cdot \Delta t$$

- Si sono ripresi i grafici orari del moto di Elisa e di Alison con le relative rette di tendenza e proposto di considerare, alla luce di quanto detto, le equazioni delle due rette.
- Si sono riscritte le due equazioni alla lavagna, utilizzando  $s$  e  $t$  invece di  $x$  e  $y$  (e riordinando i termini come nella forma usuale della legge oraria). Diversi ragazzi hanno notato immediatamente, con piacevole stupore, che si trattava delle leggi orarie dei due moti (o meglio, della loro versione *ideale*).
- È stata molto soddisfacente la discussione sul significato dei vari termini che compaiono nelle equazioni in relazione alla concretezza dell'esperienza fatta in giardino:
  - perché vi compare  $t$  e non  $\Delta t$ ? (abbiamo azionato il cronometro all'istante in cui sono partite)
  - cosa rappresentano i coefficienti di  $t$ ? (come già detto ormai molte volte, le velocità costanti delle due ragazze)
  - cosa esprimono i termini noti? (le posizioni iniziali)
  - e allora perché non sono nulli visto che le due ragazze sono partite dall'origine? (si è così ripreso il discorso che avevamo già accennato in precedenza: nel primo tratto, stimabile in meno di 1,5 m, entrambe le ragazze, partite da ferme, hanno dovuto raggiungere la velocità che poi hanno mantenuto pressoché costante)
  - quale significato hanno, dunque, i numeri -2,1 e -1,7 che vi compaiono? (sono le posizioni da cui sarebbero dovute partire se, fin dall'istante iniziale, avessero già avuto la velocità voluta)
- Per finire, si sono scritte di nuovo le due leggi orarie, inserendo anche le unità di misura dei parametri.



- L'attività è proseguita con i classici problemi di fine capitolo sul moto rettilineo uniforme.
- Si è sempre preteso un disegno schematico che illustrasse la situazione, vista da un ipotetico osservatore in momenti diversi (come una sequenza di fotografie scattate negli istanti più significativi).
- I problemi che riguardano il moto simultaneo di più corpi (inseguimento, sorpasso, etc...) risultano particolarmente significativi e ricchi di spunti, sia in relazione alla loro rappresentazione grafica (che si è sempre richiesta), sia in relazione all'algebra (è il primo esempio di applicazione alla fisica dei sistemi lineari).

### Il problema... dei problemi

Il lavoro sulla risoluzione dei problemi, lo svolgimento commentato degli esempi e la correzione alla lavagna di quelli assegnati per casa, richiedono sempre molto tempo. Il rischio maggiore è che esso assorba tutte le energie dei ragazzi, vanificando in parte gli sforzi fatti sulla concettualizzazione.

- Per cercare di ovviare a ciò, si sono assegnate per casa molti esercizi di tipo teorico e anche attività come quella che riportiamo come esempio. E' stata assegnata [tramite Google Moduli](#), il che ha consentito di aggregare e analizzare globalmente le risposte (slide successiva).

#### Verifica formativa: velocità, diagramma orario, moto rettilineo uniforme

Tre macchinine telecomandate, A, B e C, si muovono contemporaneamente lungo tre percorsi paralleli. Da 0 s a 10 s vengono registrate le loro posizioni ogni 0,5 s. I dati raccolti sono riportati nel seguente diagramma orario.

- 1 Quali sono le posizioni iniziali dei tre punti?
- 2 Quale macchinina si muove di moto uniforme?
- 3 Una delle tre macchine si ferma durante il suo moto: per quanto tempo sta ferma, complessivamente?
- 4 Qual è la velocità media della macchina C sull'intero percorso?
- 5 Stima l'istante in cui A e B occupano la stessa posizione.
- 6 Stima la posizione in cui la macchinina A incrocia la macchinina C.
- 7 In quale posizione inverte il moto la macchinina C?
- 8 Quale tra le seguenti leggi orarie si riferisce alla macchinina A?

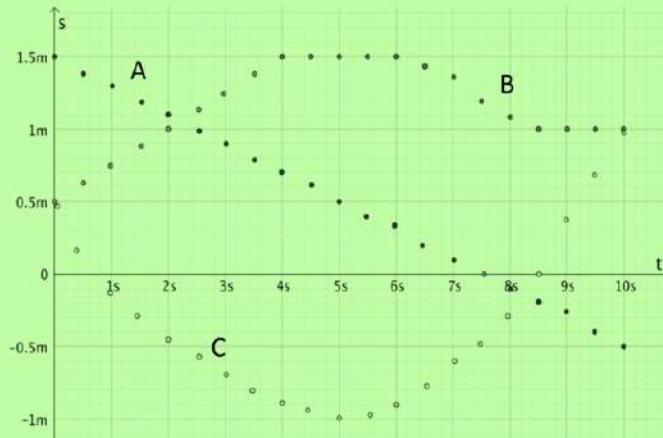
$$s = 1,5 - 0,20 t \quad s = 1,5 + 0,20 t \quad s = 1,5 t - 0,20 \quad s = 1,5 t + 0,20$$

9 Scrivi la legge oraria della macchina B tra l'istante 0 s e l'istante 4 s

10 Qual è la velocità delle tre macchinine all'istante 5 s?

11 Stima la velocità della macchinina C all'istante 6,5 s.

12 Quale tra i seguenti valori approssima al meglio la velocità iniziale della macchinina C? - 0,75 m/s    +0,75 m/s    0 m/s    -0,60 m/s



| Nome e cognome | Qual è la posizione iniziale di B? | Quale macchinina si muove di moto uniforme? | Una delle tre macchine si ferma per più di un istante: per quanto tempo sta complessivamente ferma? | Qual è la velocità media della macchina C sull'intero percorso?           | Stima l'istante in cui A e B occupano la stessa posizione.                     | Stima la posizione in cui la macchinina A incrocia la macchinina C. | In quale posizione inverte il moto la macchinina C? | Quale tra le seguenti leggi orarie si riferisce alla macchinina A? | Scrivi la legge oraria della macchina B tra l'istante 0 s e l'istante 4 s. | In quale istante B e C hanno la stessa velocità?                    | Stima la velocità della macchinina C all'istante 6,5 s.  | Quale tra i seguenti valori stima al meglio la velocità iniziale della macchinina C? |     |
|----------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CORRETTORE     | 0,5 m                              | A                                           | 3,5 s                                                                                               | 0,05 m/s                                                                  | 2,2 s                                                                          | 0,15 m                                                              | -1 m                                                | $s=1,5 - 0,20 t$                                                   | $s=0,5 + 0,25 t$                                                           | 5 s                                                                 | 0,3 m/s                                                  | -0,60 m/s                                                                            |     |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 2 s                                                                                                 | $V=2m/10s=0,2m/s$                                                         | $S_a=0,3t+1,5$<br>$S_b=0,1t+0,5$ allora si eguaglia $S_a=S_b$ il risultato -5s | $S_a=0,3t+1,5$<br>$S_c=0,2t+0,5$<br>$S_a=S_b$ il risultato -10      | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   | $S=0,5+0,38t$                                                              | Sc=Sb il risultato 0                                                | 0,28 m/s                                                 | 0,60 m/s                                                                             | 42% |
| XXXXXXXX       | 0 m                                | A                                           | 2 s                                                                                                 | 0,05m/s                                                                   | Istante: 7,6s.                                                                 | Tra -0,1m e -0,2m                                                   | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   | $s=0m+0,4m/s+4s$                                                           | 10s                                                                 | $V=-0,8m/6,5s=-0,1m/s$                                   | 0,60 m/s                                                                             | 33% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 3,5 s                                                                                               | 1/5 m/s                                                                   | 2,2s                                                                           | -0,1 m                                                              | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   |                                                                            | 5s                                                                  | 0,3 m/s                                                  | 0,60 m/s                                                                             | 67% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 1,5 s                                                                                               | La velocità media parte nel verso negativo e poi ha una crescita costante |                                                                                | -0,2m                                                               | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   | $S=s_0+v$ per delta t quindi $0,5+0,25t$                                   | Istante 10s                                                         | $0,75 m : 6,5 s = 0,12 m/s$                              | 0,60 m/s                                                                             | 42% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 2 s                                                                                                 | 0,05 metri/secondi                                                        | Nei 2,3 secondi                                                                | Nel punto 8,3 secondi                                               | 5 s                                                 | $s=1,5 - 0,20 t$                                                   | $S=4+0,5$                                                                  | Nei 5 secondi                                                       | 0m/s                                                     | -0,60 m/s                                                                            | 58% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 2 s                                                                                                 | $0,5m : 10s = 0,05m$                                                      | 1,1m                                                                           | -0,2m                                                               | -1 m                                                | $s=1,5 - 0,20 t$                                                   |                                                                            | 5s                                                                  |                                                          | -0,60 m/s                                                                            | 58% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 2 s                                                                                                 | $V_m = (s-s_0)/(t-t_0) = 0,5m/10s = 0,05m/s$                              | Quando t è circa 2,25s                                                         | quando t è circa 8,4s                                               | -1 m                                                | $s=1,5 - 0,20 t$                                                   | $s=0,5 + 0,25t$                                                            | Nell'istante t = 5s( $V_m = 0m/s$ )                                 | $t_0 = 6,4$ $V_i = S/t - t_0 = 0,8 - 0,75/0,1 = 0,5 m/s$ | -0,60 m/s                                                                            | 67% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 3,5 s                                                                                               | 0,25 m/s                                                                  | coordinate (2 ; 1,1) nel grafico istante-spostamento                           | coordinate (8 ; -0,1)                                               | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   | $s=0,5+0,95 t$                                                             | B (5; 1,5) C(5; -1)                                                 | 0,75 m/s                                                 | + 0,75 m/s                                                                           | 42% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 1,5 s                                                                                               | 0,20 m/s(2m:10s)                                                          | 2,2s                                                                           | 8,4s                                                                | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   | $s=0,5+0,25t$                                                              | 10s                                                                 | 0,2 m/s (0,1m:0,5s)                                      | + 0,75 m/s                                                                           | 50% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 2 s                                                                                                 | 0,05                                                                      | 2,3                                                                            | 0,9/1m                                                              | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   | $S=0,5+(0,25m/s)(4s)$                                                      | 3s                                                                  |                                                          | - 0,75 m/s                                                                           | 42% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 3,5 s                                                                                               | 0,05m/s                                                                   | 2s                                                                             | -0,2m                                                               | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   | $s=0,5+0,25t$                                                              | da 6s a 8s ( $V_c=-0,3$ ; $V_b=0,3$ )                               | -0,12 m/s                                                | - 0,75 m/s                                                                           | 58% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 2 s                                                                                                 | $V=S/t=3,5m/10s=0,35m/s$                                                  | 1m                                                                             | -0,2m                                                               | -1 m                                                | $s=1,5 - 0,20 t$                                                   |                                                                            | 5s                                                                  | $V=s/t=-0,75m/6,5 s=-0,12m/s$                            | 0,60 m/s                                                                             | 50% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 3,5 s                                                                                               | $0,5m:10s=0,05m/s$                                                        | tra i 2s e i 3s                                                                | -0,2m                                                               | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   | $s=1,5m+(0,25m/s)(4s)$                                                     | 5s                                                                  | $1,3m:6,5s=0,2m/s$                                       | 0,60 m/s                                                                             | 67% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 3,5 s                                                                                               | $V_m(c)=3,5m/10s=0,35 m/s$                                                | t = 2,2 s                                                                      | -0,2m                                                               | -1 m                                                | $s=1,5 + 0,20 t$                                                   | $S(0s;4s)=0,5 + 0,25 t$                                                    | B e C hanno la stessa velocità all' istante t=5s ( velocità nulla ) | $V_c = -1,3m/0,4s=3,25 m/s$                              |                                                                                      | 75% |
| XXXXXXXX       | 0,5 m                              | A                                           | 3,5 s                                                                                               | 4m spazio percorso in totale. quindi $V_m=4m:10s=0,4 m/s$                 | 2,25s                                                                          | 8,15s                                                               | -1 m                                                | $s=1,5 - 0,20 t$                                                   | $St=0,5m+0,25m/s+4s=1,5m$                                                  | nell'istante 10s                                                    | -0,10m/s                                                 | -0,60 m/s                                                                            | 58% |
|                | 93%                                | 100%                                        | 40%                                                                                                 | 47%                                                                       | 47%                                                                            | 53%                                                                 | 93%                                                 | 40%                                                                | 33%                                                                        | 60%                                                                 | 27%                                                      | 27%                                                                                  |     |

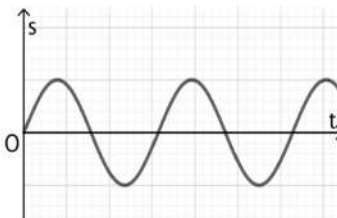
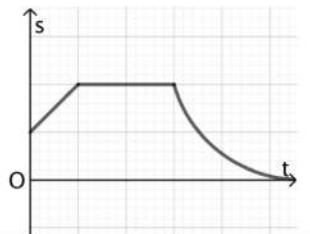
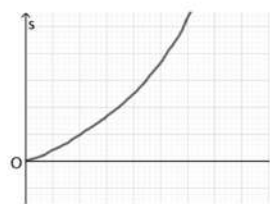
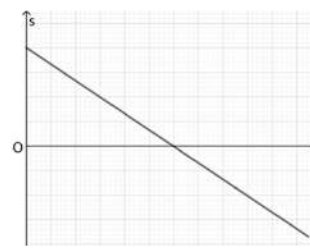
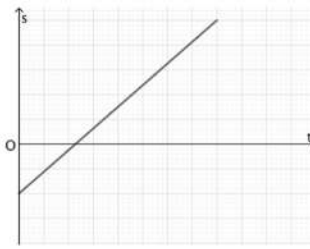
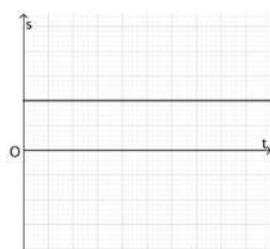
Proiettando alla LIM questa tabella (sono evidenziate le risposte errate) si è fatta una revisione collettiva del lavoro, discutendo con i ragazzi i risultati, individuando le questioni più critiche e gli errori più comuni (che hanno anche rivelato le parti più deboli di alcune lezioni fatte).

- Durante le verifiche orali si è proposta sistematicamente la verbalizzazione dei concetti e la lettura e interpretazione dei grafici, chiedendo di simulare il moto rappresentato muovendo la mano sull'asse  $s$  o, viceversa, di rappresentare il moto di una mano che si muove lungo un bordo del tavolo.

Un esempio di [lavoro](#) assegnato per casa tramite Google Moduli (tratto da Arons<sup>1</sup>).

Il bordo del tavolo sia la linea retta lungo la quale avviene il moto. La posizione  $s=0$  si trova nei pressi del centro del tavolo, con le posizioni positive rivolte verso destra e quelle negative verso sinistra. L'oggetto in movimento è costituito dalla tua mano.

- 1) Muovendo la mano, riproduci ciascuno dei moti che sono rappresentati nei seguenti diagrammi posizione-istante.
- 2) Descrivi ciascun moto, facendo riferimento a: verso del moto, punti di inversione del moto, il fermarsi del corpo, l'avere velocità nulla per un solo istante, il muoversi con velocità costante, l'aumento o la diminuzione della velocità, i valori massimi della velocità (in entrambi i versi).



<sup>1</sup>Arons A.B. (1992). *Guida all'insegnamento della fisica*. Bologna: Zanichelli, pp.25-61.

La raccolta delle risposte (alcune qui sotto) offre l'opportunità per condurre la discussione in classe o per dare indicazioni mirate di recupero (come nel caso della ragazza che ha scritto le risposte dell'ultima riga!).

| NOME  | N. 1                                                                                                                                                                                                                                    | N. 2                                                                                                                                                                                                                       | N. 3                                                                                                                                                 | N. 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | N. 5                                                                                                                                                                                                                                                                                     | N. 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XXXXX | la mano non si muove, quindi il As è zero, la velocità media è ZERO perché non si ha una variazione di posizione.                                                                                                                       | la mano parte da una posizione arretrata rispetto al punto ZERO stabilito, la mano si muove in avanti, in senso positivo, con una velocità costante senza fermarsi.                                                        | il corpo si muove in senso negativo, indietro, mantenendo una velocità costante, andando indietro va oltre il punto ZERO stabilito.                  | la mano si muove in avanti, variando la sua velocità, aumentandola.                                                                                                                                                                                                                                             | la mano inizialmente va in avanti, in senso positivo ad una velocità costante, dopo un po' si ferma per un certo periodo di tempo, dopo comincia a tornare indietro con una velocità che varia fino a $v=0$                                                                              | la mano alterna un moto positivo e negativo, andando in avanti e tornando indietro, con una velocità non costante, alternando un moto a maggiore velocità e a minore velocità.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| XXXXX | il corpo rimane fermo                                                                                                                                                                                                                   | il corpo si muove in avanti a velocità costante                                                                                                                                                                            | il corpo si muove all'indietro a velocità costante                                                                                                   | il corpo si muove in avanti accelerando progressivamente                                                                                                                                                                                                                                                        | il corpo prima si muove in avanti a velocità costante, poi si ferma per un po' di tempo e poi inverte il suo moto andando all'indietro a velocità progressivamente decelerata                                                                                                            | il corpo ha una velocità costante e rimane fermo per un istante in ogni cambio di direzione(5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| XXXXX | il corpo è fermo perché la linea del moto è parallela all'asse x (asse dei tempi)                                                                                                                                                       | il corpo parte prima del punto 0 preso come riferimento e si muove in avanti con un velocità costante                                                                                                                      | il corpo si muove all'indietro con velocità costante e finisce il suo moto in una posizione più arretrata rispetto al punto 0 preso come riferimento | il corpo si muove in avanti e aumenta la velocità lungo il suo percorso                                                                                                                                                                                                                                         | il corpo parte muovendosi in avanti da una posizione più avanzata rispetto al punto 0 preso come riferimento, a un certo istante si ferma e rimane fermo per qualche istante per poi tornare indietro diminuendo gradualmente la sua velocità                                            | parte dal punto 0 muovendosi in avanti aumentando la velocità e a un certo istante rallenta e inverte il suo moto fermandosi per un istante e andando indietro percorrendo una distanza doppia rispetto a quella percorsa in avanti, poi a un certo istante rallenta e inverte il suo moto fermandosi per un istante e andando di nuovo in avanti aumentando la velocità, poi in un certo istante rallenta e inverte il suo moto fermandosi per un istante e andando all'indietro aumentando velocità, poi rallenta in un istante cambia di nuovo moto invertendolo e fermandosi in un istante e poi aumenta la sua velocità                                                                     |
| XXXXX | il corpo è fermo. La velocità media e istantanea sono nulle (zero), perché la linea che rappresenta la posizione del corpo nel tempo è parallela all'asse dei tempi (agli istanti); quindi la velocità non è né aumentata né diminuita. | il corpo si è mosso in avanti, perché la linea che rappresenta la posizione del corpo nel tempo è una retta crescente quindi la velocità media e istantanea è maggiore di zero. Il corpo si è mosso con velocità costante. | il corpo si è mosso indietro con velocità costante, perché la retta secante ha una pendenza negativa.                                                | il corpo si è mosso in avanti, ha aumentato la sua velocità progressivamente, perché il suo moto non è costante. La sua velocità media e istantanea è maggiore di zero perché la linea è crescente. Il corpo non è tornato indietro o fermato. La velocità massima è nella parte finale della rappresentazione. | il corpo ha avuto un moto non costante: inizialmente si è mosso in avanti con velocità costante, si è fermato per un certo tempo (velocità nulla), dopodiché è ripartito velocemente indietro (tratto di velocità maggiore) per poi rallentare progressivamente a velocità nulla (zero). | il corpo ha avuto un moto non costante, ripetitivo suddiviso in periodi tutti uguali. La rappresentazione del periodo è la seguente: nella prima fase si è mosso in avanti ad una velocità quasi costante (velocità massima in avanti) per poi rallentare fino a fermarsi per un istante, poi è tornando indietro con la stessa velocità precedente (velocità massima indietro) ma con uno spostamento doppio, poi ha rallentato nuovamente fino a fermarsi per un istante e riprendere in avanti con la stessa velocità fino al punto di partenza. Questo periodo si ripete nel tempo.                                                                                                          |
| XXXXX | il corpo è rimasto fermo ( in una posizione positiva, cioè in una posizione che risulta essere positiva in base all' origine del grafico )                                                                                              | A partire da una posizione negativa il corpo si è mosso nel verso positivo a velocità costante                                                                                                                             | A partire da una posizione positiva il corpo si è mosso nel verso negativo a velocità costante                                                       | A partire dall' origine il corpo si è mosso nel verso positivo con velocità sempre maggiore                                                                                                                                                                                                                     | A partire da una posizione positiva il corpo si è mosso nel verso positivo, poi resta fermo , infine il corpo si muove nel verso negativo fino all' origine a velocità sempre minore                                                                                                     | A partire dall' origine il corpo si è mosso nel verso positivo, a velocità costante, fino ad una posizione s1 , dove, per un istante, il corpo si è fermato , ha invertito il suo moto e si è mosso, a velocità costante, nel verso negativo fino ad una posizione -s1 , dove si è fermato per un istante, ha invertito il suo moto e si è mosso, a velocità costante, nel verso positivo fino alla posizione s1 dove il corpo si è fermato per un istante, ha invertito il suo moto e si è mosso nel verso negativo ,a velocità costante,fino alla posizione -s1, dove si è nuovamente fermato per un istante, ha invertito il suo moto e si è mosso nel verso positivo fino alla posizione s1. |
| XXXXX | Si muove in avanti senza mai fermarsi quindi ha un verso positivo. La mano si muove su un moto rettilineo e la sua velocità media è uguale a zero perché non abbiamo nessuna variazione di posizione                                    | Questa mano ha una velocità costante, si muove in avanti senza fermarsi e ha senso positivo                                                                                                                                | Il corpo si muove costantemente indietro infatti ha un verso negativo, non si ferma mai ed ha una velocità costante                                  | La mano ferma la sua velocità in modo non costante, senza mai fermarsi, si muove nel senso positivo e alterna tratti a maggiore velocità media con tratti a minore velocità media                                                                                                                               | La mano parte da una certa posizione e sale in maniera costante in senso positivo poi si ferma per un certo At ed esegue un moto rettilineo in seguito si ferma e inverte il suo moto tornando indietro in maniera non costante fino a raggiungere s=0                                   | il corpo parte dalla posizione 0 per poi eseguire un moto positivo in avanti costante, ad un certo punto torna indietro con un verso del moto negativo e ripete questa andatura per diverse volte formando così delle curve che hanno le stesse coordinate fra di loro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| XXXXX | la mano si muove su di un moto rettilineo: la velocità media è nulla cioè uguale a zero perché non si ha una variazione di posizione. si muove nel verso positivo cioè in avanti senza fermarsi                                         | il corpo si muove in avanti nel senso positivo senza fermarsi aumentando la sua velocità in modo costante                                                                                                                  | il corpo si muove nel senso negativo cioè indietro senza fermarsi diminuendo la sua velocità in modo costante                                        | la mano aumenta la sua velocità in modo non costante senza fermarsi, si muove nel senso positivo in avanti : sono presenti tratti di maggiore velocità e minore velocità                                                                                                                                        | la mano parte da una certa posizione e si muove in avanti. ad un certo punto si ferma per un certo intervallo di tempo e si muove in modo rettilineo in avanti. poi si ferma inverte il suo moto e si muove all' indietro in modo non costante fino alla posizione s uguale a zero.      | il corpo parte dalla posizione zero, si muove in avanti fino ad un certo punto quando si ferma ed inverte il suo moto tornando indietro per poi continuare a muoversi fino ad un certo punto fermarsi e invertire di nuovo il moto e muoversi in avanti e così via formando delle curve. nei punti più alti o più bassi delle curve si raggiunge la massima o la minima velocità ( velocità istantanea)                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## Per finire, torniamo in giardino.....

- In occasione di una settimana durante la quale il docente avrebbe perso due ore di lezione per altri impegni scolastici, è stato proposto (in modo un po' estemporaneo) il seguente *compito autentico* da svolgere a gruppi:

***“Ideare ed attuare un metodo per stimare la velocità istantanea delle auto sulla tangenziale lungo il giardino della scuola. Preparare, per la prossima settimana, una breve presentazione del lavoro svolto e dei risultati ottenuti.”***

- Consideriamo questa attività come un'idea *in nuce* di compito autentico. Riteniamo comunque valga la pena farne cenno, perché ha contribuito a creare un clima di lavoro positivo e collaborativo, anche se i prodotti finali (in particolare le misure ottenute) non sono da considerarsi sufficientemente accurati.
- La prima ora di attività si è svolta in presenza del docente. Altre due si sono svolte durante ore di sostituzione (concordate col sostituto).
- L'attività si è conclusa con l'esposizione e la presentazione dei lavori realizzati.
- L'assenza del docente durante i lavori non ha consentito una valutazione sistematica mediante una griglia di osservazione, ma riteniamo possa essere interessante perché ha attivato delle competenze che nelle lezioni ordinarie non sempre si riescono a valorizzare:
  - ha richiesto la collaborazione tra gli studenti per un obiettivo condiviso
  - ha concesso l'utilizzo di strumenti scelti liberamente dai ragazzi
  - ha impegnato gli studenti in un'attività concreta e specifica



I.S.I.S. "Gramsci - Keynes" - Prato



- La discussione nei gruppi sulla procedura con cui ottenere la misura ha coinvolto tutti gli allievi ed è stata l'occasione di un confronto tra pari sulla necessità di misurare una velocità media su un intervallo di tempo sufficientemente piccolo: malgrado la trattazione fatta, non tutti ancora ne erano consapevoli.
- Nessun gruppo ha preso in considerazione il fatto che l'incertezza delle misure pone un limite inferiore all'ampiezza dell'intervallo di tempo che è opportuno scegliere. Non è stata una sorpresa, dal momento che per l'intero percorso si era trascurata quasi del tutto la valutazione delle incertezze, ritenendo che avrebbe appesantito il discorso e distratto dall'obiettivo fondamentale della concettualizzazione.
- La presentazione dei lavori di gruppo è avvenuta in un clima molto piacevole, informale e collaborativo.
- Finite le presentazioni si è fatto notare che nessun gruppo ha stimato l'incertezza sulla misura della velocità e, di conseguenza, ne ha dichiarato il risultato con un numero eccessivo di cifre. Non si è approfondita ulteriormente la questione. I tempi si erano ormai *dilatati* abbastanza...

Le slide seguenti illustrano alcune parti delle presentazioni realizzate dai gruppi.

## Esperienza 2

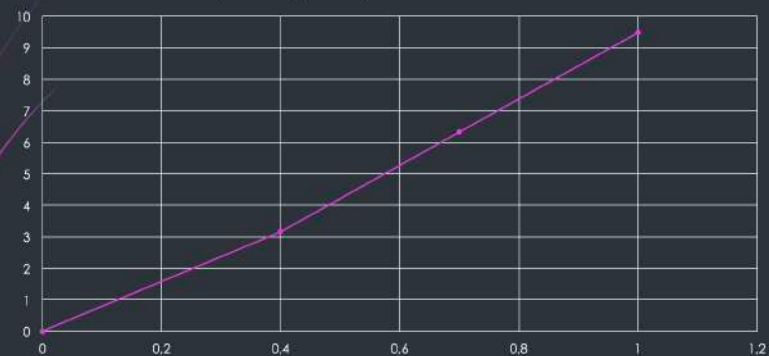


Attraverso l'utilizzo di un video siamo riusciti a calcolare la velocità istantanea di due macchine diverse e abbiamo anche potuto osservare il sorpasso della Macchina 2 (piccola).

## Grafico illustrativo

Macchina 1 (grande)

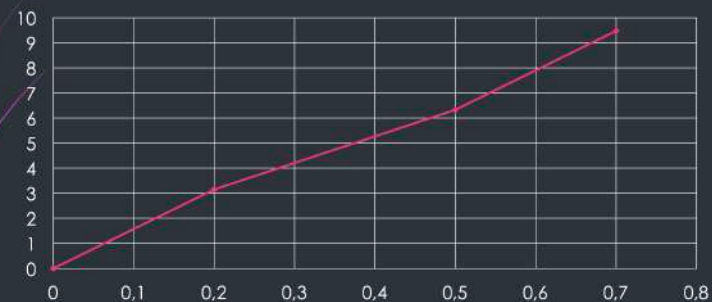
Velocità istantanea:  $(3,16 \text{ m}) / (0,35 \text{ s}) = 9,03 \text{ m/s} \rightarrow 33 \text{ km/h}$



## Grafico illustrativo

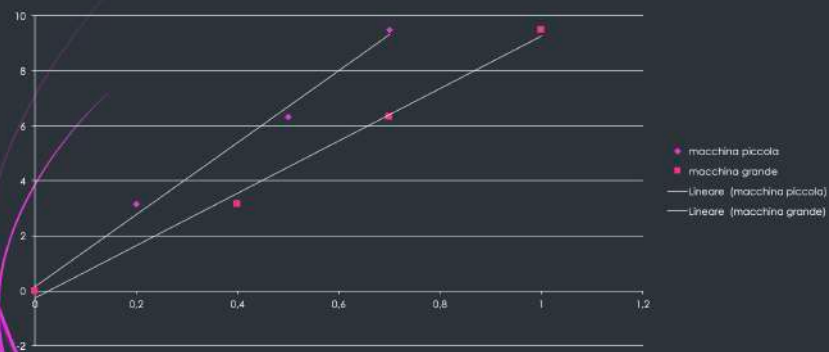
Macchina 2 (piccola)

Velocità istantanea =  $3,16 \text{ m} / 0,25 \text{ s} = 12,64 \text{ m/s} \rightarrow 46 \text{ km/h}$



## Grafico illustrativo con linea di tendenza

Osservando i due grafici notiamo che la macchina piccola ha avuto una velocità maggiore della macchina grande.



## VELOCITA' ISTANTANEA

L'obiettivo di questa esperienza è misurare la velocità istantanea di una macchina che viaggia in tangenziale.

Nelle slide successive illustreremo le nostre due esperienze:

Davanti ad ogni palo si posiziona una persona munita di cronometro. I cronometri vengono fatti partire contemporaneamente. Dopodiché si prende una macchina di riferimento, quando questa passa davanti a ogni palo, la persona stoppa il cronometro, e facendo la differenza tra il tempo registrato dall'ultima persona e quello registrato dalla prima persona si trova il  $\Delta t$  (*intervallo di tempo*).

Abbiamo scelto una certa distanza utilizzando, per facilitare il lavoro, 3 pali del giardino della scuola, che sono piantati su una linea parallela alla strada. Il 1° e il 3° palo distano 6,26m (*questo è il  $\Delta s$  = spazio percorso*).



A questo punto abbiamo tutti i dati per ricavare la *velocità media* nell'intervallo di tempo considerato. *Essendo l'intervallo di tempo molto piccolo, possiamo considerare la velocità ottenuta come una stima della velocità ISTANTANEA*

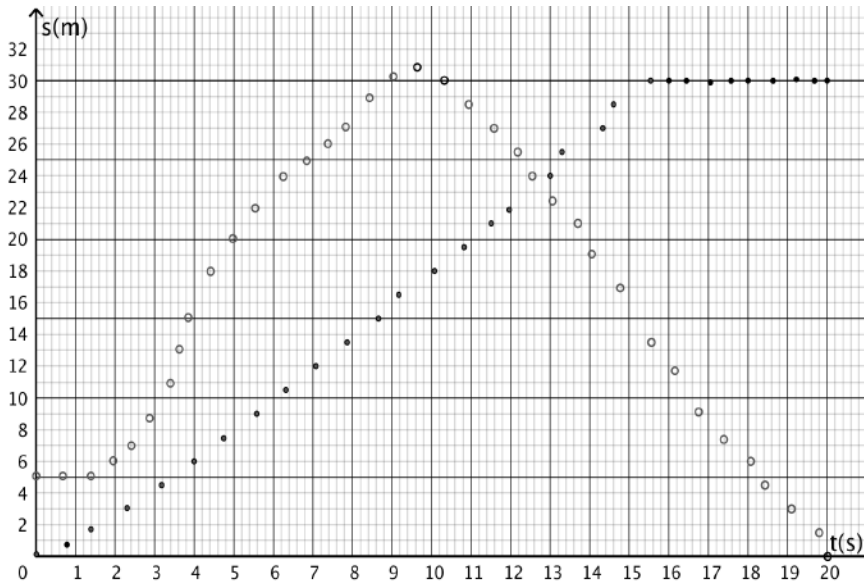
|             | $\Delta s$ | $\Delta t$ | V       |
|-------------|------------|------------|---------|
| 1° macchina | 6,3 m      | 0,31 s     | 73 km/h |
| 2° macchina | 6,3 m      | 0,35 s     | 64 km/h |
| 3° macchina | 6,3 m      | 0,32 s     | 70 km/h |

# Verifiche degli apprendimenti

- Tipologie impiegate:
  - relazioni scritte e orali dell'attività svolta
  - schede di lavoro abbinate alle applet
  - verifiche formative tramite Google Moduli
  - verifiche sommative scritte e orali.

## VERIFICA SOMMATIVA SCRITTA

1. I grafici in figura rappresentano il moto di due amici, Luca (punti pieni) e Aldo (punti vuoti), che camminano lungo un sentiero.



- Descrivi il loro moto in modo esauriente, ricavando dal grafico tutte le informazioni e facendo riferimento, in particolare, alle loro posizioni reciproche.
- Determina le velocità medie dei due amici tra l'istante iniziale e quello finale.
- Esistono istanti o intervalli di tempo in cui Aldo ha velocità nulla? Spiega.
- Stima il valore della velocità di Aldo all'istante  $t = 11$  s.
- Individua l'istante in cui Aldo ha la massima velocità e stimane il valore. Spiega.

2. Giovanni s'incammina alla velocità di  $1,2 \text{ m/s}$  verso il suo amico Carlo, che si trova a  $5,0 \text{ m}$  di distanza. Nello stesso istante, Carlo comincia ad allontanarsi percorrendo  $1,0 \text{ m}$  ogni  $1,5 \text{ s}$ .

2.a) Scrivi le leggi orarie dei due moti rispetto ad un opportuno sistema di riferimento.

2.b) Rappresenta i grafici orari dei due moti.

2.c) Determina la distanza che separa i due amici quando Giovanni raggiunge il punto da cui è partito Carlo ed evidenziala nel grafico.

2.d) Riuscirà Giovanni a raggiungere il suo amico? Se sì, in quanto tempo e dopo aver percorso quanta strada?

2.e) Immagina che entrambi mantengano il loro moto per un tempo indefinito. Stabilisci, anche solo con considerazioni grafiche, dopo quanto tempo dall'istante iniziale si troveranno di nuovo alla stessa distanza di quando sono partiti.

# Risultati ottenuti

- I risultati delle verifiche sono stati, in generale, positivi.
- Soddisfacente la verbalizzazione delle definizioni operative.
- Pochi alunni non hanno acquisito una sufficiente padronanza dei concetti, ai quali hanno continuato ad approcciarsi in modo mnemonico, malgrado le numerose discussioni e sollecitazioni.
- Alcuni alunni hanno fatto fatica a dominare logicamente tutto il percorso, principalmente perché non ne hanno seguito tutte le fasi con la giusta attenzione e partecipazione.
- La capacità di leggere e interpretare i grafici è stata positivamente raggiunta dalla quasi totalità degli allievi.
- Il compito autentico assegnato alla fine del percorso ha stimolato ed evidenziato la capacità (e la voglia) di lavorare insieme. Non tutti i gruppi hanno dimostrato una sufficiente efficacia comunicativa.
- Gli assenti ad alcune *lezioni chiave* hanno faticato a raggiungere gli obiettivi fondamentali del percorso, perdendone tutto l'aspetto *narrativo*.

# Valutazione dell'efficacia del percorso didattico

- Valutiamo positivamente il percorso descritto, il clima di discussione costante e il confronto formativo, che non solo hanno catturato l'attenzione, ma anche stimolato la partecipazione attiva dei ragazzi.
- Le caratteristiche della classe in cui è stato proposto, molto numerosa e piuttosto irrequieta, hanno richiesto una continua attenzione, da parte del docente, per consentire a tutti di dare il loro contributo, frenando gli allievi più appassionati, sollecitando quelli più riservati e coinvolgendo quelli più distratti.
- Le principali perplessità, in fase di programmazione e di attuazione del percorso, hanno riguardato i tempi di realizzazione e la necessità di ridurre o posticipare altri temi. In fase di verifica, valutiamo positivamente le scelte fatte: questi anni di lavoro con la metodologia LSS ci hanno più volte confermato che scelte didattiche (anche coraggiose), se fatte con consapevolezza ed intenzionalità pedagogica, ripagano sul lungo periodo in competenze raggiunte e coinvolgimento dei ragazzi come protagonisti del processo di costruzione della conoscenza. Inoltre, il lavoro successivo sull'accelerazione ha beneficiato in modo evidente sia della solidità con cui si è costruito il concetto di velocità, sia delle numerose abilità stimulate dal percorso.
- La nota più critica riguarda un certo *sfilacciamento* del lavoro dovuto a numerose interruzioni dell'attività didattica, sovrapposizioni con altre iniziative o, semplicemente, giorni in cui il numero di assenti è stato particolarmente alto.
- E' evidente che il tentativo di fare un lavoro *coinvolgente* (vorremmo dire *appassionante*) non può prescindere da una certa *tensione* positiva che deve essere raggiunta e mantenuta: come ogni insegnante sa bene, riuscire a farlo in alcuni periodi dell'anno e con sole due ore settimanali è un'impresa quasi titanica!