

## Un approccio inclusivo allo studio del movimento in fisica

---

**Andrea Piccione<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *IPIA G. Plana, Torino, [info@andreapiccione.it](mailto:info@andreapiccione.it)*

### Abstract

---

Nella scuola secondaria di secondo grado gli approcci didattici inclusivi sono spesso erroneamente associati ad una riduzione e semplificazione dei contenuti e ad un conseguente abbassamento del livello e della qualità dell'istruzione. In questo lavoro si propone un modello per utilizzare strategie inclusive come risorsa per lo sviluppo di una didattica esigente dal punto di vista cognitivo, e sono presentati i risultati di una sperimentazione di tale modello su circa 700 studenti.

**Parole chiave:** Cognitive Load Theory (CLT); efficacia; fisica; inclusione; valutazione.

### Abstract

---

In secondary schools inclusive approaches are often incorrectly associated to the reduction and simplification of topics, which causes a lowering of the level and the quality of the instruction. In this paper I suggest a model to implement inclusive methodologies in order to achieve a didactical enrichment based on rigorous scientific and epistemological assumptions; the model has been tested on about 700 students and the results are presented.

**Keywords:** Cognitive Load Theory (CLT); efficiency; physics; inclusion; assessment.

## **1. Introduzione**

In questo lavoro sono presentate alcune proposte per lo studio del moto rettilineo uniforme e del moto rettilineo uniformemente accelerato in fisica. Le proposte sono state applicate nel corso di fisica del primo biennio di un istituto professionale; il modulo completo prevede anche una parte dedicata alla dinamica che sarà descritta in un successivo lavoro. Tutte le attività didattiche sono precedute da una presentazione del modulo con il dettaglio relativo agli obiettivi, i prerequisiti, i tempi previsti per ogni argomento. In particolare l'attività è pensata per stimolare lo sviluppo delle seguenti competenze (D.M. 139/2007): individuare con la guida del docente una possibile interpretazione dei dati in base a semplici modelli e utilizzare classificazioni, generalizzazioni e/o schemi logici per riconoscere il modello di riferimento.

Si illustrano modalità e procedure didattiche adottate, criteri e strumenti di valutazione, in modo da fornire un'analisi il più possibile dettagliata del percorso seguito (Nepi, 2013). I risultati presentati sono relativi ad uno studio comparativo svolto nel corso di tre anni scolastici, con lo stesso docente, su 27 classi, per complessivi 700 studenti circa, di cui il 10% con Bisogni Educativi Speciali (C.M. 08/03/2013). Particolare attenzione è stata rivolta al confronto tra metodi visuali e metodi formali.

## **2. Il contesto di riferimento**

Adottare una didattica inclusiva significa seguire una programmazione che possa essere rivolta a tutti gli allievi compresi quelli a sviluppo tipico, quelli con svantaggi socio-culturali e quelli con un qualunque tipo di difficoltà funzionale; in alcune realtà scolastiche, come ad esempio negli istituti professionali, le problematiche presentate dagli allievi sono tante e tali per cui un approccio di questo tipo è quasi una scelta obbligata. Tale impostazione richiede un profondo ripensamento dei contenuti e delle attività attraverso l'individuazione dei nuclei fondanti di ogni disciplina; tale ridefinizione della programmazione didattica permette non solo di agevolare l'accessibilità dei corsi, ma anche di sviluppare attività che impegnino gli studenti dal punto di vista cognitivo.

L'approccio presentato prende spunto dalla Teoria del Carico Cognitivo (Clark, Nguyen, Sweller & Baddeley, 2006), per cui in ogni attività di apprendimento la nostra mente ha dei limiti nella gestione delle informazioni e delle conoscenze in arrivo. Il carico cognitivo è caratterizzato da tre diverse tipologie: il carico intrinseco determinato dalla natura dei contenuti da apprendere, il carico rilevante che rappresenta l'impegno richiesto per i processi direttamente rilevanti per l'apprendimento, il carico estraneo associato a processi che non sono necessari per l'apprendimento. Sulla base di questa impostazione per una buona pratica didattica sarebbe opportuno ridurre il più possibile il carico estraneo, regolare quello intrinseco e focalizzare l'attenzione su quello rilevante.

## **3. Impostazione didattica**

Le attività sono strutturate su due livelli: un livello di base, pensato per essere accessibile e comprensibile a tutti gli studenti e un livello di arricchimento. I contenuti del livello di base sono presentati attraverso un linguaggio semplice (lessico ad alta frequenza, struttura

della frase lineare, limitato uso di connettivi) tipico dei corsi ad alta comprensibilità (Rinaudo, 2009; Bosc & Minuz, 2013). Tali contenuti sono inseriti in uno schema di riferimento caratterizzato da strutture ricorrenti: ogni nuovo concetto è presentato attraverso una definizione (*Def.*), mentre le informazioni aggiuntive sono proposte attraverso osservazioni (*Oss.*); in alcuni casi le frasi sono costruite usando quasi le stesse parole con poche differenze per focalizzare l'attenzione su di esse. La scelta di utilizzare un linguaggio semplice non implica una banalizzazione dei concetti, ma anzi aiuta a sviluppare un approccio rigoroso, come accade ad esempio nella definizione degli standard della misura (BIPM, 2012).

I testi del livello di base sono dettati agli allievi con le seguenti modalità: una frase alla volta; in contemporanea alla dettatura ogni frase è scritta alla lavagna; ripetizione della frase dettata; discussione e contestualizzazione di quanto scritto (livello di arricchimento). Attraverso un'accurata calibrazione dei tempi è possibile chiedere a tutti gli allievi di scrivere sul quaderno; tale impostazione è funzionale perché richiede a tutti di lavorare durante la lezione e aiuta la gestione della classe in termini di condotta, consente a ognuno di avere gli elementi base per seguire il corso, costituisce un primo passo per imparare a prendere appunti in modo ordinato e a utilizzare gli appunti presi come supporto per lo svolgimento degli esercizi (*Es.*).

Nelle tre successive sezioni di questo lavoro i contenuti del livello di base sono presentati attraverso cornici di testo oppure immagini della lavagna e dei quaderni degli allievi. I commenti di ogni sezione forniscono le indicazioni sulle motivazioni scientifiche, epistemologiche e didattiche sottese alla scelta dei concetti e della terminologia e propongono alcuni spunti per implementare il livello di arricchimento.

#### 4. Introduzione al movimento

I prerequisiti richiesti sono: saper applicare le quattro operazioni, saper effettuare equivalenze tra diverse unità di misura, conoscere le grandezze fondamentali e quelle derivate, conoscere le grandezze lunghezza e tempo, conoscere le grandezze vettoriali, conoscere i grafici cartesiani; il tempo previsto è 5/6 ore di lezione<sup>1</sup>.

*Def.* Un sistema di riferimento è un insieme di coordinate usate per descrivere "qualcosa" che accade. Il punto di osservazione è l'origine del sistema di riferimento.

*Def.* La posizione di "qualcosa" è la sua distanza dall'origine del sistema di riferimento e si indica con il simbolo  $s$ .

*Def.* "Qualcosa" è in movimento quando cambia la sua posizione mentre cambia il tempo.

*Def.* La traiettoria è la linea immaginaria che "qualcosa" che si muove descrive.

*Def.* Il simbolo  $\Delta$  (Delta) significa variazione di una certa grandezza  $X$  tra due diverse misurazioni (di solito finale e iniziale)

$$\Delta X := X_{\text{finale}} - X_{\text{iniziale}}$$

Figura 1. Definizioni.

<sup>1</sup> Il limitato numero di ore a disposizione è conseguenza del nuovo ordinamento (D.P.R. 87/2010).

Una volta introdotte le prime definizioni (Figura 1), è funzionale proporre alcuni commenti:

- la lezione descritta da uno studente è diversa da quella descritta da un docente sia in termini di sensazioni sia dal punto di vista visivo: in questo senso fissare un punto di osservazione individua la prospettiva di quello che osserviamo. Formalmente fissare un punto di osservazione definisce l'origine degli assi di un sistema cartesiano che usiamo per assegnare le coordinate a un punto nello spazio;
- la distanza è una lunghezza. La distanza ha un significato quotidiano legata alla percezione spaziale di “quanto mi manca per arrivare a qualcosa”. Può essere utile citare la distanza euclidea o quella di Manhattan (un esempio di distanza non euclidea);
- utilizzare il termine movimento, invece del tradizionale moto, semplifica il linguaggio evitando ambiguità senza togliere rigore alla trattazione. Lo studio del movimento risponde alle domande “Dove?”, “Quando?” (Feynman, Leighton & Sands, 1963);
- tutti i movimenti sono considerati in una dimensione. I videogiochi forniscono esempi per il confronto tra i movimenti in diverse dimensioni perché in questi casi la differenza di dimensione viene facilmente visualizzata dalla diversità nell'uso dei comandi di tastiera, joystick, console.

La notazione  $:=$  per la definizione di velocità aiuta a ridurre il sovraccarico semantico del simbolo “uguale” e permette di discuterne i diversi significati: identità, equivalenza, uguaglianza algebrica, uguaglianza logica, assegnazione.

La scelta di non introdurre il concetto di velocità/accelerazione istantanea è dovuta al limitato numero di lezioni a disposizione, ma anche per evitare un appesantimento del linguaggio e dei contenuti, senza averne un reale beneficio in termini applicativi: gli allievi non conoscono il calcolo infinitesimale, qualunque valore misurato è sempre un valore medio, un'implementazione al calcolatore prevede il calcolo di velocità medie su intervalli di tempo finiti. Una volta introdotte le descrizioni grafiche diventa più semplice far notare agli allievi come cambiano le cose al variare degli intervalli di tempo (diverso campionamento o rettificazione, vedi seguito). In questo contesto non si introduce lo spazio percorso ma solo lo spostamento, perché la sua radice etimologica e il suo uso nel linguaggio quotidiano sono analoghi a quelli qui riportati e legati alla variazione di posizione.

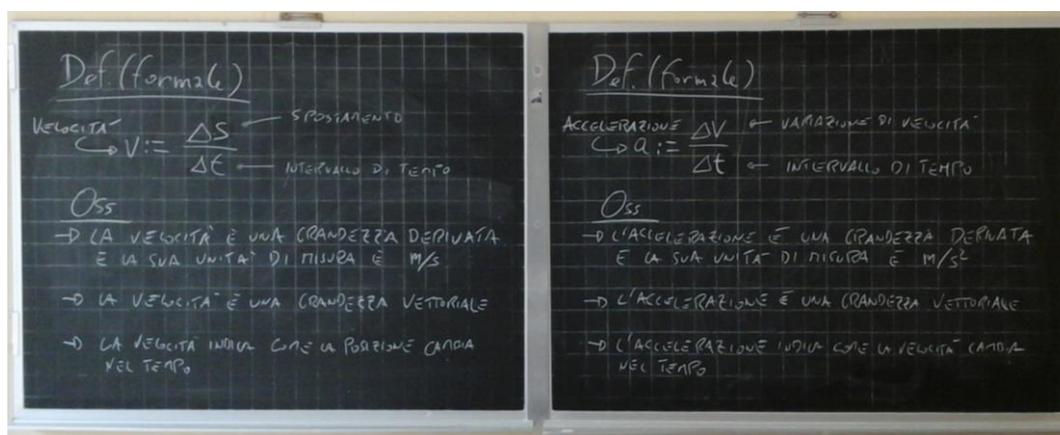


Figura 2. Definizioni e osservazioni su velocità e accelerazione.

Proporre dei criteri di classificazione (fondamentale/derivata, scalare/vettoriale) dopo l'introduzione di ogni grandezza aiuta a riconoscere lo schema di riferimento (Figura 2). Dal momento che tutti gli esempi di movimento proposti sono in una dimensione, il fatto che velocità e accelerazione siano grandezze vettoriali implica la necessità di specificare un verso.

Una volta definito il movimento come la variazione di posizione, la velocità è la grandezza più semplice che possiamo definire perché quantifica il modo in cui questa variazione avviene. La velocità distingue due lanci (quello che va più lontano nello stesso tempo) o due corridori (quello che impiega meno tempo sulla stessa distanza). Per ogni grandezza che cambia nel tempo è possibile definire una grandezza che quantifichi come questa variazione avviene, per cui sarebbe possibile definire anche una grandezza data dal rapporto della variazione dell'accelerazione rispetto al tempo e così via. Il modello proposto stabilisce che per la descrizione di qualunque cosa che si muove in qualunque modo sono sufficienti solo quattro grandezze: posizione, tempo, velocità e accelerazione.

Es. Calcola la velocità di una persona che percorre 8 km in 28 minuti.

Es. Calcola l'accelerazione di un'auto che passa da 0 a 28 m/s in 6,7 secondi.

Es. Calcola l'accelerazione di un'auto che passa da 0 a 100 km/h in 5,4 secondi.

Figura 3. Esercizi.

Usare il termine “calcola”, invece di “trova” o “determina” (Figura 3), permette di chiarire e alleggerire la consegna. Lo scopo di esercizi di questo tipo è da una parte permettere agli allievi di acquisire dimestichezza con le formule che definiscono velocità e accelerazione, dall'altra riprendere gli esercizi sulle equivalenze.

## 5. Modelli per il movimento

Qualcosa che si muove può essere descritto attraverso una tabella, un grafico, una formula. Per limiti di tempo a questo livello non si considerano la corrispondenza tra i valori di posizione e tempo di una tabella e i punti su un grafico posizione-tempo; questa modalità diventa interessante se associata a esperienze di misura.

Def. Un movimento è rettilineo uniforme (MRU) quando la traiettoria è una linea retta e quando la velocità è costante.

Oss. La rappresentazione di questo movimento su un grafico posizione-tempo è una retta.

Def. Un movimento è rettilineo uniformemente accelerato (MRUA) quando la traiettoria è una linea retta e quando l'accelerazione è costante.

Oss. La rappresentazione di questo movimento su un grafico posizione-tempo è una parabola.

Oss. La rappresentazione di questo movimento su un grafico velocità-tempo è una retta.

Figura 4. Definizioni e osservazioni sul moto rettilineo uniforme e sul moto uniformemente accelerato.

Il movimento è classificato sulla base della traiettoria e della costanza di un parametro (Figura 4). In questa fase è utile far costruire agli allievi le definizioni di movimento circolare uniforme oppure “movimento qualunque uniforme”, in modo da far maggiormente apprezzare il significato dei termini utilizzati.

Una tabella riassuntiva (Figura 5) in cui i grafici tipici di ogni movimento sono associati alle corrispondenti formule permette di introdurre la corrispondenza tra la descrizione grafica e quella formale (solitamente quando i corsi di fisica si occupano di movimento i corsi di matematica non hanno ancora introdotto la retta).

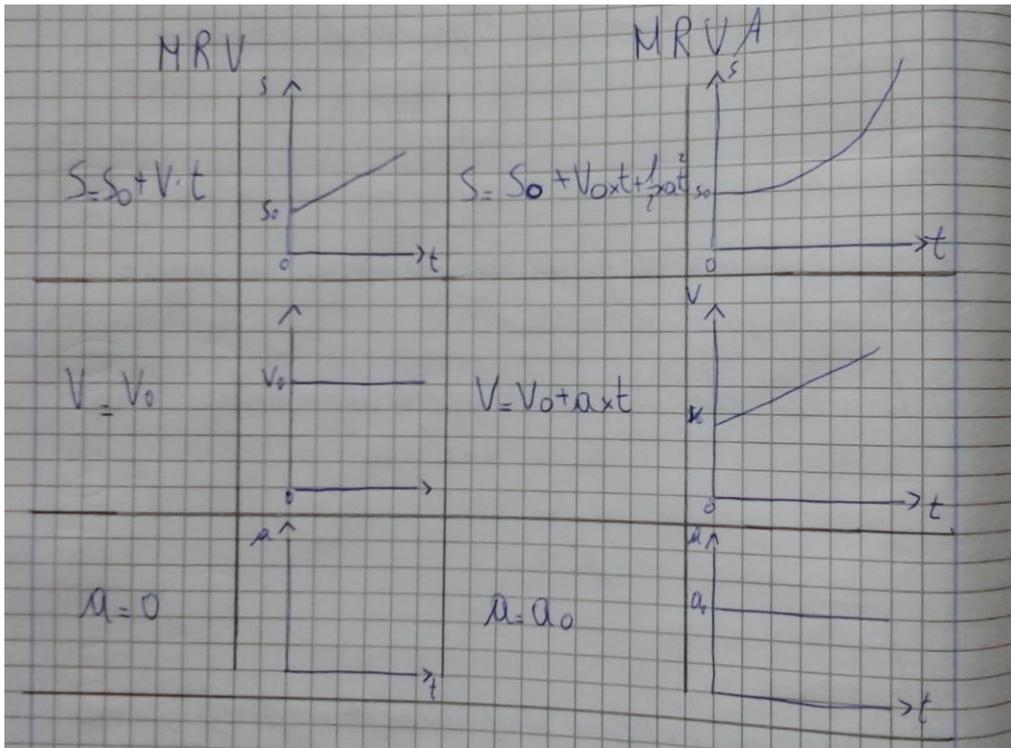


Figura 5. Descrizione grafica e formale dei movimenti di riferimento.

## 6. Strumenti per la lettura e per la costruzione di un grafico

Una volta imparati gli andamenti tipici dei modelli di descrizione di riferimento, si possono utilizzare tali andamenti per descrivere un caso reale. Prima di fare questo è utile disegnare sulla lavagna una curva di forma qualunque e chiedere alla classe cosa rappresenta; solitamente vengono fuori cose come: una montagna, la tag di un writer, uno scarabocchio, nulla. Una volta aggiunti gli assi cartesiani tutti dicono un grafico, ma non sanno dire cosa sia descritto in quel grafico, solo quando sono aggiunte agli assi, ad esempio, le etichette “prezzo” e “tempo” tutti dicono di capire cosa sia rappresentato. Dopo questa premessa sulle rappresentazioni grafiche si può procedere con la compilazione della tabella a doppia entrata (Figura 6). Dopo aver mostrato il primo esempio si propone agli allievi di completare la tabella facendo il confronto con quanto scritto nella caselle precedenti; solitamente questo esercizio riesce anche agli allievi con maggiori difficoltà e, in alcuni di questi casi, costituisce una occasione di gratificazione e aumento di fiducia nelle proprie capacità.

*Analisi grafica del movimento*

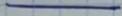
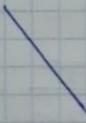
	GRAFICO S-t	GRAFICO V-t
	Una parte di grafico orizzontale significa "sta fermo" (La velocità in quella parte è costante e vale zero)	Una parte di grafico orizzontale significa "velocità costante" (L'accelerazione in quella parte è costante e vale zero)
	Una parte di grafico con inclinazione positiva significa "va avanti" (La velocità in quella parte è costante e positiva)	Una parte di grafico con inclinazione positiva significa "accelera" (L'accelerazione in quella parte è costante e positiva)
	Una parte di grafico con inclinazione negativa significa "va indietro" (La velocità in quella parte è costante e negativa)	Una parte di grafico con inclinazione negativa significa "rallenta" (L'accelerazione in quella parte è costante e negativa)

Figura 6. Tabella di corrispondenza tra rappresentazioni grafiche e parole chiave per la descrizione del movimento.

Gli esercizi mostrati nella Figura 7 consentono il confronto tra due disegni formalmente uguali e dai quali si ottengono gli stessi numeri, ma che hanno un significato molto diverso. Proporre una descrizione qualitativa permette a tutti gli allievi di imparare a leggere un grafico e pone le basi per la successiva descrizione quantitativa, attraverso il calcolo di velocità e accelerazione in ogni tratto. L'attività si conclude con la richiesta agli allievi di inventare un grafico analogo a quelli proposti e ripetere le descrizioni qualitative e quantitativa nei casi posizione-tempo e velocità-tempo.

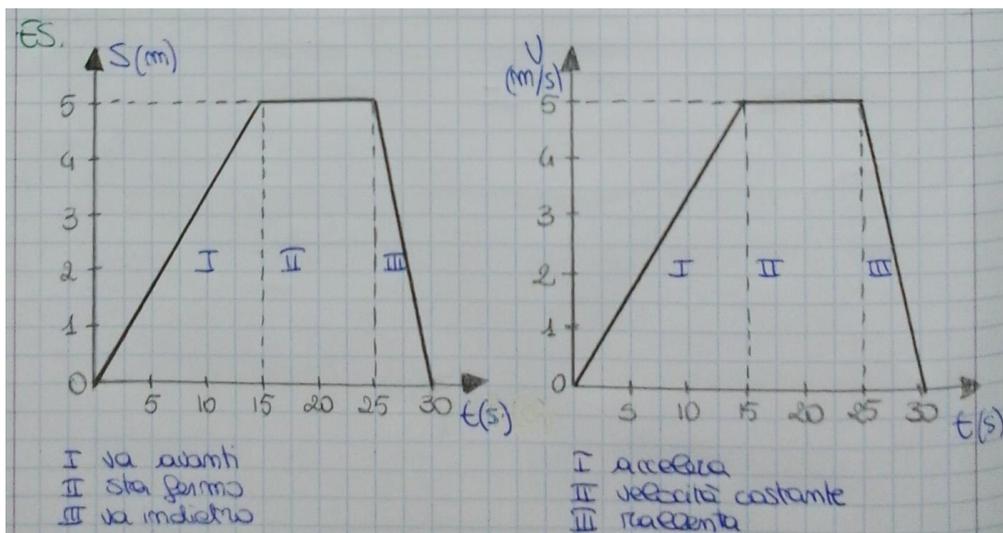


Figura 7. Descrizione qualitativa di due rappresentazioni grafiche.

Dopo aver svolto gli esercizi è utile proporre una osservazione: “maggiore è l’inclinazione della retta, maggiore è il modulo della velocità/accelerazione”, perché aiuta a riassumere quanto visto nella descrizione quantitativa e fornisce un criterio di controllo della correttezza degli esercizi (se in un tratto meno inclinato il calcolo del modulo della velocità fornisce un risultato più grande, deve esserci un errore). Il riferimento al modulo di velocità e accelerazione è un’ulteriore occasione per discutere il carattere vettoriale di queste grandezze.

Al termine della tabella, come esempio di applicazione, si può far notare come la rappresentazione grafica di qualunque movimento sia sempre una linea curva continua con un andamento più o meno regolare; in ogni attività di misura vengono stabiliti intervalli di tempo più o meno grandi che modificano quella linea curva in una linea spezzata la cui approssimazione di quella originaria dipende dalla scelta degli intervalli di tempo utilizzati per la misura (campionamento/rettificazione).

## 7. Le prove di verifica

Durante la lezione è stata svolta una preparazione su esercizi analoghi a quelli che sarebbero stati proposti nella verifica (un esempio è mostrato nella Figura 8). A tutti gli allievi sono state consegnate le stesse tipologie di verifica e durante la prova tutti hanno potuto consultare un formulario da loro preparato con le indicazioni teoriche ma senza esempi svolti.

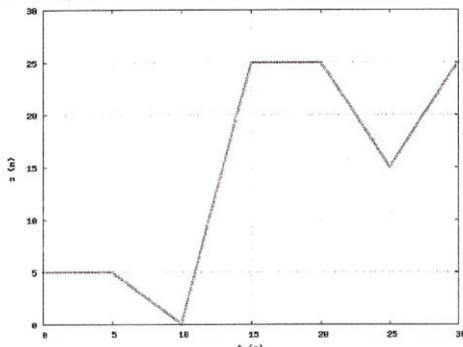
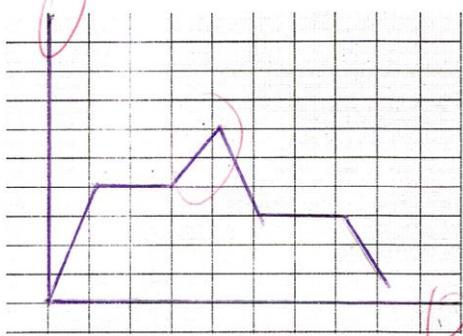
<p><b>Esercizio 1 [1 punto]</b></p> <p>DESCRIVI IL MOVIMENTO DI UNA PERSONA RAPPRESENTATO NEL GRAFICO POSIZIONE-TEMPO E INDICA IN QUALE TRATTO IL MODULO DELLA VELOCITÀ È MASSIMO, IN QUALE MINIMO, IN QUALE VALE ZERO.</p>  <p>I. VALE ZERO STA FERMO            II. MINIMO VA INDIETRO            III. MASSIMO VA AVANTI            IV. VALE ZERO STA FERMO            V. MINIMO VA INDIETRO            VI. MASSIMO VA AVANTI</p>	<p><b>Esercizio 2 [1 punto]</b></p> <p>RAPPRESENTA IN UN GRAFICO VELOCITÀ-TEMPO IL MOVIMENTO DI UNA BICICLETTA CHE:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ACCELERA</li> <li>2. HA VELOCITÀ COSTANTE</li> <li>3. ACCELERA</li> <li>4. RALLENTA</li> <li>5. HA VELOCITÀ COSTANTE</li> <li>6. RALLENTA</li> </ol>  <p>N.B.: OGNI TRATTO DURA 5 s</p>
<p><b>Esercizio 3 [1 punto]</b></p> <p>CALCOLA LA VELOCITÀ DI UN'AUTOMOBILE CHE PERCORRE 24 km IN 13 MINUTI.</p>	<p><b>Esercizio 4 [1 punto]</b></p> <p>CALCOLA L'ACCELERAZIONE DI UN'AUTOMOBILE CHE PASSA DA 0 A 100 km/h IN 6,8 s.</p>

Figura 8. Prova di verifica di un allievo con Bisogni Educativi Speciali.

## 8. I criteri di valutazione

La definizione di una griglia di valutazione con criteri chiari consente una valutazione equa e trasparente e fornisce agli studenti uno strumento di autoregolazione, che diventa inoltre un aiuto pratico per il docente nella correzione di oltre 200 verifiche per ogni modulo didattico. I criteri stabiliti (Figura 9) sono molto dettagliati perché l'approccio proposto vuole essere il più possibile rigoroso e scientifico.

Punti	Grafico s-t	Grafico v-t	Calcolo v-a
0	Non ha fatto niente oppure ha usato le parole chiave del grafico v-t.	Non ha fatto niente oppure ha costruito un grafico s-t.	Non ha fatto niente.
0.25	Ha indicato la velocità solo per alcuni tratti oppure è presente solo una parte di descrizione.	Ha fatto la corretta associazione linea-parola chiave, ma ha dimenticato le etichette degli assi e i tratti hanno una diversa durata.	Ha fatto in modo corretto solo l'equivalenza oppure ha individuato la formula corretta da usare.
0.50	Ha completato solo la descrizione, ma non ha indicato la velocità, o viceversa; oppure ha usato le parole chiave del grafico v-t, ma ha indicato in maniera corretta il modulo della velocità.	Ha dimenticato le etichette degli assi.	Ha fatto il calcolo in modo corretto, ma senza equivalenza.
0.75	Ha sbagliato la parola chiave o il valore della velocità solo per qualche tratto, ha confuso massimo con positivo e minimo con negativo.	Ha disegnato un tratto più breve degli altri oppure ha dimenticato le unità di misura nelle etichette degli assi.	Ha dimenticato le unità di misura in qualche passaggio nei risultati.
1	Ha associato in modo corretto parola chiave e disegno in ogni tratto; ha indicato correttamente i tratti con i diversi valori del modulo della velocità.	Ha associato in modo corretto parola chiave e disegno in ogni tratto; ha costruito il grafico inserendo etichette, unità di misura e valori numerici su ogni asse.	Ha svolto correttamente le equivalenze e i calcoli; ha sempre riportato le unità di misura.

Figura 9. Griglia di valutazione per ogni tipologia di esercizio proposto nella verifica. I punti vengono attribuiti secondo ciò che l'allievo ha svolto.

## 9. Risultati

Confrontando i risultati relativi a tre anni scolastici (Figura 10) possiamo notare che

- tutti gli allievi raggiungono un risultato superiore a 0,5 e questo è soddisfacente anche tenuto conto del contesto di riferimento;
- non abbiamo sostanziale differenza nei risultati tra pari con sviluppo tipico (PST) e allievi con bisogni educativi speciali (BES);
- le differenze aumentano all'aumentare della complessità formale: gli allievi con disabilità (art. 15 O. M. 90/2001) svolgono bene gli esercizi sui grafici, ma hanno difficoltà quando devono eseguire i calcoli, come confermato anche dalla distribuzione dei risultati nella Figura 11.

	Grafico s-t	Grafico v-t	Calcolo v	Calcolo a	N <sub>studenti</sub>
Totale	0.58	0.56	0.68	0.59	698
Totale PST	0.58	0.56	0.70	0.60	628
Totale BES	0.54	0.49	0.54	0.43	70
Totale DSA	0.55	0.46	0.59	0.47	53
Totale Art.15	0.53	0.50	0.19	0.16	8

Figura 10. Valore medio dei punteggi ottenuti in ogni tipologia di esercizio.

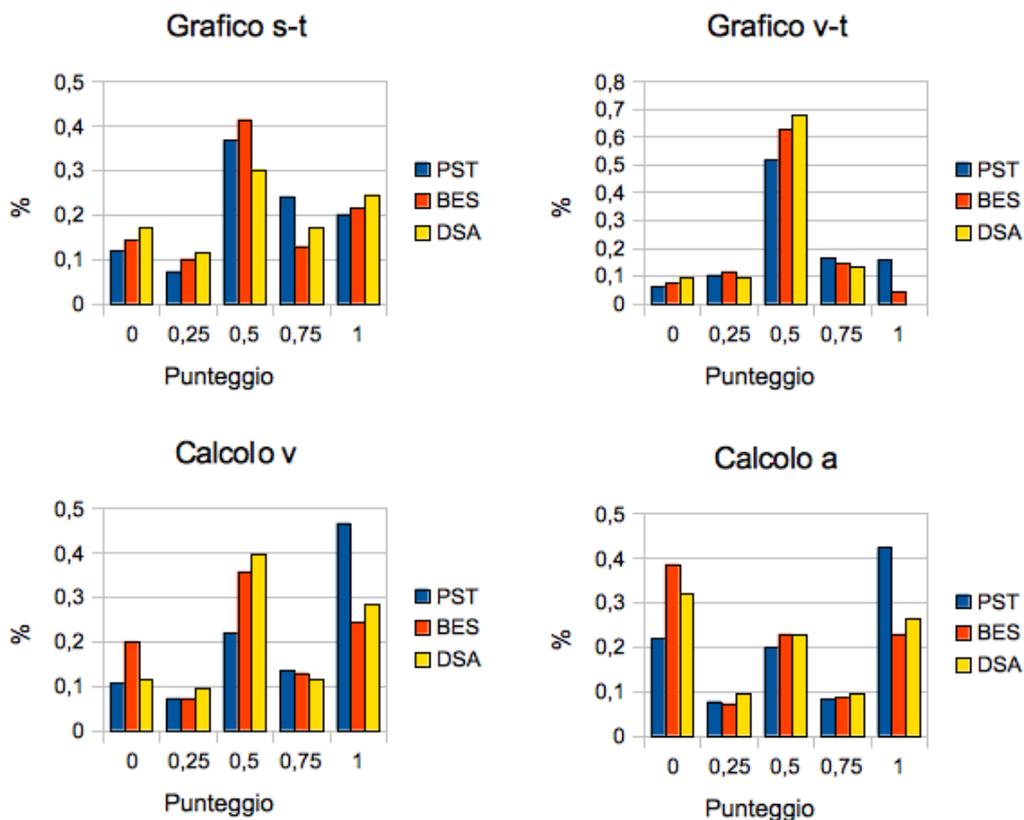


Figura 11. Distribuzione dei punteggi per ogni tipologia di esercizio.

Durante la correzione delle verifiche è emerso anche che per tutti gli studenti sono presenti significative difficoltà legate ai prerequisiti richiesti, come saper effettuare equivalenze e costruire grafici.

## 10. Conclusioni

In questo lavoro ho proposto una implementazione di metodi per una didattica inclusiva al caso dello studio del movimento. Il risultato è un percorso che permette da una parte di proporre gli stessi argomenti a tutti gli allievi indipendentemente dalle loro difficoltà e ottenere buoni risultati con verifiche uguali per tutti, dall'altra di fornire occasioni per approfondimenti di livello elevato.

Nonostante lo sforzo nella ricerca di rigore, il contributo presentato non ha la pretesa di essere esaustivo, ma vuole essere la proposta di una modalità di lavoro adattabile da ogni singolo docente nella pratica didattica; per questa ragione, sebbene il percorso descritto sia stato pensato per gli istituti professionali, può facilmente essere esteso ad altri contesti scolastici.

## Bibliografia

- BIPM, (2012). *International Vocabulary of Metrology - Basic and General Concepts and Associated Terms. JCGM.200*. Sèvres: JCGM.
- Bosc, F., & Minuz, F. (2013). La lezione. *Italiano LinguaDue*, 4(2), 94–130.
- Clark, R.C., Nguyen, F., Sweller, J. & Baddeley, M. (2006), *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco: Pfeiffer Wiley.
- Feynman, R., Leighton, R., & Sands, M. (1963). *The Feynman Lectures on Physics (New Millennium Edition)*. Pasadena: California Institute of Technology.
- Nepi, L.D. (2013). Includere fa la differenza? Il punto alla luce delle evidenze empiriche. *Form@re - Open Journal per la formazione in rete*, 13(3), 27–41. <http://www.fupress.net/index.php/formare/article/view/13625> (ver. 30.12.2014).
- Rinaudo, G. (2009). Lo scoglio dei contenuti. In C. Marengo (a cura di), *Scienza multilingue* (pp. 29–36). Torino: Guerra Edizioni.