

## Un approccio sperimentale per i laboratori scientifici nei corsi di laurea in Scienze della Formazione Primaria

### An experimental approach for science laboratories in the contest of science of primary education degree course

---

Giacomo Bozzo<sup>a</sup>, Orlando De Pietro<sup>b</sup>, Antonella Valenti<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Università della Calabria*, [giacomo.bozzo@unical.it](mailto:giacomo.bozzo@unical.it)

<sup>b</sup> *Università della Calabria*, [orlando.depietro@unical.it](mailto:orlando.depietro@unical.it)

<sup>c</sup> *Università della Calabria*, [antonella.valenti@unical.it](mailto:antonella.valenti@unical.it)

#### Abstract

---

Studi recenti hanno evidenziato la necessità di introdurre le discipline scientifiche sin dalla scuola primaria, per consentire alle future generazioni di vivere in modo critico e consapevole nel mondo reale. I futuri insegnanti hanno, quindi, la necessità di approfondire le loro conoscenze in ambito scientifico e di progettare valide attività laboratoriali per gli alunni di scuola primaria.

In questo contesto si inserisce la nostra azione formativa rivolta agli studenti di Scienze della Formazione Primaria (SFP), mirata ad affrontare alcune difficoltà nell'apprendimento della Fisica, ben note in letteratura. L'attività didattica proposta è basata sull'osservazione diretta dei fenomeni fisici, evitando, nella fase iniziale, ogni genere di introduzione formale che possa risultare di difficile comprensione per gli studenti di SFP. Il supporto delle tecnologie didattiche ha consentito di analizzare in modo semplice e diretto i fenomeni osservati, evitando difficili calcoli o elaborazione dati.

**Parole chiave:** tecnologie didattiche; apprendimento cooperativo; LIM; Classroom Response System.

#### Abstract

---

International literature in science education has shown the importance of introducing scientific studies in primary school, in order to give pupils competences and skills necessary for their life. Consequently, prospective primary teachers need to improve their scientific knowledge and to plan new experimental activities for primary school students.

In this context, we have planned an educational learning path for prospective primary teachers, focused on specific conceptual knows of kinematics. The proposed activities are based on an empirical approach, avoiding in the first step any formal introduction of the observed phenomena, which could be difficult to understand, especially for students of science of primary education degree course. In this context, the educational technologies have given a fundamental support, since they have offered to prospective teachers the possibility to focus their attention only on the involved physics concepts and principles.

**Keywords:** educational technologies; cooperative learning; IWB; Classroom Response System.

## 1. Introduzione

Negli ultimi trent'anni la ricerca internazionale in didattica delle scienze ha evidenziato numerose difficoltà di apprendimento degli studenti nell'affrontare lo studio delle discipline scientifiche e ha stimolato diversi Paesi europei a investire ingenti risorse su programmi di ricerca nazionali e internazionali. Nonostante gli sforzi profusi, questa tematica rappresenta, per la maggior parte dei Paesi coinvolti, ancora oggi un problema rilevante da affrontare e, conseguentemente, una sfida importante per i ricercatori delle relative didattiche disciplinari (Michelini, 2007).

L'indagine internazionale Programme for International Student Assessment (PISA) ha sottolineato come l'abilità di assimilare e gestire informazioni scientifiche (Millar & Osborne, 1998) rappresenti una capacità essenziale per la vita delle future generazioni (OECD, 2004). Conseguentemente, i nuovi curricula didattici dovrebbero essere progettati in modo da garantire alle future generazioni di costruire conoscenze scientifiche adeguate e di sfruttare tali conoscenze per comprendere il mondo naturale in cui viviamo e i cambiamenti che le attività umane comportano su di esso (Pinto & El Boudamoussi, 2009). I nuovi percorsi disciplinari devono essere costruiti sulla base dei risultati ottenuti dalla ricerca internazionale, in particolare riguardo all'influenza delle idee spontanee degli studenti sull'apprendimento scientifico, ossia del pensiero di senso comune che i discenti costruiscono autonomamente nell'esplorare il mondo reale. Tali idee native nascono sin dalle prime esplorazioni spontanee del mondo reale (ossia dall'infanzia) e influenzano la costruzione del pensiero scientifico durante il percorso scolastico (Michelini, 2007; Vosniadou, 2009). Per consentire ai discenti di costruire le conoscenze scientifiche evidenziate come necessarie dall'indagine PISA (OECD, 2015) è opportuno progettare il curriculum in una prospettiva verticale, in cui gli allievi iniziano a studiare le scienze sin dai primi anni della scuola primaria (Heron, Michelini & Stefanel, 2008), anche, e soprattutto, in riferimento ai traguardi delle competenze contenute nelle "Indicazioni nazionali per il curriculum" (MIUR, 2012), in modo tale da favorire l'esplorazione del mondo reale, la comprensione dei concetti e dei principi base e un apprendimento significativo per scoperta (Ausubel, 1968/1998). Questo importante aspetto deve essere curato in particolare dai docenti della scuola primaria a cui sarà richiesta la capacità di progettare attività didattiche, basate necessariamente sull'evidenza, adeguate all'età dei bambini di tale ordine di scuola (Calvani, 2013; Calvani & Vivanet, 2014). Quindi, le attività di formazione devono offrire ai docenti di scuola primaria la possibilità di accrescere sia le loro conoscenze in termini di contenuti sia le loro competenze pedagogiche (Osborne, 2014). Tutto questo rappresenta una sfida molto impegnativa soprattutto per i corsi di laurea in Scienze della Formazione Primaria (SFP), in cui la maggior parte degli studenti presenta evidenti lacune nell'ambito delle discipline scientifiche oppure avverte tali studi come "estranei" o poco adatti alle proprie capacità<sup>1</sup>. È necessario, quindi, tenere conto di queste problematiche nella progettazione di attività formative mirate a far raggiungere una comprensione significativa dei principi di base e, contestualmente, capaci di mostrare esempi pratici abbinati ad appropriate metodologie didattiche. In questa prospettiva, la nostra proposta didattica è basata su un approccio puramente sperimentale proposto agli studenti di SFP (De Pietro, De Rose & Valenti, 2014), in cui le attività laboratoriali consentono l'esplorazione diretta

---

<sup>1</sup> Questa è una condizione abbastanza diffusa in Italia e in molti Paesi europei; in particolar modo, rappresenta la situazione attuale fra gli studenti del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università della Calabria, come mostrato da alcune indagini condotte sul ragionamento scientifico (Sapia, 2013).

dei fenomeni trattati (Bruner, 1986), in accordo con la letteratura internazionale riguardo al ruolo del laboratorio didattico visto, questo, come l'ambiente di lavoro più appropriato (De Pietro, 2015) per coinvolgere e motivare gli studenti, per stimolare il loro interesse e i loro ragionamenti spontanei<sup>2</sup>. Si tratta quindi di mettere in atto esplorazioni spontanee e dirette, capaci di permettere agli studenti di focalizzare l'attenzione sulle leggi e i principi che governano i fenomeni osservati.

## 2. Il percorso sperimentale: obiettivi e metodo

Il contesto sopra descritto ha stimolato la progettazione dell'attività didattica proposta in questo articolo, con l'obiettivo di mostrare un esempio di applicazione delle tecnologie didattiche in ambito scientifico, basato sull'osservazione diretta dei fenomeni esplorati. In particolar modo, il percorso didattico è stato costruito per affrontare le difficoltà di apprendimento, ben note in letteratura, legate al concetto del moto dei corpi, con riferimento specifico al moto rettilineo uniforme e al moto rettilineo uniformemente accelerato. Infatti, sebbene questa parte della fisica coinvolga leggi strettamente legate all'esperienza di vita quotidiana, gli studenti incontrano numerose difficoltà nel comprendere diversi concetti base o nell'attribuire lo stesso significato ai concetti, alle leggi e alle grandezze trattate (Brookes & Etkina, 2009). In particolare, un punto cruciale è rappresentato dalla comprensione e dalla capacità di analisi dei grafici caratteristici del moto dei corpi, come per esempio grafici spazio-tempo, velocità-tempo e accelerazione-tempo (Beichner, 1994; 1996; Brookes & Etkina, 2009; McDermott, 1993; McDermott, Rosenquist & van Zee, 1987; Trumper & Gelbman, 2002).

Le attività laboratoriali proposte agli studenti sono state condotte attraverso l'impiego delle Tecnologie Didattiche (TD), quali strumenti di supporto alle strategie educative adottate (Condie & Munro, 2007). Gli strumenti tecnologici utilizzati sono stati scelti in fase di progettazione tenendo conto sia delle specifiche caratteristiche tecnico-pratiche sia delle loro potenzialità in termini pedagogici. Infatti, alcune TD possono essere considerate come strumenti cognitivi oltre che come supporti didattici (Baek, Jung & Kim, 2008), come ad esempio la lavagna interattiva multimediale (LIM), strumento che consente di progettare e proporre attività didattiche centrate sugli studenti, in particolar modo nel contesto specifico di laboratori didattici di scienze (Bozzo, Grimalt-Alvaro & López, 2014). La LIM è uno strumento didattico capace di supportare diversi stili di insegnamento (Jang & Tsai, 2012) e di stimolare l'interazione fra gli studenti e/o con il docente, facilitando così la gestione delle attività di classe (Beeland, 2002; Bonanno, Bozzo, Napoli & Sapia, 2014; Bozzo et al., 2014; Coyle, Yañez & Verdú, 2010; Glover & Miller, 2001; Higgins, Beauchamp & Miller, 2007; Murcia, 2008; Schmid, 2008; Smith, Higgins, Wall & Miller, 2005). In questa prospettiva, la LIM offre nuove opportunità agli studenti e ai docenti di esprimere le proprie idee, di motivarle, di spiegarle ed, eventualmente, di riformularle, sia oralmente che utilizzando altre ricche rappresentazioni simboliche (Hennessy, Deane, Ruthven & Winterbottom, 2007). Per queste motivazioni, la lavagna interattiva multimediale è stata

---

<sup>2</sup> Molti studi hanno evidenziato tutti i vantaggi introdotti dalle attività di laboratorio *real-time*, che permettono agli studenti di seguire in tempo reale l'evoluzione del fenomeno (Bonanno et al., 2011; Gervasio & Michellini, 2006), di fare misure molto accurate (Michellini, 2007; Sokoloff, Laws & Thornton, 2007) e di facilitare la correlazione fra l'evoluzione temporale del fenomeno e le grandezze fisiche coinvolte (Michellini, 2007).

scelta come strumento attraverso cui sono state condotte tutte le attività proposte agli studenti in questa sperimentazione.

Le interazioni fra e/o con gli studenti sono state anche stimolate e monitorate attraverso l'uso di risponditori, noti con il nome di *clickers* o *Classroom Response System* (CRS), capaci di restituire in tempo reale le risposte date dai discenti a un set di quesiti opportunamente progettati. Numerosi studi hanno evidenziato il contributo dei CRS nelle interazioni fra studenti e/o con il docente, (Burnstein & Lederman, 2001; Fies & Marshall, 2008; Reay, Bao, Li, Warnakulasooriya & Baugh, 2005), soprattutto se supportati da adeguati set di domande.

Infine, è stato utilizzato un altro strumento tecnologico per agevolare l'osservazione diretta dei fenomeni fisici proposti. Si tratta del software di video analisi disponibile gratuitamente in rete (Tracker<sup>®</sup> – <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>) che permette di costruire i grafici caratteristici di un determinato fenomeno in tempo reale (Beichner, 1995), facilitando in questo modo la loro correlazione al fenomeno osservato e, quindi, la loro interpretazione (Brown, 2008; Brown & Cox, 2009).

La sperimentazione didattica è stata proposta a 67 studenti del terzo anno del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università della Calabria, i quali avevano studiato Fisica nella scuola secondaria e avevano già seguito il corso di matematica di base. Come già accennato nell'introduzione, si tratta di studenti che presentano forti avversità e/o difficoltà di apprendimento nei confronti delle discipline scientifiche (si veda il sottoparagrafo 3.4.).

Il percorso laboratoriale è stato svolto in aula in tre giornate, della durata di quattro ore ciascuna, con la supervisione di cinque ricercatori (gli autori coadiuvati da due ricercatori in Didattica della fisica). Le attività svolte dagli studenti sono state suddivise in nove parti, come di seguito descritte:

1. pre-test a risposte aperte (40 minuti);
2. pre-test a risposta multipla condotto attraverso i risponditori (40 minuti);
3. introduzione attraverso le animazioni del moto rettilineo uniforme e del moto uniformemente accelerato (40 minuti);
4. esperimento reale sul moto rettilineo uniforme (60 minuti);
5. video analisi dei moti rettilinei uniforme e uniformemente accelerato (180 minuti);
6. attività di approfondimento attraverso i risponditori (60 minuti);
7. post-test a risposta multipla condotto attraverso i risponditori (40 minuti);
8. post-test a risposte aperte (40 minuti);
9. test motivazionale (20 minuti).

I ricercatori coinvolti hanno condotto le attività senza seguire gruppi specifici di studenti, bensì osservando direttamente le attività svolte dall'intera classe, annotando le osservazioni e condividendo collegialmente quanto osservato alla fine di ogni sessione. Le osservazioni condivise hanno aggiunto importanti elementi di analisi sulle attività svolte dagli studenti (si veda il paragrafo 3.).

### **2.1. Parte 1 e Parte 8: pre-test e post-test a risposta aperta**

All'inizio del percorso didattico è stato proposto agli studenti un test a risposta aperta per la valutazione dei prerequisiti dei futuri insegnanti coinvolti nella sperimentazione, con l'obiettivo di investigare le loro idee spontanee riguardo ai moti rettilinei uniforme e

uniformemente-accelerato (Parte 1). In particolare, agli studenti è stato chiesto<sup>3</sup> di descrivere il moto di una pallina su una rampa, composta da un piano inclinato e un piano orizzontale (Figura 1). Il test a risposta aperta è stato progettato con l'obiettivo di mettere in luce le conoscenze degli studenti sul moto dei corpi, in particolare sul moto di una pallina lungo un piano inclinato (moto rettilineo uniformemente accelerato) e lungo un piano orizzontale (moto rettilineo uniforme se si trascurano gli attriti, moto rettilineo uniformemente decelerato se si considerano gli attriti<sup>4</sup>).

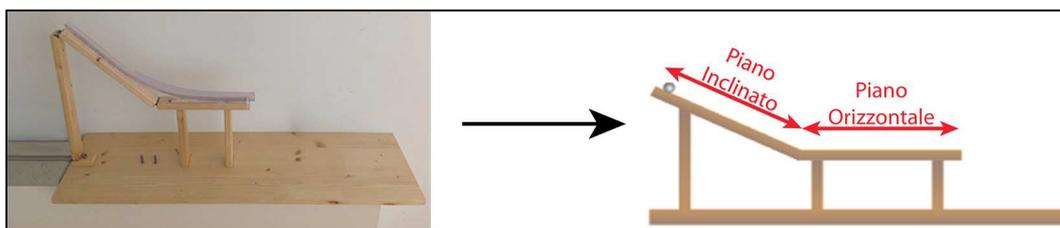


Figura 1. L'artefatto proposto agli studenti nel pre-test e nel post-test a risposta aperta (figura a sinistra) è composto da un piano inclinato congiunto a un piano orizzontale (figura a destra).

Le stesse domande sono state proposte alla fine del percorso didattico, in modo da poter confrontare le risposte date dagli studenti prima e dopo l'attività sperimentale e analizzare, quindi, l'impatto del nostro percorso laboratoriale (Parte 8).

## **2.2. Parte 2 e Parte 7: pre-test e post-test a risposta multipla (attraverso l'uso dei risponditori)**

Nella seconda parte del percorso didattico è stato utilizzato un set di domande a risposta multipla, attraverso l'uso dei risponditori, con l'obiettivo di sottoporre all'attenzione degli studenti alcuni contenuti particolari (per esempio, le relazioni spazio-tempo in alcune condizioni cinematiche specifiche), stimolando così la discussione fra gli studenti, sia in piccoli gruppi sia coinvolgendo l'intera classe (Beatty, Gerace, Leonard & Dufresne, 2006). In particolare, agli studenti è stato chiesto di rispondere individualmente a cinque domande, le prime tre mirate ad analizzare le relazioni fra lo spazio percorso e il corrispondente tempo impiegato, durante il moto lungo porzione obliqua (Figura 2, a), lungo la parte orizzontale (Figura 2, b) e lungo l'intera rampa (Figura 2, c); gli ultimi due quesiti miravano all'individuazione dei grafici spazio-tempo relativi ai due tratti della rampa (Figura 2, d e Figura 2, e).

Anche in questo caso, sono state sottoposte agli studenti le stesse domande alla fine del percorso laboratoriale (Parte 7), in modo da confrontare le risposte date prima e dopo la sperimentazione didattica.

---

<sup>3</sup> In questa fase, così come durante l'intero percorso didattico, non sono stati introdotti concetti da parte dei ricercatori coinvolti nella conduzione della sperimentazione didattica.

<sup>4</sup> Le piccole dimensioni della pallina di acciaio e la breve distanza percorsa da essa sulla parte orizzontale della rampa non consentono di apprezzare una decelerazione della pallina stessa sul tratto orizzontale; per questo motivo, la rampa è stata progettata e proposta per indagare le idee spontanee riguardo al moto rettilineo uniforme.

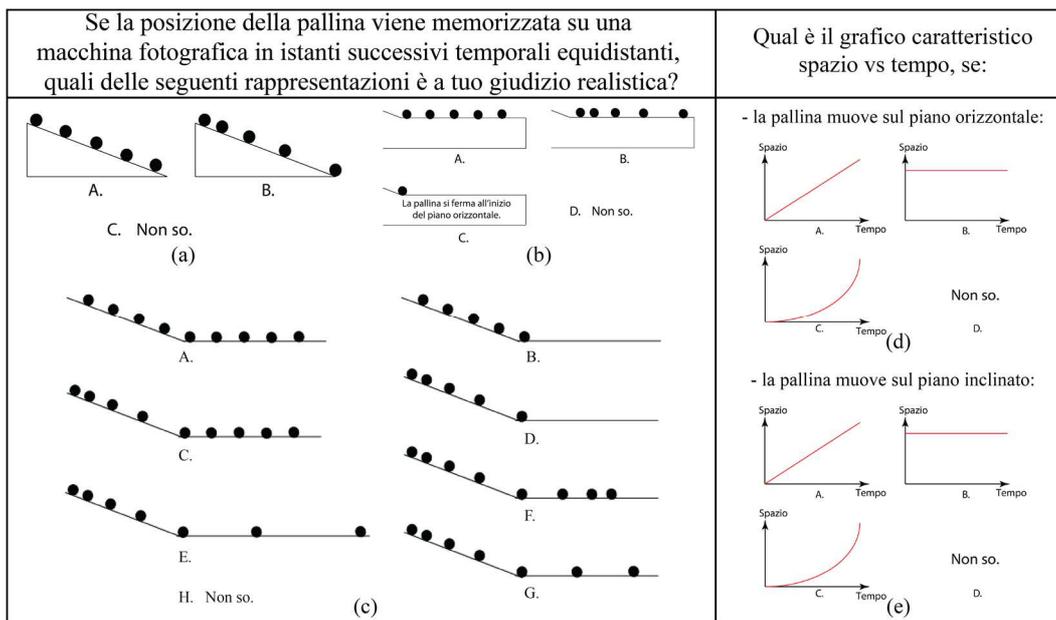


Figura 2. Le domande a risposta multipla sottoposte agli studenti nel pre-test e post-test, condotto attraverso i risponditori, sulle relazioni spazio-tempo (a, b, c) e sui grafici caratteristici (d, e).

### 2.3. Parte 3, Parte 4 e Parte 5: introduzione attraverso le animazioni ed esperimenti reali sul moto rettilineo uniforme e uniformemente accelerato

In questa fase del percorso, gli studenti hanno riprodotto, sulla LIM, il moto della pallina lungo la rampa, usando il software interattivo Algodoo® (<http://www.algodoo.com/>), strumento multimediale che ha consentito loro di riprodurre virtualmente l'esperimento, variando differenti parametri, fra cui l'inclinazione del piano obliquo e l'altezza di partenza. In seguito a questa prima esplorazione virtuale, sono state proposte due animazioni disponibili gratuitamente in internet<sup>5</sup>, attraverso cui è stato possibile introdurre il concetto di grafico spazio-tempo relativo al moto di un oggetto.

Dopo aver introdotto il concetto dei grafici dello spazio percorso in funzione del corrispondente tempo impiegato, gli studenti hanno realizzato un esperimento reale di misura spazio-temporale. In dettaglio, ad alcuni di loro è stato chiesto di camminare seguendo una traiettoria rettilinea, mantenendo un'andatura quanto più possibile costante. Durante il loro moto sono stati tracciati alcuni punti, ne sono state misurate le distanze e i corrispondenti tempi necessari a percorrere tali distanze<sup>6</sup>. L'analisi dei dati attraverso un foglio di calcolo Excel ha consentito di ricavare sperimentalmente il grafico tipico di un moto rettilineo uniforme, per ciascuno pedone coinvolto. Inoltre, l'esperimento proposto ha consentito agli studenti di individuare una caratteristica fondamentale di tali grafici: l'inclinazione delle rette ottenute è legata alla velocità con cui ciascuno dei pedoni camminava, introducendo così empiricamente l'idea che il coefficiente angolare della retta spazio-tempo rappresenta il valore della velocità del corpo. Dopo aver costruito il grafico spazio-tempo attraverso il software Excel, agli studenti è stato chiesto di effettuare la video-

<sup>5</sup> Prima animazione: <http://www.stmary.ws/highschool/physics/home/animations3/motion2.html>; Seconda animazione: [http://www.stmary.ws/highschool/physics/home/animations3/motion\\_graphs2.html](http://www.stmary.ws/highschool/physics/home/animations3/motion_graphs2.html).

<sup>6</sup> L'attività condotta ricorda la favola di Pollicino.

analisi (attraverso il software Tracker – <http://physlets.org/tracker/>) del moto di uno dei pedoni coinvolti e, successivamente, della caduta di un oggetto, entrambi ripresi con un comune smartphone (Figura 3). Ogni gruppo ha potuto così costruire e osservare i grafici tipici spazio-tempo per i moti rettilinei uniforme e uniformemente accelerato. Anche questa fase è stata progettata in modo da sfruttare le potenzialità della LIM per la comprensione dei moti, permettendo l'interazione dei singoli gruppi (attraverso il software di gestione delle attività di classe) e favorendo discussioni molto interessanti fra i discenti, durante e alla fine delle attività sperimentali.



Figura 3. Interfaccia del software di video analisi Tracker, usato per analizzare i moti rettilinei uniforme di un pedone (a) e uniformemente accelerato di un oggetto in caduta libera (b).

#### 2.4. Parte 6: attività di approfondimento attraverso i risponditori

L'ultima attività è stata progettata e condotta con l'obiettivo di approfondire l'analisi dei grafici caratteristici spazio-tempo, attraverso l'uso dei risponditori.

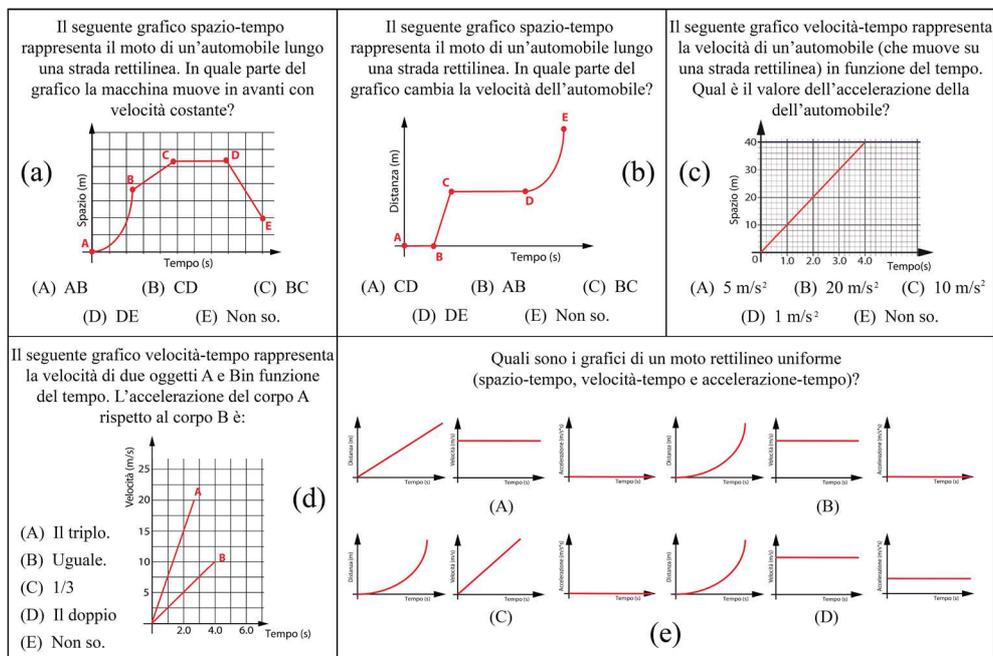


Figura 4. Alcuni esempi delle domande a risposta multipla sottoposte agli studenti, qualitative (a) e (b), quantitative (c) e (d) e con diversi tipi di rappresentazioni grafiche (e).

Agli studenti sono state proposte 20 domande a risposta multipla con crescente difficoltà, attraverso cui analizzare diverse rappresentazioni grafiche. Alcune domande richiedevano un'analisi qualitativa, altre necessitavano di risposte quantitative, altre ancora richiedevano di correlare i grafici spazio-tempo con le corrispondenti relazioni velocità-tempo e accelerazione-tempo. Le rappresentazioni grafiche proposte in questa fase erano differenti da quelle introdotte attraverso la video-analisi nelle Parte 5, costringendo pertanto gli studenti ad applicare quanto appreso precedentemente in situazioni differenti e decisamente più complesse (la Figura 4 mostra alcuni dei quesiti proposti agli studenti).

### 3. Analisi dei dati e risultati

L'obiettivo di questa ricerca è stato quello di monitorare l'impatto dell'approccio sperimentale da noi progettato sugli studenti di SFP coinvolti nella sperimentazione didattica. L'analisi dei dati ottenuti può essere suddivisa in tre parti: (i) analisi delle idee degli studenti sui concetti e principi fisici trattati; (ii) analisi degli schemi ideogrammatici usati dai discenti per rappresentare il moto dei corpi; (iii) analisi delle abilità di rappresentazione e interpretazione dei grafici caratteristici spazio-tempo, velocità-tempo e accelerazione-tempo da parte degli studenti.

#### 3.1. Confronto fra pre-test e post-test (risposte aperte)

L'analisi qualitativa delle risposte aperte date dagli studenti nel pre-test e nel post-test consente di mettere in evidenza l'impatto del percorso sperimentale sui contenuti e concetti fisici usati dagli studenti nel descrivere il moto di un corpo. La Figura 5 riassume le categorie definite per le prime due dimensioni di analisi, seguendo il processo iterativo tipico dell'analisi qualitativa (Miles, Huberman & Saldaña, 2014).

	Codice	Nome - Definizione
D1	DOC	<b>Docente:</b> Gli studenti focalizzano l'attenzione sul docente piuttosto che sul moto della sfera.
	FEN	<b>Fenomeno:</b> Gli studenti focalizzano l'attenzione sul fenomeno fisico.
D1	STR_gen	<b>Struttura generica:</b> Gli studenti descrivono la rampa in modo generico (senza molti dettagli).
	STR_det	<b>Struttura dettagliata:</b> Gli studenti descrivono la guida con particolare cura dei dettagli.
	MOT_gen	<b>Moto generico:</b> Gli studenti descrivono il moto della sfera in modo molto generico.
	MOT_vel	<b>Moto-Velocità:</b> Gli studenti correlano il moto della sfera alla sua velocità.
	MOT_alt	<b>Moto-Altezza:</b> Gli studenti correlano il moto della sfera con la sua altezza di partenza.
	MOT_v&a	<b>Moto &amp; Velocità-Altezza:</b> Gli studenti correlano la velocità della sfera con la sua altezza di partenza.
	STR_MOT	<b>Struttura &amp; Moto:</b> Gli studenti descrivono il moto della sfera dopo aver descritto la struttura della rampa.
D2	FIS_a&u	<b>Descrizione fisica:</b> Gli studenti descrivono il moto della sfera in termini di grandezze fisiche (Moto uniformemente accelerato sul tratto inclinato e rettilineo uniforme sul tratto orizzontale).
	FIS_a&d	<b>Descrizione fisica:</b> Gli studenti descrivono il moto della sfera in termini di grandezze fisiche (Moto uniformemente accelerato sul tratto inclinato e uniformemente decelerato sul tratto orizzontale).
	FIS_uni	<b>Descrizione fisica:</b> Gli studenti descrivono il moto della sfera in termini di grandezze fisiche (Moto uniforme sul tratto inclinato).
	FIS_acc	<b>Descrizione fisica:</b> Gli studenti descrivono il moto della sfera in termini di grandezze fisiche (Moto uniformemente accelerato sul tratto inclinato e conseguente variazione della velocità).
	FIS_gen	<b>Descrizione fisica:</b> Gli studenti descrivono il moto della sfera in termini di generiche grandezze fisiche.

Figura 5. Le dimensioni di analisi D1 (Focus degli studenti) e D2 (contenuti fisici usati dagli studenti per descrivere il moto della pallina lungo la rampa).

Un primo risultato interessante riguarda il focus degli studenti nell'osservare il movimento della pallina sulla rampa. Infatti, un numero non trascurabile di risposte descrive le azioni del docente piuttosto che il movimento della pallina sulla rampa in termini di grandezze fisiche (18% nel pre-test e 7% nel post-test). Queste risposte, in cui il docente appare come l'attore protagonista che "poggia la pallina sulla rampa", "chiede di descrivere il movimento" o "arresta il moto della pallina quando finisce di scendere sulla rampa", mettono in evidenza come alcuni studenti evitino di rispondere al quesito posto (ossia di descrivere il moto della pallina), probabilmente per mancanza di un linguaggio adeguato a tale descrizione. Un'osservazione del genere meriterebbe approfondimenti in termini di studi psicologici, per comprendere meglio le dinamiche che spingono i discenti coinvolti in una scelta del genere. Sebbene non sia stata approfondita tale analisi (che ci avrebbe portato lontani dall'obiettivo della ricerca condotta), un elemento chiave per queste risposte è costituito dalla mancata padronanza di un linguaggio adeguato, visto che il numero di risposte centrate sul ruolo del docente diminuisce in modo consistente alla fine del percorso sperimentale.

Riguardo ai contenuti usati per descrivere il fenomeno, nel pre-test quasi tutti gli studenti descrivono il moto generico della pallina sulla rampa senza far riferimento a concetti fisici appropriati (Figura 6, colore celeste), ponendo l'attenzione sul generico "moto della pallina sulla rampa", "che parte da una certa altezza". Alcune descrizioni mettono, inoltre, in risalto i dettagli strutturali "della guida in legno", "costituita da un piano obliquo e un piano orizzontale". Alla fine del percorso la maggior parte dei discenti propone descrizioni in termini di concetti fisici (Figura 6, colore viola), quali per esempio "moto con accelerazione costante sul piano obliquo", "moto uniforme sul piano inclinato dovuto alla forza di gravità" o ancora "moto accelerato sul piano inclinato e uniforme sul piano orizzontale". Il risultato appena descritto assume una rilevanza particolare se si tiene in considerazione l'approccio puramente empirico utilizzato durante la conduzione delle attività sperimentali, in cui nessuna informazione è stata data agli studenti dai ricercatori coinvolti, né tantomeno sono state proposte introduzioni formali dei concetti e delle leggi fisiche coinvolte. È evidente, quindi, che i discenti avevano già appreso nella scuola secondaria i concetti utilizzati nelle risposte del post-test; è altrettanto chiaro che le attività sperimentali, il confronto fra pari, la video-analisi e la costruzione dei grafici caratteristici consentono ai discenti di richiamare concetti a loro già noti e di applicarli ai fenomeni osservati.

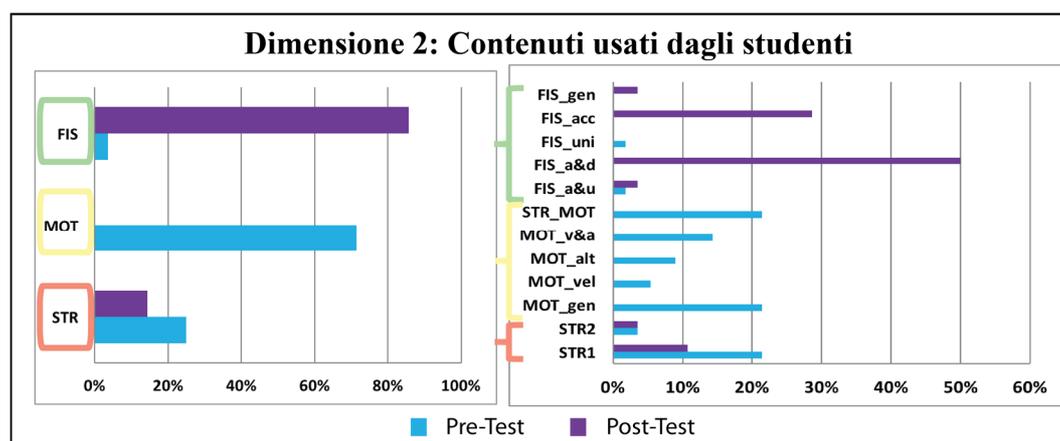


Figura 6. Gli studenti descrivono il fenomeno osservato, in termini di dettagli strutturali (STR), di moto generico della pallina (MOT) e in termini di grandezze e/o concetti fisici (FIS).

### 3.2. Confronto fra pre-test e post-test (risposte multiple)

L'analisi delle rappresentazioni usate dagli studenti per descrivere la relazione fra lo spazio percorso e il tempo impiegato a percorrere tale spazio aggiunge nuove e interessanti elementi alla valutazione dell'intero percorso didattico<sup>7</sup>. La Figura 7 mostra i dettagli del confronto fra pre-test e post-test: tutti gli studenti scelgono correttamente nel post-test lo schema spazio-temporale per il moto della pallina lungo il piano inclinato, mentre solo poco più dei 2/3 di loro è in grado di individuare l'ideogramma corretto relativo al moto della pallina sul piano orizzontale. È interessante osservare come, alla fine del percorso sperimentale, alcuni degli studenti hanno attribuito la causa del loro errore (relativo al moto della pallina lungo il piano orizzontale) al "basso valore dell'attrito e al breve tratto orizzontale" che non consentivano di apprezzare il moto decelerato.

Confrontando tutte le risposte riportate nella Figura 7, è possibile concludere che la visione Aristotelica del moto sembra essere ben presente, in quanto la pallina continua ad avere un moto accelerato anche sul piano orizzontale, dove la somma vettoriale fra tutte le forze agenti sulla pallina è pari a zero. Questa affermazione sembra essere confermata dalla Figura 7 (c), in quanto ancora una volta gli studenti incontrano maggiori difficoltà nell'analizzare il moto della pallina sul piano orizzontale rispetto al piano inclinato.

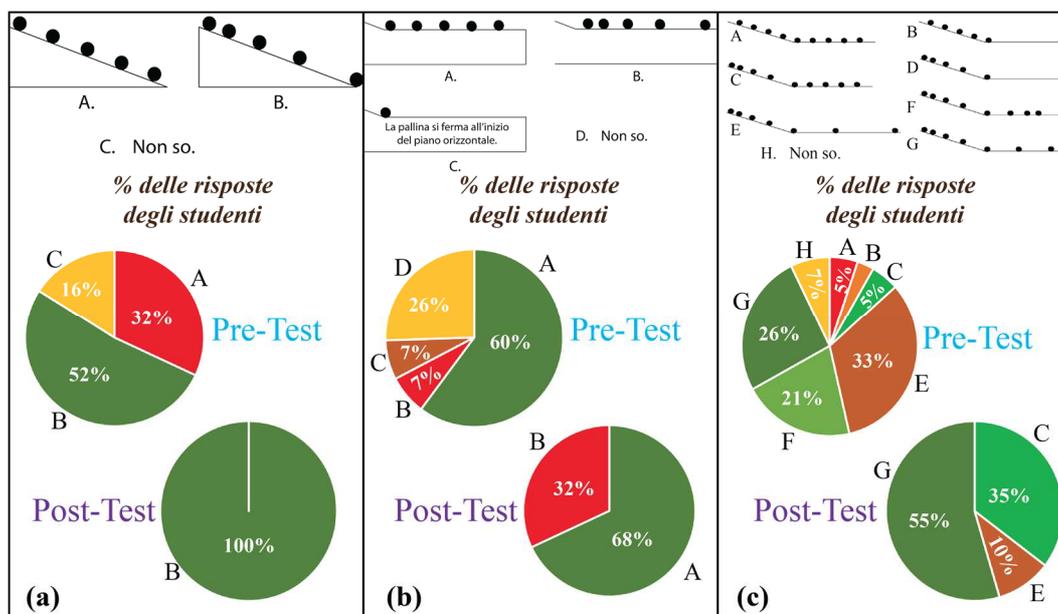


Figura 7. Analisi degli schemi usati dagli studenti per descrivere il moto della pallina lungo il tratto inclinato (a), lungo quello orizzontale (b) o su tutta la rampa (c).

Il confronto fra pre-test e post-test mette in risalto un miglioramento nella scelta sia degli ideogrammi usati dagli studenti, sia delle rappresentazioni spazio-temporali relative al moto della pallina sulle due parti della rampa (Figura 8).

<sup>7</sup> Le prime tre domande a risposta multipla (Figura 2 a, 2 b, 2 c) consentono, infatti, di analizzare gli ideogrammi utilizzati per descrivere il moto della pallina sul piano inclinato e sul piano orizzontale.

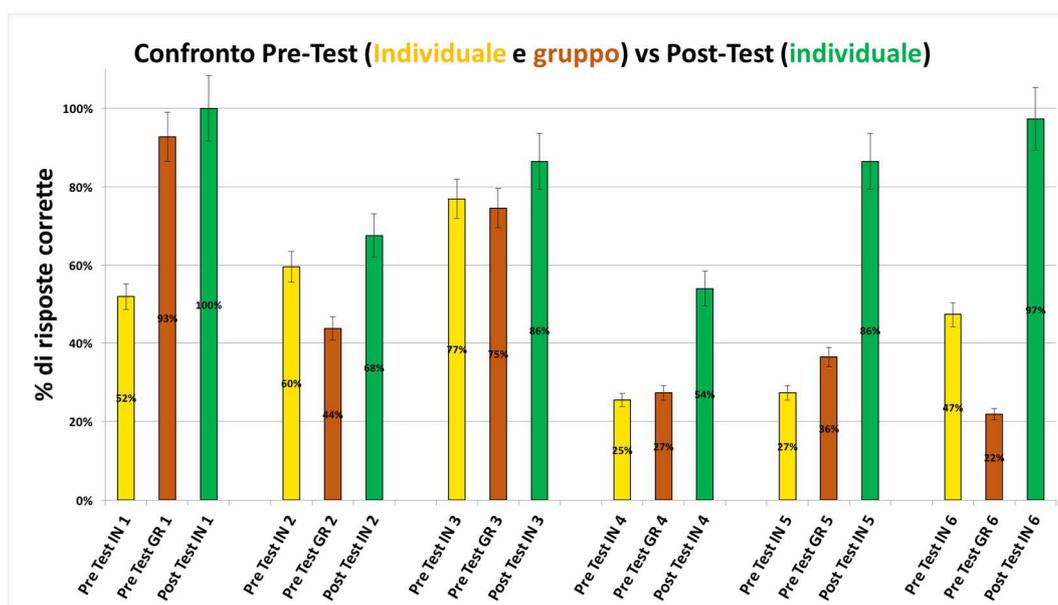


Figura 8. Risposte date dagli studenti nel pre-test (individuali in giallo e dopo discussione di gruppo in arancione) e nel post-test (individuali in verde) sulle rappresentazioni grafiche.

In particolare, la Figura 8 mostra come gli studenti siano stati in grado di migliorare notevolmente le loro abilità di analisi dei grafici spazio-tempo sia nel caso del moto rettilineo uniforme che nel moto rettilineo uniformemente accelerato. Infatti, alla fine del post-test, la quasi totalità riesce a individuare la rappresentazione grafica corretta associata al moto della pallina sulla parte inclinata della rampa, mentre un numero leggermente più basso individua la rappresentazione grafica corretta relativa al moto della pallina sul piano orizzontale. Questo conferma l'analisi degli ideogrammi illustrata in precedenza, in quanto gli studenti coinvolti sembrano avere più familiarità con i grafici del moto accelerato rispetto a quelli del moto uniforme.

### 3.3. Analisi delle attività condotte attraverso l'uso dei risponditori

I ricercatori coinvolti hanno osservato l'impatto positivo delle attività condotte attraverso l'uso dei risponditori sia in termini di interesse e coinvolgimento degli studenti, sia in termini di confronto fra pari, confermando i risultati riportati dalla letteratura internazionale sulla valenza didattica dei clickers rispetto alla gestione delle attività di classi (soprattutto in un contesto di classi molto numerose)<sup>8</sup>.

Il set di domande opportunamente costruito ha permesso agli studenti di completare un percorso avviato nelle prime attività proposte, riguardo all'analisi e alla costruzione dei grafici caratteristici del moto dei corpi. Infatti, la video analisi ha consentito loro di costruire i grafici caratteristici spazio-tempo del moto rettilineo uniforme e del moto rettilineo uniformemente accelerato; la manipolazione di tali grafici attraverso l'uso della LIM ha permesso di ricavare empiricamente i relativi grafici velocità-tempo e accelerazione-tempo, in entrambi i moti analizzati. Tutto questo ha consentito ai discenti di rispondere

<sup>8</sup> L'impatto del percorso sperimentale sul coinvolgimento degli studenti sarà discusso nel sottoparagrafo 3.4.

correttamente nel post-test alle domande relative alle rappresentazioni grafiche del moto della pallina (Figura 9).

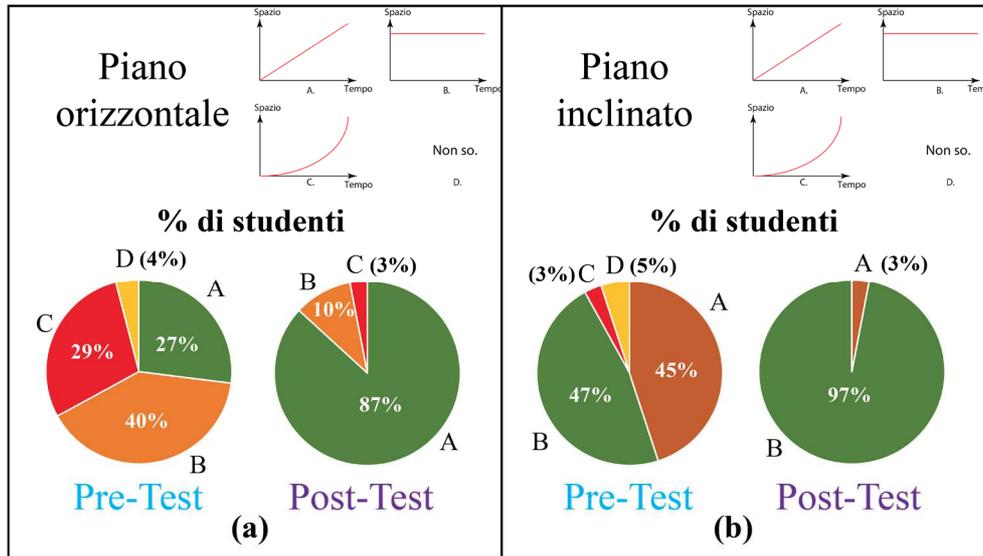


Figura 9. Confronto fra le risposte fornite dagli studenti nel pre-test e post-test alle domande a risposta multipla, relative al moto della pallina sulla parte orizzontale (a) e inclinata della guida (b).

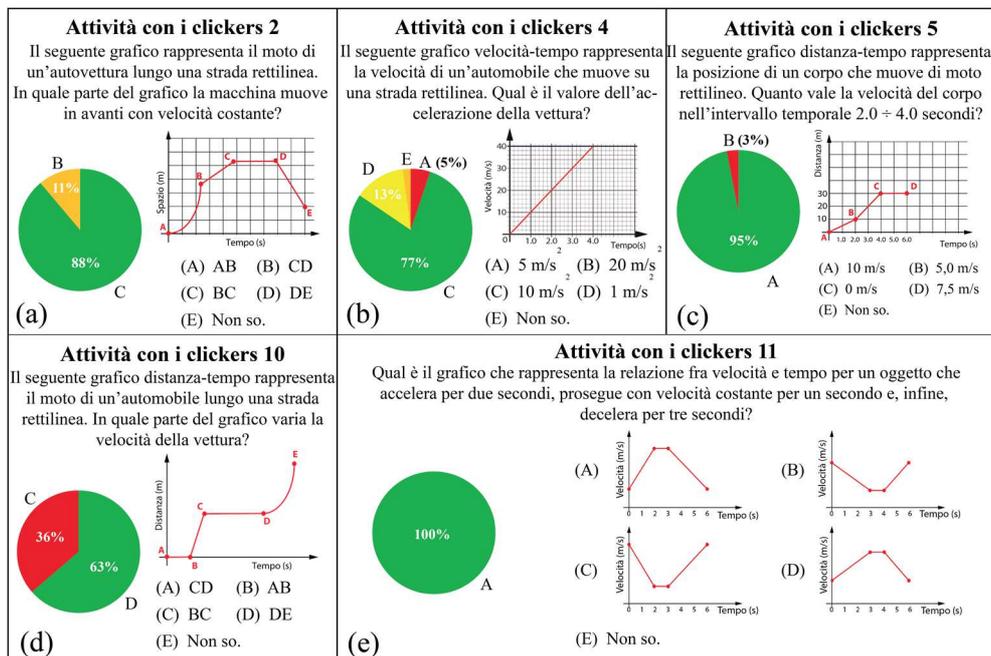


Figura 10. Risposte date dagli studenti durante l'attività di approfondimento condotta attraverso i clickers: aumentano le risposte corrette, sebbene aumenti la difficoltà dei quesiti.

L'attività di approfondimento condotta con i clickers (Parte 6) ha consentito di verificare come l'incremento delle risposte corrette illustrato nella Figura 9 non sia dovuto all'associazione mnemonica dei grafici caratteristici rispetto a quanto visto con la video

analisi, bensì a una reale capacità di analisi e interpretazione delle rappresentazioni grafiche stesse. Infatti, l'analisi delle risposte date dagli studenti mostra un aumento delle risposte corrette, sebbene la difficoltà delle domande fosse crescente durante lo svolgimento dell'attività (la Figura 10 mostra alcune delle risposte date dagli studenti). È interessante osservare come gli studenti siano stati in grado di effettuare analisi di diverso genere, a partire da grafici spazio-temporali di moti vari, fino a grafici velocità-tempo e accelerazione tempo. Inoltre, sono stati sottoposti sia quesiti qualitativi che quantitativi su grafici differenti da quelli introdotti durante le precedenti attività di video-analisi.

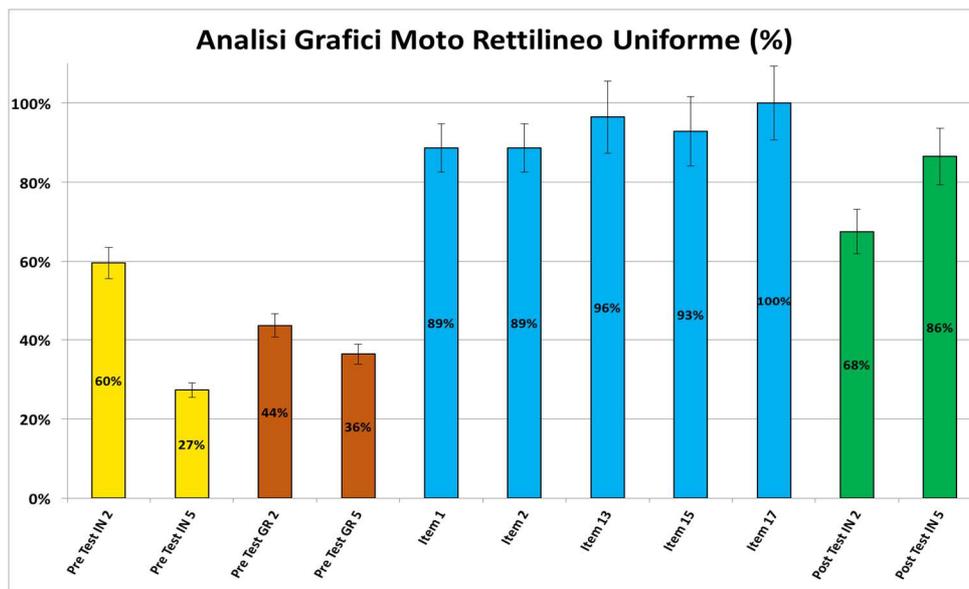


Figura 11. Risposte corrette date nel pre-test (colonne in giallo e arancione) nella Parte 6 (colonne in celeste) e post-test (colonne in verde) rispetto al moto rettilineo uniforme.

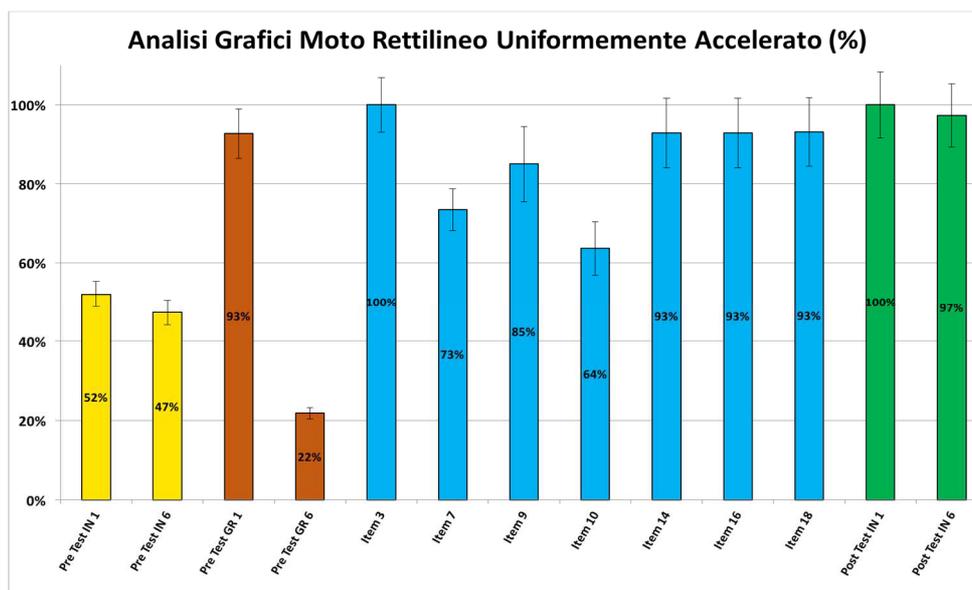


Figura 12. Risposte corrette date nel pre-test (colonne in giallo e arancione) nella Parte 6 (colonne in celeste) e post-test (colonne in verde) rispetto al rettilineo uniformemente accelerato.

La Figura 11 e la Figura 12 consentono di dimostrare che le attività di approfondimento condotte con i clickers offrono agli studenti la possibilità di familiarizzare con le rappresentazioni grafiche e di migliorare la loro capacità di analisi di diverse grandezze cinematiche come funzioni del tempo. Infatti, raggruppando le risposte date nel pre-test (individuali in giallo, dopo discussioni di gruppo in arancione) con le risposte date durante l'attività di approfondimento condotta attraverso i clickers (colonne in celeste) e, infine, con le risposte date nel post-test (colonne verde), è possibile osservare un aumento delle abilità di analizzare i grafici caratteristici sia per il moto rettilineo uniforme (Figura 11) che per il moto rettilineo uniformemente accelerato (Figura 12).

In particolare, mentre nel pre-test gli studenti hanno incontrato notevoli difficoltà a individuare il grafico corretto spazio-tempo relativo al moto della pallina lungo il piano inclinato e/o orizzontale, nel post-test hanno risposto correttamente alle stesse domande. Contestualmente, nella Parte 6 sono stati in grado di analizzare grafici anche complessi (qualitativi e quantitativi) senza alcuna spiegazione da parte dei docenti.

### 3.4. Test motivazionale condotto attraverso i clickers

Il test motivazionale proposto alla fine del percorso sperimentale sembra confermare le analisi riportate sia in termini di coinvolgimento degli studenti che riguardo all'ambiente attivo proposto in questa sperimentazione (la Figura 13 mostra alcune domande poste agli studenti).

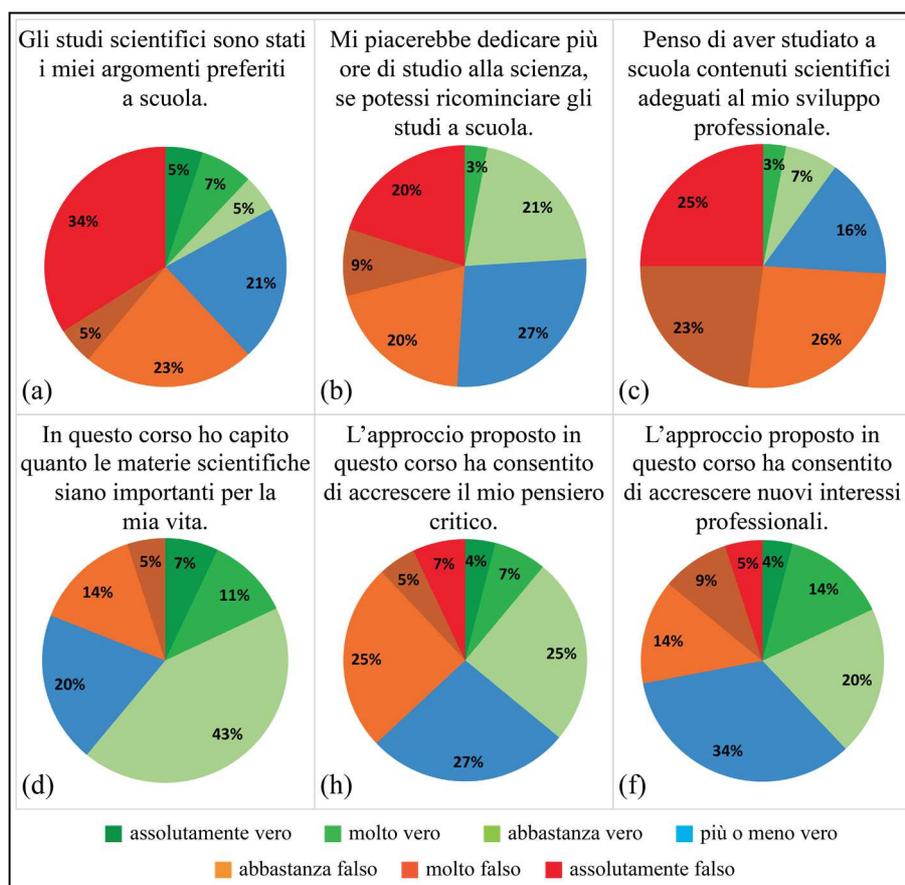


Figura 13. Alcune domande proposte agli studenti alla fine del percorso didattico, durante il test motivazionale condotto attraverso i clickers.

I primi tre istogrammi riportati in Figura 13 mettono in evidenza il difficile approccio degli studenti del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria nei confronti delle materie scientifiche, prima della nostra sperimentazione didattica. Questo dato conferma quanto riportato in altri studi effettuati su campioni più ampi di studenti (Sapia, 2013). L'approccio pratico-sperimentale da noi proposto ha stimolato l'interesse degli studenti nei confronti delle materie scientifiche, poiché molti di loro hanno compreso che alcuni studi scientifici potrebbero essere utili per la loro vita professionale e hanno apprezzato come alcuni studi scientifici facilitino lo sviluppo di un pensiero critico, al punto tale che alcuni di loro "avrebbero voluto spendere più ore di studio durante il percorso scolastico alle materie scientifiche".

#### **4. Conclusioni**

Il nostro percorso laboratoriale ha coinvolto notevolmente gli studenti, ha stimolato discussioni costruttive fra piccoli gruppi e ha consentito di avviare interessanti brainstorming alla fine di ciascuna attività coinvolgendo tutti i discenti presenti. Il confronto informale fra i ricercatori e i pareri degli studenti raccolti alla fine della sperimentazione sembrano confermare quest'analisi. In particolare, gli studenti hanno espresso pareri molto favorevoli sull'uso della LIM "per esplorare le animazioni e per introdurre i concetti di grafici spazio-tempo, molto più efficacemente delle introduzioni formali fatte a scuola durante il percorso di studi".

Inoltre, è stato possibile osservare l'efficacia della video-analisi nel verificare (in tempo reale) che il moto dei corpi può essere rappresentato dai grafici caratteristici introdotti attraverso le animazioni. Anche in questo caso la LIM ha svolto un ruolo fondamentale, consentendo di manipolare i grafici ottenuti e di definire in modo semplice e intuitivo i concetti di velocità e accelerazione a partire dalle rappresentazioni spazio-temporali senza introdurre alcun genere di formalismo. Inoltre, il sistema di gestione dei gruppi di lavoro, disponibile per la LIM, ha consentito di coinvolgere notevolmente gli studenti e di far interagire i singoli gruppi durante le diverse fasi laboratoriali.

L'impatto dei clickers nella sperimentazione è stato molto importante, tenendo conto che l'analisi in tempo reale delle risposte date dagli studenti ha stimolato fortemente il confronto fra piccoli gruppi e fra l'intera classe. I discenti hanno infatti motivato le loro risposte, hanno cercato di spiegare quelle corrette e di correggere quelle sbagliate, condividendo alla fine le loro idee.

Per quanto riguarda i contenuti, l'analisi dei dati riportata in questo articolo consente di sottolineare l'impatto molto positivo dell'approccio puramente empirico proposto nella nostra sperimentazione didattica, sia per quanto riguarda i concetti fisici coinvolti nei fenomeni proposti, che per l'analisi delle rappresentazioni grafiche. Considerando le difficoltà ben evidenziate dalla letteratura internazionale su tali tematiche e osservando il livello di comprensione raggiunto dagli studenti alla fine dell'intero percorso laboratoriale, è possibile concludere che la nostra sperimentazione propone un semplice e costruttivo modello, che può essere facilmente riadattato a contesti, argomenti e discipline scientifiche diverse da quelle da noi trattate. Tale riflessione impone, quindi, la necessità di riconsiderare il ruolo e le modalità dei laboratori didattici di scienza condotti nell'ambito dei corsi di laurea di Scienze della Formazione Primaria, in modo tale da fornire ai futuri insegnanti gli strumenti idonei ad affrontare le problematiche qui illustrate riguardo agli apprendimenti scientifici.

## Bibliografia

- Algodoo® software. <http://www.algodoo.com/> (ver. 15.07.2016).
- Ausubel, D.P. (1998). *Educazione e processi cognitivi. Guida psicologica per gli insegnanti* (D. Costamagna, Trans.). Milano: Franco Angeli (Original work published 1968).
- Baek, Y., Jung, J., & Kim, B. (2008). What makes teachers use technology in the classroom? Exploring the factors affecting facilitation of technology with a Korean sample. *Computers & Education*, 50(1), 224–234.
- Beatty, I.D., Gerace, W.J., Leonard, W.J., & Dufresne, R.J. (2006). Designing effective questions for classroom response system teaching. *American Journal of Physics*, 74(1), 31–39.
- Beeland, W.D. (2002). Student engagement, visual learning and technology: can interactive whiteboards help? *Action Research Exchange*, 1(1).
- Beichner, R.J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750–762.
- Beichner, R.J. (1995). Considering perception and cognition in the design of an instructional software package. *Multimedia Tools and Applications*, 1(2), 173–184.
- Beichner, R.J. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, 64(10), 1272–1277.
- Bonanno, A., Bozzo, G., Camarca, M., & Sapia, P. (2011). Using a PC and external media to quantitatively investigate electromagnetic induction. *Physics Education*, 46(4), 385–394.
- Bonanno, A., Bozzo, G., Napoli, F., & Sapia, P. (2014). Interactive Whiteboard (IWB) and Classroom Response System (CRS): how can teachers integrate these resources in physics experimental activities? *GIREP/MPTL International Conference: Teaching/Leaning Physics: integrating research in to practice*. Palermo.
- Bozzo, G., Grimalt-Alvaro, C., & López, V. (2014). The uses of Interactive Whiteboard in a science laboratory. In *GIREP/MPTL International Conference on Teaching/Leaning Physics: integrating research in to practice*. Palermo.
- Brookes, D.T., & Etkina, E. (2009). “Force”, ontology, and language. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5(1), 1–13.
- Brown, D. (2008). Video modeling: combining dynamic model simulations with traditional video analysis. *American Association of Physics Teachers (AAPT) Summer Meeting*.
- Brown, D., & Cox, A.J. (2009). Innovative uses of video analysis. *The Physics Teacher*, 47(3), 145–150.
- Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Burnstein, R.A., & Lederman, L.M. (2001). Using wireless keypads in lecture classes. *The Physics Teacher*, 39(1), 8–11.
- Calvani, A. (2013). Le TIC nella scuola: dieci raccomandazioni per i policy maker. *Form@re - Open Journal per la Formazione in Rete*, 13(4) 30–46.

- Calvani, A., & Vivanet, G. (2014). Evidence Based Education e modelli di valutazione formativa per le scuole. *ECPS - Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies*, 1(9), 127–146.
- Condie, R., & Munro, B. (2007). *The impact of ICT in schools: landscape review*. Becta Research.
- Coyle, Y., Yañez, L., & Verdú, M. (2010). The impact of the interactive whiteboard on the teacher and children's language use in an ESL immersion classroom. *System*, 38(4), 614–625.
- De Pietro, O. (2015). Competenze digitali e professionalità docente. *Topologik*, 18, 111–124.
- De Pietro, O., De Rose, M., & Valenti, A. (2014). Digital technologies for a quality school: a didactical experience supported by web forum. *IJDLDC - International Journal of Digital Literacy and Digital Competence*, 5(3), 44–58.
- Fies, C., & Marshall, J. (2008). The C3 framework: evaluating classroom response system interactions in university classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 483–499.
- Gervasio, M., & Michelini, M. (2006). Termocrono. Un semplice sistema economico e flessibile per misure di temperatura in tempo reale. *Didamatica 2006 - Atti*, 522–529.
- Glover, D., & Miller, D. (2001). Running with technology: the pedagogic impact of the large-scale introduction of interactive whiteboards in one secondary school. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 10(3), 257–278.
- Hennessy, S., Deaney, R., Ruthven, K., & Winterbottom, M. (2007). Pedagogical strategies for using the interactive whiteboard to foster learner participation in school science. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 283–301.
- Heron, P., Michelini, M., & Stefanel, A. (2008). Teaching and learning the concept of energy in primary school. *GIREP Proceedings*, Nicosia, Cyprus.
- Higgins, S., Beauchamp, G., & Miller, D. (2007). Reviewing the literature on interactive whiteboards. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 213–225.
- Jang, S.J., & Tsai, M.F. (2012). Exploring the Tpack of Taiwanese elementary mathematics and science teachers with respect to use of interactive whiteboards. *Computers & Education*, 59(2), 327–338.
- McDermott, L.C. (1993). How we teach and how students learn-A mismatch?. *American Journal of Physics*, 61, 295–295.
- McDermott, L.C., Rosenquist, M.L., & Van Zee, E.H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55(6), 503–513.
- Michelini, M. (2007). *Educazione scientifica ed approcci di ricerca in didattica della fisica*. <http://www.fisica.uniud.it/URDF/articoli/ftp/2008/2008-27.pdf> (ver.15.07.2016).
- Miles, M.B., Huberman, A.M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: a methods sourcebook*. Thousand Oaks, CA: Sage.

- Millar, R., & Osborne, J. (eds.). (1998). *Beyond 2000: science education for the future. A report with ten recommendations*. London: King's College London, School of Education.
- MIUR. Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2012). Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione. *Annali della Pubblica Istruzione*. No. Speciale. [http://www.annaliistruzione.it/var/ezflow\\_site/storage/original/application/55f6425315450eb079ff3e4da917750c.pdf](http://www.annaliistruzione.it/var/ezflow_site/storage/original/application/55f6425315450eb079ff3e4da917750c.pdf) (ver. 15.07.2016).
- Murcia, K. (2008). Teaching for scientific literacy with an interactive whiteboard. *Teaching Science*, 54(4), 17–21.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2004). *The PISA 2003 assessment framework: mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). *PISA 2015 draft framework*. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm> (ver. 15.07.2016).
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177–196.
- Pinto, R., & El Boudamoussi, S. (2009). Scientific processes in PISA tests observed for science teachers. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2137–2159.
- Reay, N.W., Bao, L., Li, P., Warnakulasooriya, R., & Baugh, G. (2005). Toward the effective use of voting machines in physics lectures. *American Journal of Physics*, 73(6), 554–558.
- Sapia, P. (2013). *I Test sull'attitudine al ragionamento scientifico nel contesto del processo di autovalutazione, valutazione e accreditamento*. Tesi di dottorato, Università della Calabria, Cosenza, Italia.
- Schmid, E.C. (2008). Using a voting system in conjunction with interactive whiteboard technology to enhance learning in the English language classroom. *Computers & Education*, 50(1), 338–356.
- Smith, H.J., Higgins, S., Wall, K., & Miller, J. (2005). Interactive whiteboards: boon or bandwagon? A critical review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 91–101.
- Sokoloff, D.R., Laws, P.W., & Thornton, R.K. (2007). RealTime Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory. *European Journal of Physics*, 28(3), S83–S94.
- Stmary Web Site. Animazioni. <http://www.stmary.ws/highschool/physics/home/animations3/motion2.html> (ver. 15.07.2016).
- Stmary Web Site. Animazioni. [http://www.stmary.ws/highschool/physics/home/animations3/motion\\_graphs2.htm](http://www.stmary.ws/highschool/physics/home/animations3/motion_graphs2.htm) (ver. 15.07.2016).
- Tracker<sup>®</sup> software. <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/> (ver. 15.07.2016).

Tracker video analysis and modeling tool. <http://physlets.org/tracker/> (ver. 15.07.2016).

Trumper, R., & Gelbman, M. (2002). What are MBLs for? An example from introductory kinematics. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 21(3), 207–228.

Vosniadou, S. (ed.). (2009). *International handbook of research on conceptual change*. New York, NY: Routledge.