



SOMMARIO

1.INTRODUZIONE	1
2. METODOLOGIE DI INSEGNAMENTO/APPRENDIMENTO	3
2.1 Utilizzo della storia nella didattica	3
2.2 Brainstorming, Problem Solving e Cooperative Learning	4
2.3 Sperimentazione, linguaggio e memoria	5
3. STRATEGIE INCLUSIVE PER ALUNNI BES	6
4. SPERIMENTIAMO TUTTI CON GALILEO	8
4.1 Contenuti specifici dell'unità di apprendimento	8
4.2 Finalità e obiettivi del percorso	8
5. PROGRAMMAZIONE DEGLI INCONTRI	9
5.1 La caduta dei gravi	9
5.2 Mappa concettuale	9
5.3 Aristotele o Galileo?	10
5.4 Il piano inclinato	11
5.5 Costruiamo il piano inclinato e l'orologio ad acqua	11
5.6 Sperimentazione e conclusioni	12
5.7 Galileo e le palle di cannone	13
5.8 Studio del moto accelerato con supporto software Tracker	15
6. CONCLUSIONI	17

BIBLIOGRAFIA





1. INTRODUZIONE

La scelta di fare un progetto didattico centrato sulla caduta dei gravi, deriva dalle difficoltà incontrate in questi anni di docenza nell'insegnamento di tale argomento. Premetto che, per esperienze anche slegate dal contesto scuola e per interesse personale, sono portata a insegnare le scienze in modo pratico ed esperienziale nella misura in cui il contesto scuola e i tempi della programmazione didattica condivisa lo permettano. Spesso infatti, poiché il programma di scienze è corposo, ci si riduce ad insegnare con lezioni frontali per velocizzarne lo svolgimento e rimanere nei tempi e nella programmazione previsti, piuttosto che puntare ad una reale acquisizione dei contenuti o ad approfittare dell'ampia possibilità che le scienze offrono di sviluppare negli alunni capacità logiche, di argomentazione, critiche e competenze trasversali. La diretta esperienza d'insegnamento e la lettura di studi specialistici, mi porta a ritenere che le difficoltà incontrate dagli alunni nella comprensione della fisica e della matematica, discipline soprattutto quantitative, abbia principalmente origine motivazionale. Queste materie di studio, soprattutto quando insegnate in modo tradizionale e dogmatico, slegate dai problemi che consentono di risolvere, vengono infatti percepite dagli allievi come una somma di regole, un puro e astratto esercizio mentale avulso dalla realtà e, di conseguenza, di scarsa utilità. L'alunno medio è disposto ad imparare ciò che ritiene utile per la sua vita quotidiana ma, in un bilancio costi/benefici, oppone un netto rifiuto emotivo verso lo studio di strumenti matematici che implicano un maggiore sforzo di comprensione e la cui utilità e spendibilità sono molto meno evidenti (De Beni, Moè, 2000). Inoltre, nei libri di testo, la parte di fisica dedicata allo studio del moto è spesso piuttosto scarna, molto discorsiva e nello stesso tempo impossibile da slegare da un discorso matematico, di calcolo, legato all'applicazione di formule. L'applicazione dello studio del moto infatti prevede, per offrire un piccolo risvolto pratico, la risoluzione di problemi con l'utilizzo della relativa legge e per molti degli alunni di 2° e 3° media diventa, nel migliore dei casi, una mera applicazione di una formula imparata a memoria. Rispetto a questo, diverse sono le difficoltà riscontrate negli alunni: dalla comprensione del concetto di rapporto (es. spazio/tempo), all'espressione letterale di una formula, dalla traduzione ed uso dell'unità di misura alla lettura e costruzione di diagrammi spazio/tempo. Per quanto riguarda la caduta dei gravi in particolare, spesso gli alunni hanno ancora una concezione/percezione aristotelica: corpi più pesanti cadono con velocità maggiore e i corpi non possono muoversi senza l'azione continua di una forza. Spesso non conoscono il concetto di attrito né quale ruolo svolga sul moto di un corpo. Per quanto riguarda i moti, gli



errori più comuni sono il confondere la velocità con l'accelerazione, in particolare la comprensione e lettura della loro rappresentazione grafica, quando velocità e accelerazione sono negative e la traduzione del movimento di un oggetto nel relativo grafico spazio/tempo (P. Hale 2000). Molto spesso inoltre gli alunni conoscono in modo superficiale la terminologia specifica del linguaggio utilizzato in fisica (es. massa, forza, accelerazione..) e questo influisce poi sulla traduzione e comprensione dei concetti cui la terminologia è legata (Tonzig, 2013).

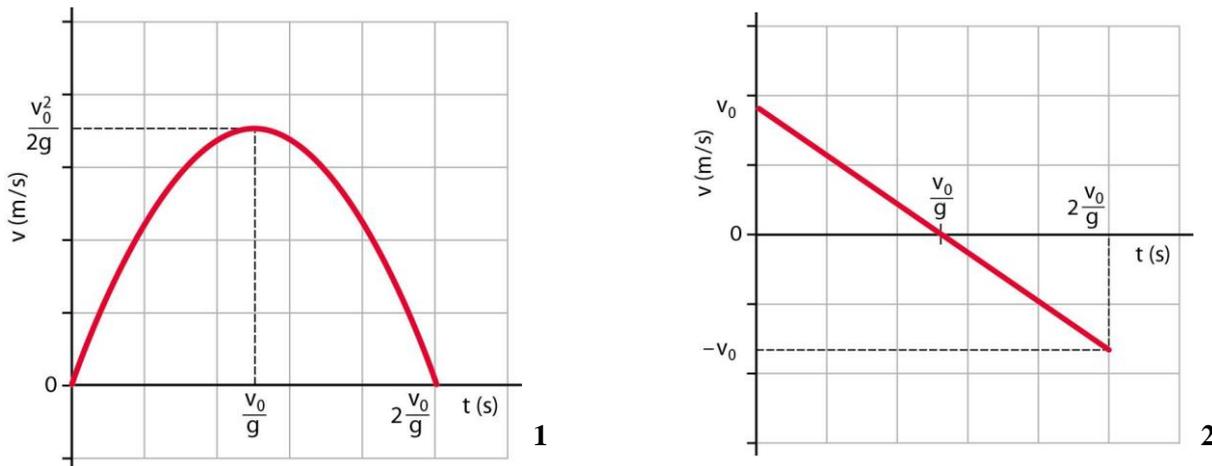


Figura 1-2 Se si lancia una palla verso l'alto per poi riprenderla il grafico che rappresenta il rapporto spazio/tempo di tale movimento è una parabola (1), mentre la velocità è rappresentata da una retta (2). La palla diminuisce velocità salendo fino al punto in cui inverte direzione (punto più alto della parabola) per poi ricadere aumentando la velocità. In fig 2 è possibile vedere che la velocità nel primo tratto diminuisce ma è positiva poiché la palla si muove nello stesso verso dell'asse y. Quando invece la palla ricade verso il basso la sua velocità aumenta ma avendo direzione opposta al verso dell'asse si dice negativa.

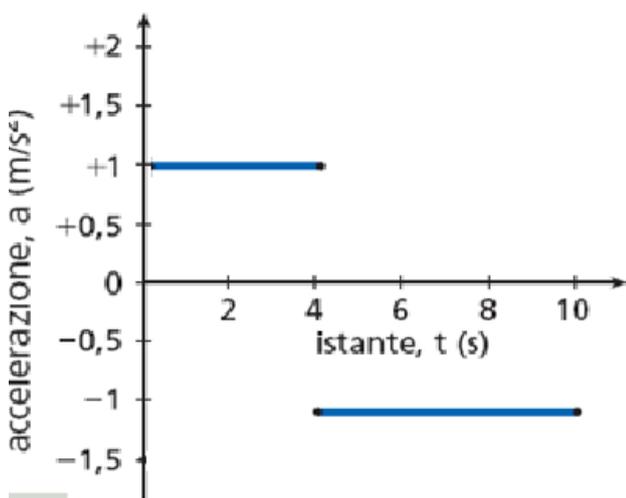


figura 3 accelerazione costante

Il rapporto velocità/tempo di un corpo in caduta libera è costante (fig 2), quindi l'accelerazione è costante e non varia nel tempo. La sua rappresentazione grafica è una retta parallela all'asse x. L'accelerazione è positiva quando la palla sale verso l'alto, negativa quando cade verso il basso



La decisione di progettare un'unità didattica specifica sulla caduta dei gravi, nasce dalla necessità di integrare l'esperienza pregressa con l'esperienza derivata dalla frequenza del Percorso Abilitante Speciale, sviluppando alcuni tra gli spunti significativi in ambito di docenza e di pedagogia speciale, che ci è stato possibile approfondire in questi mesi: l'utilizzo nella didattica della storia e delle mappe concettuali, la tecnica del brainstorming e l'apprendimento cooperativo (strategia compensativa per i BES, Ianes, Cramerotti 2013), l'utilizzo degli strumenti tecnologici sia per l'apprendimento sia per l'inclusione degli alunni svantaggiati, la predilezione dell'applicazione esperienziale con la creazione di modellini fisici come momento di apprendimento ed inclusione sociale.

2. METODOLOGIE DI INSEGNAMENTO/APPRENDIMENTO

Durante la frequenza del corso è stato possibile approcciarci a diverse tecniche e metodi di insegnamento alternativi alla tradizionale lezione frontale. In particolare, nella programmazione del percorso didattico, utilizzerò alcune di queste metodologie di cui riporto una breve introduzione.

2.1 Utilizzo della storia nella didattica

Uno degli aspetti principali nell'affrontare lo studio delle scienze con un taglio storico è quello di ampliare nei ragazzi la cultura. Essa è data dalla produzione nei vari campi del sapere ed è legata al contesto storico e filosofico in cui si sviluppa. Attraverso la possibilità di collegamenti interdisciplinari a contenuti e informazioni è possibile legare le conoscenze acquisite e arrivare ad una conoscenza più ampia (Seeger, 1964). Questa idea si inserisce nella corrente didattica del costruttivismo (anni '80), secondo cui l'apprendimento di nuovi concetti si inserisce tra idee e conoscenze già formatesi nella mente del ragazzo, favorendo l'apprendimento a lungo termine (Texeira, et al., 2012).

Le teorie elaborate nel corso della storia possono offrire importanti spunti di lavoro e riflessione, cui attingere, per il docente. Inoltre il confronto tra storia della scienza e contenuto dei libri di testo adottati a scuola aiuta lo studente a comprendere il processo di costruzione del sapere scientifico oltre a scoprire l'importanza dello scambio dialogico tra gli scienziati e le loro teorie.

Il rimando a situazioni e scoperte storiche permette agli alunni di sperimentare situazioni aperte, ossia di capire che non sempre la scienza ha una risposta esatta e definitiva e che un approccio investigativo necessita di tempi prolungati, approfondimento e lavoro continuo.



In queste situazioni aperte lo studente è condotto a formulare ipotesi e a rivederle, discuterle con i compagni e valutare i punti di forza. I vantaggi di questo approccio sono diversi: la possibilità per ogni alunno di formare una propria modalità di ragionamento e di confrontarla con gli altri compagni favorendo dibattiti più produttivi e movimentati; la visione del sapere scientifico come confronto di teorie elaborate nel corso della storia. (Heering, 2000).

Il modo più semplice per introdurre il contesto storico è quello di leggere in classe testi originali elaborati dagli scienziati. In base all'effetto ricercato dall'insegnante tali letture possono essere introdotte prima della sperimentazione come base su cui impostare le osservazioni (Braga et al., 2012), oppure in parallelo rispetto al resto del lavoro programmato e fornire un'integrazione alla spiegazione didattica rispetto all'argomento affrontato, oppure al termine del percorso didattico come strumento con cui confrontare le teorie degli studenti (Henshaw, 1950).

2.2 Brainstorming, Problem Solving e Cooperative Learning

Gli studi dedicati all'insegnamento mostrano che l'attenzione va posta sul soggetto che apprende. Occorre, infatti, che l'alunno sia costruttore in prima persona delle proprie conoscenze, competenze e abilità. Tale impostazione didattica tende a evitare la lezione espositiva e a preferire lezioni più stimolanti. Questi due tipi di lezione sono molto diversi, infatti, mentre la lezione espositiva si fonda sulla certezza di ciò che viene esposto e sulla esattezza del sapere, l'approccio, per così dire, sollecitante tende a spingere gli alunni all'osservazione in prima persona e all'analisi. La conoscenza diviene così il frutto di un percorso di ricerca che non è mai definitivamente concluso e i cui stimoli principali sono la curiosità e il confronto con gli altri.

Tra le diverse tecniche applicabili, *il Brainstorming* stimola la creatività di gruppo per far emergere idee, associazioni o eventualmente risoluzioni di un problema. L'ambiente, sia esso un piccolo gruppo o la classe, deve permettere che ognuno si senta libero di esprimersi senza vincoli di sorta in termini ideativi e associativi. Non vi è valutazione o censura da parte né dei pari né del docente; tale pratica è sicuramente consigliabile in tutte quelle situazioni che richiedono un primo approccio ad un problema o ad una situazione da analizzare. Come spunto di inizio si potrebbe utilizzare un problema, un argomento o una domanda, deliberatamente vago, e lanciato senza un indirizzo specifico in modo da creare negli alunni liberi flussi di idee che verranno spinti più lontano possibile. Per esempio, rispetto al tema della meccanica si potrebbe cominciare col chiedere alla classe: "La parola



velocità cosa vi fa venire in mente?" per poi stimolare e in parte indirizzare, con domande successive e in base alle risposte date dagli alunni, il proseguo della discussione sull'argomento. Il risultato di questo scambio di idee sarà poi la costruzione di una *mappa concettuale* estremamente ramificata in cui si intersecheranno idee diverse e una grande quantità di collegamenti che resteranno in alcuni casi aperti, in attesa di altri momenti di discussione/sperimentazione per verificarne l'esattezza della collocazione. La finalità di tale procedimento è in parte la condivisione di idee in modo da stimolare la partecipazione e la collaborazione tra gli alunni e motivare in modo naturale l'intervento anche degli alunni meno partecipativi, in parte quella di dare una forma logica e visiva alla discussione, utile per la memorizzazione di alcuni concetti e la comprensione della consequenzialità delle azioni che verranno svolte nella programmazione.

Il *Problem Solving* è un'altra tecnica che permette agli studenti di scoprire e di acquisire, autonomamente, conoscenze e abilità nuove, con il ragionamento, l'applicazione e la ricerca. In generale permette di ricercare, descrivere, verificare la soluzione, quindi ben si adatta alla risoluzione di problemi fisico/matematici o anche di piccoli esperimenti.

L'applicazione del *Problem Solving* sperimentale migliora chiaramente la didattica delle scienze e della matematica, ma ha una maggior efficacia se associato al *Cooperative Learning* (o apprendimento cooperativo).

I presupposti teorici del *Cooperative Learning* si rifanno al pensiero di Vygotskij, in particolare sulla natura sociale dell'apprendimento. Il metodo dell'apprendimento cooperativo contribuisce a creare un contesto in cui gli allievi acquisiscono abilità di comportamento specificamente insegnate, dialogano in modo interattivo con i compagni, senza appesantimento della memoria a breve termine, e quindi apprendono in modo significativo. In genere viene applicato su piccoli gruppi e l'idea principale è che il gruppo sia un insieme di risorse di conoscenze e competenze e gli alunni sono considerati risorse da attivare in modo che l'apprendimento avvenga tramite lo scambio e la partecipazione delle persone coinvolte (Ianes e Cramerotti, 2013).

2.3 Sperimentazione, linguaggio e memoria

In questa esperienza è fondamentale includere nella costruzione/condivisione di concetti, esperienze fisiche di interesse quotidiano (es. come si comporta un corpo quando cade). L'uso di vari registri (verbale, visivo, motorio, interpersonale, ecc.) consente infatti di attivare potenzialità diverse con maggiori probabilità di coinvolgere chi apprende e di



favorire una memorizzazione stabile. La memoria non è una funzione unitaria ma esistono più memorie: una operativa a breve termine, una serbatoio a lungo termine, una semantica, ecc. (Baddeley, 1995) e ognuna di queste attiva diverse aree del nostro cervello. Inoltre le emozioni giocano un ruolo determinante nella loro interconnessione e quindi nei processi di apprendimento (Goleman, 1998) ai quali partecipiamo con tutto il nostro corpo "il corpo fornisce al cervello più che un puro sostegno e modulazione: esso fornisce la materia di base per le rappresentazioni mentali" (Damasio, 1995). È importante, quindi che, nelle esperienze proposte agli alunni, si pensi alla necessità di coinvolgerli sul piano percettivo- motorio e su quello emotivo creando le condizioni per attivare diverse potenzialità valorizzando stili e approcci attraverso la multi rappresentazione. In questo modo diventa possibile anche lo sviluppo delle competenze logico- linguistiche proprie della materia, che occorre costruire con metodo e con strategie metacognitive. Inoltre è importante aver presente che la matematica e la fisica utilizzano un linguaggio che usa in modo appropriato parole, simboli e strumenti. Quindi gli aspetti linguistici e non solo i risultati numerici sono fondamentali per cogliere il senso del ragionamento e le parole acquistano significato grazie anche alle esperienze condivise.

3. STRATEGIE INCLUSIVE PER ALUNNI BES

Durante l'esperienza di questi anni di insegnamento ho avuto sempre l'occasione di avere tra gli alunni di classe alunni BES (con Bisogni Educativi Speciali - CM 4/12/2009), in particolare DSA, ADHD, autistici di medio e alto funzionamento e alunni stranieri. Per questo motivo prevedo, nello svolgimento del progetto, di applicare le strategie e metodologie opportune in modo che le attività siano davvero un luogo privilegiato di partecipazione il più possibile attiva per questi alunni. Si terrà quindi conto di alcuni aspetti di pedagogia speciale importanti per una buona inclusione di alunni con le caratteristiche sopracitate, come *l'importanza dell'utilizzo delle immagini*. È dimostrato che la parte visiva gioca un ruolo rilevante nella trasmissione di informazioni. Le immagini possono garantire agli allievi un aiuto nel processo d'apprendimento, stimolando l'interesse e la motivazione e aiutando a dare un senso al contesto del linguaggio. "L'aforisma che l'immagine è meglio di mille parole non è mai stato così valido come al giorno d'oggi nella nostra società" (Goldstein, 2008). Oggigiorno risulta spesso più facile e più veloce comunicare ricorrendo all'uso di un'immagine, basti pensare ai cartelloni pubblicitari o agli "emoticon" utilizzati nel linguaggio delle chat.



Se le immagini per tutti costituiscono un concreto supporto alla miglior comprensione dei concetti e delle situazioni, in particolare nei *soggetti autistici* l'aiuto delle immagini per tradurre il linguaggio scritto e parlato è fondamentale, dato che il loro pensiero si basa su immagini invece che parole (T. Grandin, 2001). In questo contesto ben si inserisce l'utilizzo della LIM. Infatti *la lavagna interattiva*, favorendo l'apprendimento visivo, costituisce un utile strumento didattico in grado di rispondere alle esigenze di un grande numero di studenti, compresa la complessa galassia degli alunni con "bisogni educativi speciali" quali i casi di disabilità, gli studenti stranieri di recente immigrazione, gli studenti con DSA (esempio dislessia) ed ADHD (Ianes, Cramerotti, 2013)

In particolare l'uso delle LIM permettendo un ampio ricorso a risorse di tipo iconico, video e multimediale favorisce l'apprendimento in tutti gli alunni. In questo senso, diventa importante far utilizzare agli alunni altri strumenti quali videocamere e macchine fotografiche, in modo autonomo, stimolando la cooperazione all'interno dei gruppi di lavoro, favorendo l'instaurarsi di rapporti interpersonali anche con gli alunni BES.

Anche la *sperimentazione concreta* prevede momenti di collaborazione per la costruzione dei modellini sperimentali, utili allo scambio di idee e all'interazione tra gli alunni. Questi momenti potranno essere strutturati seguendo le indicazioni del cooperative learning (structural approach, learning together, ecc.) e del problem solving.

Inoltre l'utilizzo di *mappe concettuali* (possibilmente realizzate collaborativamente alla LIM) e i momenti di *brainstorming* rappresentano risorse preziose per gli alunni con difficoltà linguistiche e di concentrazione, infatti le mappe concettuali permettono di visualizzare i collegamenti logici in modo schematico e con parole chiave ed il momento della loro costruzione permette di slegarsi dalla modalità tradizionale di insegnamento che prevede regole ed atteggiamenti piuttosto rigidi e prolungati nel tempo (es. stare seduti composti e attenti) che per gli alunni per esempio con diagnosi di ADHD sono difficilmente sostenibili. Infine, anche l'utilizzo della tecnica di problem solving per la risoluzione di semplici problemi fisici utilizzando la LIM facilita gli alunni BES per diversi aspetti, dalla possibilità di tradurre il linguaggio e i contenuti della discussione in classe in punti schematici, alla possibilità di svolgere la lezione senza libro di testo e senza copiare in modo sterile dalla lavagna, dalla condivisione del proprio sapere in libertà, alla comprensione del punto di vista degli altri.



4. SPERIMENTIAMO TUTTI CON GALILEO

4.1 Contenuti specifici dell'unità di apprendimento

La scelta di affrontare lo studio del moto analizzandone uno in particolare si allinea in realtà con quanto esplicitato anche nelle Indicazioni Nazionali per il Curricolo (MIUR 2012): “Nelle scuole del primo ciclo la progettazione didattica, mentre continua a valorizzare le esperienze con approcci educativi attivi, è finalizzata a guidare i ragazzi lungo percorsi di conoscenza progressivamente orientati alle discipline e alla ricerca delle connessioni tra i diversi saperi ... Le scuole hanno la libertà e la responsabilità di organizzarsi e di scegliere l'itinerario più opportuno per consentire agli studenti il miglior conseguimento dei risultati”. In quest'ottica, i contenuti del percorso didattico, grazie anche all'analisi delle misconceptions riscontrate in bibliografia e esposte nell'introduzione, saranno i seguenti:

Aspetti storici: La caduta dei gravi secondo Aristotele e Galileo. Il piano inclinato e l'orologio ad acqua di Galileo.

La composizione del moto

Applicazioni di strumenti moderni per l'analisi del moto: Tracker

Rappresentazione legge oraria su piano cartesiano

4.2 Finalità e obiettivi del percorso

Uno degli obiettivi principali è facilitare lo studente nell'esplorazione del mondo circostante, per osservare i fenomeni e comprendere il valore della conoscenza, acquisire metodi, concetti ed atteggiamenti indispensabili ad interrogarsi, osservare e comprendere il mondo e misurarsi con l'idea di molteplicità, problematicità e trasformabilità del reale. Per questo l'apprendimento centrato sulle esperienze di laboratorio e l'approfondimento storico assumono particolare rilievo.

Un altro obiettivo è la traduzione dell'attività esperienziale nel linguaggio fisico specifico comprendendone gli aspetti matematici con la finalità di poter applicare le leggi apprese a situazioni problema.

L'utilizzo di strumenti informatici e multimediali ha la finalità di stimolare gli alunni ad un utilizzo appropriato di questi strumenti mostrando alcune delle loro possibili applicazioni.

Inoltre, l'utilizzo di strumenti informatici e delle strategie risolutive di gruppo hanno la finalità di creare momenti e opportunità concrete per l'inclusione degli alunni svantaggiati presenti in classe (Ianes, Cramerotti, 2013).



5. PROGRAMMAZIONE DEGLI INCONTRI

5.1 La caduta dei gravi

Il primo incontro prevede innanzitutto un *brainstorming* sul significato di moto stimolando la partecipazione degli alunni con domande e la visione di alcuni filmati. I filmati aiuteranno anche la generalizzazione del concetto di moto nell'immaginario degli studenti (es. non solo automobili in movimento ma anche il corpo umano). Ne approfitterei per far chiarezza rispetto al termine "corpo" in fisica inteso come oggetto generico. Una volta raccolte le prime impressioni cercherei con qualche domanda del tipo "Come si concretizza il moto?", "Cosa significa muoversi o fare un movimento?", "Quando un oggetto si muove cosa fa, cosa succede?", di far emergere alcuni aspetti salienti della meccanica: la velocità intesa come spazio percorso in un arco di tempo e il concetto di accelerazione, stimolando sempre il racconto di esempi concreti. A questo punto introdurrei la caduta dei gravi con la visione di un filmato che mostri diversi oggetti in caduta libera "Perché questi oggetti cadono? Si stanno muovendo da soli?" per introdurre il concetto di gravità e capire quali conoscenze ne abbiano gli alunni. Sempre attraverso esempi e i filmati visti cercherei di definire con gli alunni il concetto di forze e di attrito. "State andando in macchina e mettete una mano fuori dal finestrino. Cosa succede? Quindi se lascio cadere una palla dal tetto di una casa, quali sono le forze in gioco?" Il passo successivo sarà approfondire l'argomento dal punto di vista storico utilizzando la lettura di un "dialogo impossibile" in cui Einstein, Newton e Aristotele discutono i propri punti di vista sulla caduta dei gravi (tratto da "Albert Einstein: ingegnere dell'universo). Tale lettura permetterà di far riflettere i ragazzi su quando e come gli scienziati del passato abbiano iniziato ad interessarsi a tale argomento e sul fatto che ciò che sappiamo e studiamo ora è frutto di numerose esperienze, studi e tesi scientifiche fatte nell'arco del tempo e da numerosi scienziati.

Il docente, in un momento successivo, analizzerà preconoscenze, conoscenze, idee e preconcetti emersi, in modo da studiare preventivamente il modo più efficace per approfondire tali aspetti.

5.2 Costruzione della mappa concettuale condivisa

Nel secondo incontro verranno ripresi i concetti emersi dal brainstorming iniziale per costruire insieme al gruppo classe un mappa concettuale che aiuti ad organizzare in modo logico e consequenziale i temi portanti dell'argomento. Organizzerei il *lavoro a piccoli gruppi* in modo che ognuno di questi possa costruire una mappa utilizzando le parole chiave



e i concetti riassunti nella lezione precedente, ora a disposizione proiettati alla LIM. Stimolerei gli alunni con domande del genere “Come potremmo intitolare la nostra mappa?” Quali sono secondo voi gli argomenti principali?”, e così via.

Li stimolerei anche ad aggiungere eventuali nuove voci. Al termine del lavoro farei fare una presentazione alla classe per ogni gruppo in modo da *creare una mappa unica condivisa* da tutti gli alunni in cui lascerei anche le discussioni aperte (quelle in cui non si è arrivati ad una decisione univoca da parte del gruppo classe), segnalate con un punto di domanda, in modo che vengano risolte man mano nel corso degli incontri programmati.

5.3 Aristotele o Galileo?

In questo incontro proporrei una prima fase di sperimentazione indirizzata allo studio della caduta dei gravi introdotto dalla lettura di un brano di Galileo sull’argomento in cui, in una discussione tra due personaggi immaginari (Salviati e Simplicio), Galileo confuta le tesi di Aristotele secondo cui la velocità di caduta di un grave è direttamente proporzionale al peso. “Cosa pensate di quanto detto da Galileo?” “Chi ha ragione secondo la voi? Perché? Qual è la vostra esperienza?”. Proporrei poi la visione di più filmati per stimolare la discussione rispetto la relazione peso dell’oggetto/velocità di caduta. “Siete sicuri? Proviamo anche noi per vedere se quello che pensiamo è giusto?”. A questo punto organizzerei un *lavoro a piccoli gruppi* in cui i ragazzi sperimentino, cronometro alla mano, con palle di diverso materiale (precedentemente pesate) e poi con oggetti diversi, le affermazioni di Aristotele e Galileo.



Figura 4 Versione del piano inclinato costruita dal gruppo di storia e didattica della Fisica dell’Università di Oldenburg

Al termine avverrà *un momento di esposizione e riassunto in tabella dei dati raccolti* per poter fare alcune osservazioni. I dati non saranno precisi e ne approfitterei per riprendere il metodo scientifico e introdurre brevemente l’escamotage di Galileo per lo studio della caduta dei gravi: il piano inclinato.



5.4 Il piano inclinato

Introdurrei l'argomento dell'incontro con la lettura di un breve brano in cui Galileo descrive il piano inclinato e con la visione di un filmato in cui si riproduce l'esperimento. "Perché Galileo ha pensato al piano inclinato? Che differenza o similitudine c'è tra questo e lasciar cadere un oggetto?". La discussione farà emergere nuovamente il concetto di attrito "Quando, secondo voi, non c'è attrito? Provate a fare un esempio". Al termine farei un momento di raccolta delle impressioni e di cosa hanno compreso gli alunni rispetto a quanto visto e sentito. "Sapreste spiegare cosa voleva dimostrare Galileo con questo esperimento?" "Sono emersi termini nuovi? Ne conoscete il significato?". Come sempre sintetizzerei in semplici parole chiave quanto emerso, in attesa di completare il discorso dopo la sperimentazione. Proporrei poi ai ragazzi di costruire un modellino per la riproduzione del piano inclinato e poter osservare direttamente cosa succede. "Vi piacerebbe fare qualcosa come Galileo? Cosa potremo fare?" "Galileo ha utilizzato campanelli e orologio ad acqua. Noi come potremmo fare?". Utilizzando il metodo del problem solving ci si concentrerà sulla modalità di preparazione del modellino del piano inclinato e di orologio ad acqua, individuando il materiale necessario i gruppi di lavoro con rispettivi ruoli e mansioni.

5.5 Costruiamo piano inclinato e orologio ad acqua

L'incontro prevede un lavoro a gruppi per la realizzazione dei modellini del piano inclinato e dell'orologio ad acqua con materiale di recupero, in parte già predisposto dall'insegnante in modo da completare la realizzazione con successo. Ogni gruppo avrà un compito specifico da portare a termine utilizzando il materiale predisposto. Per la costruzione si prevede l'utilizzo di disegni in modo da facilitare il montaggio e far comprendere le proporzioni delle parti dei modellini, importanti per quando verrà fatto il lavoro specifico sul legame tra tempi di percorrenza e spazio percorso nel piano inclinato. Nodo fondamentale per la riuscita della ricostruzione e quindi dell'esperimento è suddividere il piano inclinato in tratti in modo che i tempi di percorrenza siano uguali in ognuno di essi. Per rendere possibile la misurazione del tempo nei diversi tratti

e verificarne la costanza è necessario creare un suono che



figura 5 Ricostruzione orologio ad acqua



permetta di capire quando la pallina giunge al termine di un tratto. Il suono di un campanello è uno degli stratagemmi possibili per compiere tale misurazione. Per semplificare il lavoro di ricostruzione e favorire la deduzione dei punti chiave delle scoperte di Galileo, i campanelli verranno posizionati dagli alunni lungo il piano inclinato in punti già predestinati, senza che ne conoscano il motivo. Con la sperimentazione, la raccolta dei dati e la loro rielaborazione, verranno condotti a dedurre la motivazione.

5.6 Sperimentazione e conclusioni sul piano inclinato

Dopo un breve momento riassuntivo delle osservazioni di Galileo e Aristotele rispetto la caduta dei gravi, i ragazzi, suddivisi in piccoli gruppi, sperimenteranno l'utilizzo del piano inclinato e dell'orologio ad acqua. Ogni ragazzo, all'interno del gruppo avrà un ruolo e un compito da svolgere: far partire la pallina, gestire l'apertura e chiusura del rubinetto dell'orologio, pesare l'acqua, cronometrare il tempo di percorrenza in base al suono dei campanelli, prendere nota dei dati misurati. L'indicazione data dall'insegnante sarà quella di prender nota di tutto quello che viene in mente a loro di osservare, ponendo attenzione a quanto detto da Galileo.

Dopo la sperimentazione ci sarà un momento di raccolta delle osservazioni fatte dai diversi gruppi. "Cosa avete notato/intuito? Avete notato qualcosa rispetto al suono dei campanelli?". Mi immagino qualche buona osservazione, ma in generale grosse difficoltà nel comprendere da subito gli aspetti chiave della sperimentazione (relazione spazio-tempo) per cui prevedo di far fare un ulteriore momento di prova chiedendo di prender nota della misurazione dei tempi nei diversi tratti del percorso in collegamento al suono dei campanelli. Al termine di questo ci sarà un momento di condivisione dei risultati riassunti in una tabella simile alla seguente con relativa analisi.

gruppo	Misura t Tratto 1 acqua	Misura t Tratto 1 Cronom.	Misura t Tratto 2 acqua	Misura t Tratto 2 Cronom.	Misura t Tratto 3 acqua	Misura t Tratto 3 Cronom.



“Notate qualcosa di particolare rispetto i tempi di percorrenza nei diversi tratti del percorso? Lo spazio percorso nei diversi tratti è lo stesso?” “Esiste un collegamento tra queste misurazioni?”. Farei quindi osservare che la lunghezza del primo tratto del piano si ripete nei tratti successivi come multiplo secondo la sequenza dei numeri dispari, in base a questo schema:

$$1^\circ \text{ tratto} = 1$$

$$2^\circ \text{ tratto} = 1+3$$

$$3^\circ \text{ tratto} = 1+3+5$$

Dall'analisi dei dati sarà possibile vedere la proporzionalità diretta tra spazio e quadrato del tempo, infatti

$$\text{quando } s = 1 = \mathbf{1^2} \qquad t = \mathbf{1}$$

$$s = 1 + 3 = 4 = \mathbf{2^2} \qquad t = \mathbf{2}$$

$$s = 1 + 3 + 5 = 9 = \mathbf{3^2} \qquad t = \mathbf{3}$$

$$s = 1 + 3 + 5 + 7 = 16 = \mathbf{4^2} \qquad t = \mathbf{4}$$

Quindi la lunghezza dei tratti è proporzionale al quadrato del tempo ed inoltre corrisponde al quadrato della sequenza dei numeri naturali. Galileo, pur vivendo in un'epoca in cui non esistevano cronometri precisi riuscì a ricavare la giusta correlazione tra spazio e tempo per il moto di un corpo in caduta libera.

Mostrerei poi loro l'odierna legge oraria del moto uniformemente accelerato $s = \frac{1}{2} a t^2$ in modo da poter osservare la corrispondenza tra quanto osservato e la legge derivata: in un moto uniformemente accelerato, in assenza di attrito (o comunque trascurabile) lo spazio percorso è direttamente proporzionale al quadrato del tempo impiegato per percorrerlo.

A seguire proporrei un video che mostra la caduta dei gravi in un tubo di vetro privo di aria e chiederei ai ragazzi le loro conclusioni rispetto a quanto sperimentato, letto e visto. Quanto emergerà verrà inserito nella mappa concettuale sulla caduta dei gravi, cercando, dove possibile, di colmare gli aspetti rimasti senza risposta nell'arco della programmazione.

5.7 Galileo e le palle di cannone

Utilizzando il piano inclinato costruito, biglie e macchinine, tornerei velocemente al concetto di forza per portarli a ragionare sulla composizione del moto: “Osserviamo cosa succede alla biglia. Perché scivola verso il basso?”, per arrivare a disegnare la scomposizione del moto nelle due componenti: quella che fa aderire la pallina al piano inclinato e quella che la fa procedere in avanti:

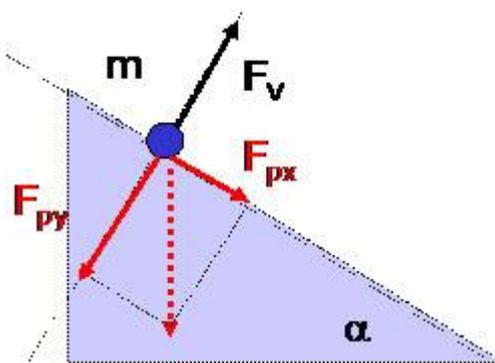


Figura 6 composizione moto in componente parallela ad asse x e componente parallela ad asse y

Stimolerei poi gli alunni raccontando loro che Galileo sosteneva che se si lasciasse cadere verticalmente una palla di cannone da una torre e contemporaneamente si sparasse con un cannone un'altra palla, queste cadrebbero al suolo contemporaneamente. Farei un breve brainstorming per raccogliere le loro idee rispetto all'argomento e proporrei il filmato dell'esperimento con il trampolino di Galileo. Nel filmato è effettivamente possibile vedere le due direzioni distinte del moto dopo l'urto tra due palline, una in discesa dal piano inclinato, l'altra ferma alla fine del percorso.



Figura 7 ricostruzione trampolino Galileo per osservazione composizione moto

La pallina in discesa, dopo l'urto cadrà verso il basso lungo una traiettoria verticale; quella ferma invece, dopo l'urto, cadrà verso il basso disegnando una traiettoria a parabola discendente. “Cosa voleva dimostrare Galileo con questo esperimento? Come possiamo collegarlo alla composizione del moto vista in precedenza?”. Sarà una sorpresa per i ragazzi



comprendere ciò che Galileo voleva dimostrare: un grave, lanciato orizzontalmente, descrive una traiettoria parabolica ottenuta come somma di due moti: quello orizzontale, inerziale dopo la spinta ricevuta (esplosione) e quello verticale dato dalla forza di gravità. Li farei poi ragionare sull'indipendenza dei due moti per arrivare a giustificare le conclusioni di Galileo rispetto l'esperienza delle due palle di cannone. Ne approfitterei per fare un breve inquadramento storico in modo da far comprendere come mai Galileo parlasse, nei suoi esempi, di palle di cannone, gittate, ecc. e di come i suoi studi fossero stati utili per determinare quale inclinazione avrebbe dovuto avere un cannone per ottenere la gittata massima del lancio. L'esperienza del trampolino e le conclusioni sulla composizione del moto potrebbero essere lo spunto per ulteriori approfondimenti, in particolare gli studi di Galileo sul principio di relatività.

5.8 Studio del moto accelerato con supporto software Tracker

In questo incontro i ragazzi utilizzeranno i filmati dei momenti di sperimentazione del moto (caduta libera delle palline e piano inclinato) per effettuare un'analisi più approfondita del moto uniformemente accelerato. A gruppi di due e con un computer a disposizione per ogni gruppo, verranno guidati alla costruzione della traccia del moto del corpo e vedranno come il software sia in grado di tradurre il movimento registrato in una "traccia", ossia un grafico sul piano cartesiano.

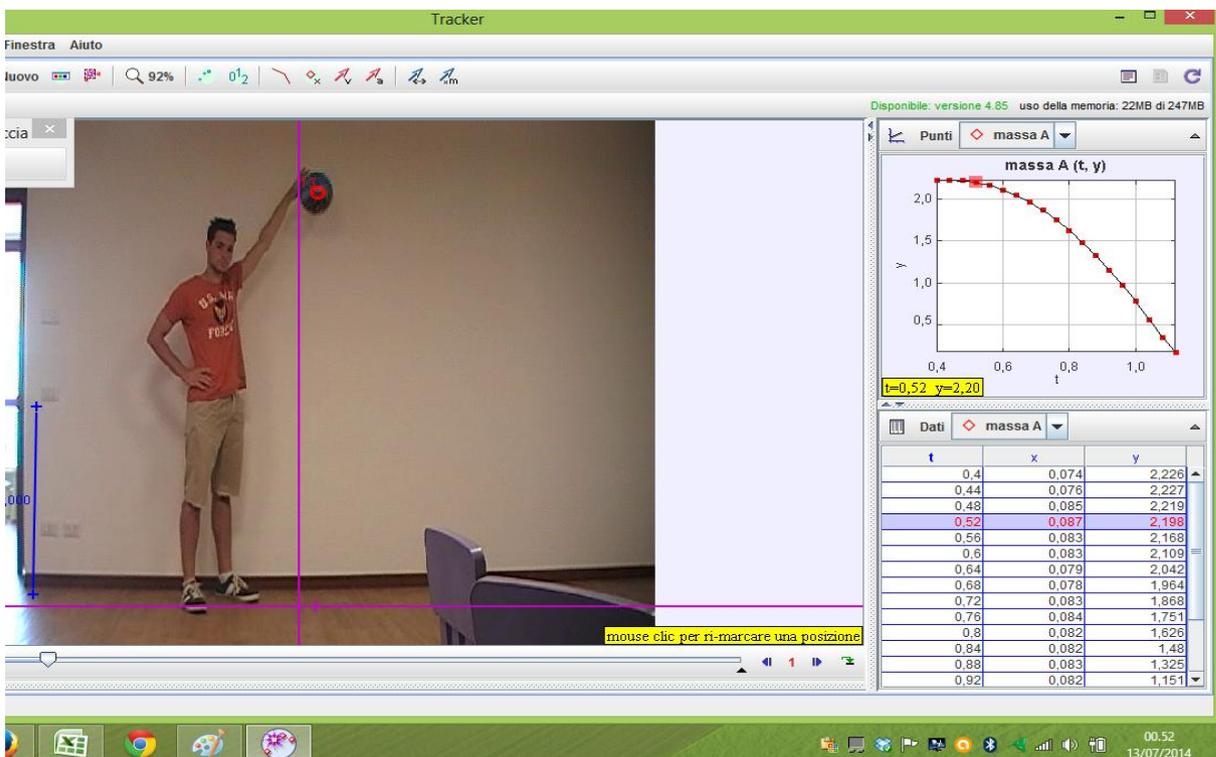


Figura 8 software Tracker per l'analisi del moto



Gli alunni potranno così realizzare dei grafici in cui viene resa visibile la relazione velocità/tempo e spazio/tempo e potranno provare, grazie alle possibili applicazioni del software, a mettere in relazione tra loro le varie componenti del moto (spazio, tempo, velocità, accelerazione) vedendo istantaneamente la realizzazione del grafico. L'attività permetterà quindi agli alunni di apprendere in modo pratico la costruzione e contemporaneamente la lettura dei grafici relativi al moto uniformemente accelerato.

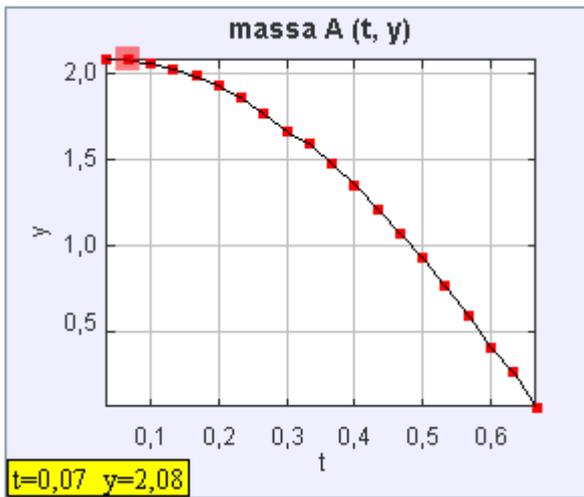


figura 9 grafico spazio-tempo rispetto all'asse y di un corpo con moto uniformemente accelerato, lasciato cadere dall'alto.

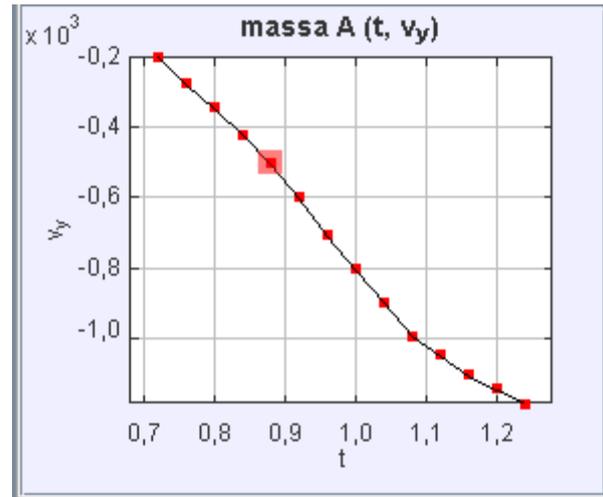


Figura 10 grafico velocità-tempo rispetto l'asse y di un corpo lasciato cadere dall'alto.

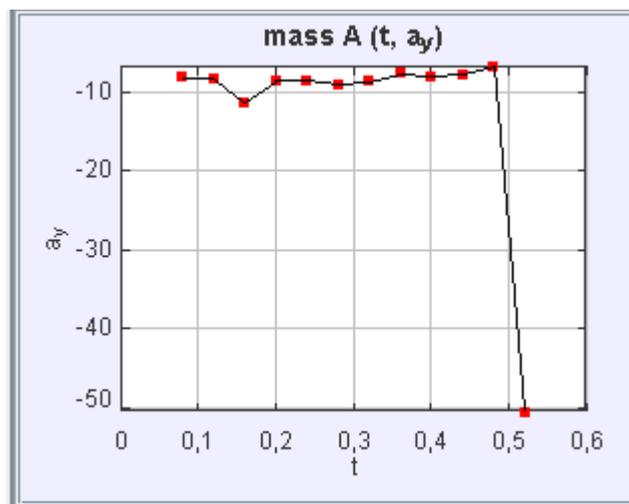


figura 11 accelerazione costante
andamento dell'accelerazione di una palla lasciata cadere. L'accelerazione è costante ed è negativa poiché la palla si muove in senso opposto all'asse y.



6. CONCLUSIONI

È importante ricordare che l'esperienza proposta non è mai stata svolta in classe dalla sottoscritta utilizzando tutte le modalità di insegnamento/apprendimento esposte. Come docente credo che lo svolgimento di un tale lavoro abbia come risvolti positivi un arricchimento esperienziale personale e la possibilità dell'instaurarsi di relazioni interpersonali diverse e più positive dovute alla stretta e continua collaborazione alunno/alunno e alunno/docente. È prevista, al termine del percorso, un'analisi dei risultati ottenuti rispetto le conoscenze acquisite, il livello di socializzazione e collaborazione della classe e quindi delle metodologie e degli strumenti utilizzati. La valutazione degli alunni sarà svolta tramite verifiche per quanto riguarda contenuti e concetti affrontati, ma avverrà anche una valutazione degli elaborati prodotti nel corso degli incontri (filmati, grafici al computer, risoluzione dei problemi, costruzione dei modellini) legata agli aspetti di collaborazione e di condivisione emersi nelle varie occasioni di confronto. Si cercherà di valutare inoltre se e in che modo le metodologie utilizzate abbiano influito nella risoluzione di eventuali dinamiche negative preesistenti all'interno del gruppo classe e quale sia stato l'effettiva ricaduta rispetto l'inclusione dei ragazzi BES. Tutti questi elementi valutativi serviranno a comprendere l'effettiva efficacia delle modalità e degli strumenti utilizzati per migliorare la progettazione della stessa unità didattica, oppure per la progettazione di un nuovo percorso in cui riversare tutta l'esperienza acquisita.



BIBLIOGRAFIA

Baddeley, A. J., & Van Lieshout, M. N. M. (1995). Area-interaction point processes. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 47(4), 601-619.

Bezzi, C., & Baldini, I. (2006). *Il brainstorming: pratica e teoria* (Vol. 1). FrancoAngeli.

Borghi L, De Ambrosis A, Mascheretti P. and Massara C I (1987). *Computer simulation and laboratory work in the teaching of mechanics* Phys. Educ. 22 117-121

Braga, M., Guerra, A., & Reis, J. C. (2012). *The role of historical-philosophical controversies in teaching sciences: The debate between biot and ampere*. *Science & Education*, 21(6), 921-934.

Damasio, H. (1995). *Human brain anatomy in computerized images*. Oxford university press.

De Beni, R., & Moè, A. (2000). Motivazione e apprendimento. *icon*, 39(051), 256011.

Dipartimento di Fisica Università di Pavia. A cura del gruppo di ricerca in didattica della fisica. *Caduta dei gravi*. [online] all'indirizzo <<http://fisica.unipv.it/didattica/CadutaGravi>>

Galilei, G. (1904). 1638. *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimenti locali*. Leiden: Elsevier.

Galilei, G. (1960). *On Motion, and On Mechanics: Comprising De Motu (ca. 1590)* (Vol. 5). University of Wisconsin Press.

Goleman, D. (1998). *Working with emotional intelligence*. Random House LLC

Grandin, T. (2006). *Pensare in immagini. E altre testimonianze della mia vita di autistica*. Edizioni Erickson.

Hale, P. (2000). Kinematics and graphs: Students' difficulties and cbls. *Mathematics Teacher*, 93(5), 414-417.

Heering, P. (2000). Getting shocks: Teaching secondary school physics through history. *Science & Education*, 9(4), 363-373.

Henshaw, C. L. (1950). Do Students Find History Interesting in Physical Science Courses?. *American Journal of Physics*, 18(6), 373-377.

Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (1996). *Apprendimento cooperativo in classe: migliorare il clima emotivo e il rendimento*. Edizioni Erickson.

Ianes, D. (2005). *Bisogni educativi speciali e inclusione: valutare le reali necessità e attivare tutte le risorse*. Edizioni Erickson.



- Ianes, D., Cramerotti S. (2013). *Alunni con BES. Bisogni educativi speciali*. Erickson
- Levi-Civita, T., Amaldi, U., & di Meccanica Razionale, L. (1984). Zanichelli. *Bologna1928. JFM54, 939*.
- McDermott L C, Rosenquist M L, Vanzee E H 1987 “*Student difficulties in connecting graphs and physics: examples from kinematics*” A.J.P. 55, 503-513
- MIUR Direttiva del 27 dicembre 2012 "*Strumenti di intervento per alunni con bisogni educativi speciali e organizzazione territoriale per l'inclusione scolastica*"
- Museo Galileo. Istituto e Museo di Storia della Scienza. Firenze (2010). *Opere e laboratori* [online] all'indirizzo <portalegalileo.museogalileo.it>
- PPP Pavia Project Physic. SILSIS *Corso di storia della fisica I* [online] all'indirizzo <<http://ppp.unipv.it/Silsis/Pagine/Corso1/Cors1Frm.htm>>
- Profumo, F. (2012). *Indicazioni nazionali per il Curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*. Roma,(MIUR).
- Renn, J. Albert Einstein Ingenieur des Universums: 100 Autoren für Einstein/Albert Einstein Chief Engineer of the Universe: 100 Au--thors for Einstein catalogo della mostra, Berlino-Pavia-Firenze--Bologna-Bari, maggio 2005-marzo 2006, Berlin, 2005; trad. it. *Albert Einstein ingegnere dell'Universo, a cura di F. BEVILACQUA*.
- Scala, S. (2010). La legge 8 ottobre 2010, n. 170 I disturbi specifici di apprendimento. *La dislessia e i disturbi specifici di apprendimento, 77*.
- Seeger, R. J. (1964). On Teaching the History of Physics. *American Journal of Physics*, 32(8), 619-625.
- Teixeira, E. S., Greca, I. M., & Freire Jr, O. (2012). The history and philosophy of science in physics teaching: A research synthesis of didactic interventions. *Science & Education*, 21(6), 771-796.
- The MAP PrOject. *The case of falling bodies project* [online] all'indirizzo <<http://ppp.unipv.it/map>>
- Tonzig, G. (2013). *Semplicemente fisica. Fraintendimenti, bugie, buchi neri nell'apprendimento scolastico della fisica*. Maggioli Editore.
- Vergara Caffarelli R. (2005). *Il laboratorio di Galileo Galilei* [online] all'indirizzo <<http://www.illaboratoriodigalileogalilei.it>>
- Vergara Caffarelli R a cura di (2004). *Galileo e Pisa*, Felici Editore, pp. 9-60
- Vergara Caffarelli R. (2009). *Galileo Galilei and motion. A reconstruction of 50 years of experiments and discoveries* Bologna, Berlin, Heidelberg, New York



Vygotskij, L. S., & Cole, M. (1980). *Il processo cognitivo*. Torino: Boringhieri.