



UNIVERSITÀ
DI TORINO



Dipartimento
Filosofia
e Scienze
dell'Educazione



Dipartimento
Fisica



Dipartimento
Matematica



Atti del XI Convegno Nazionale
di Didattica della Fisica e della Matematica
DI.FI.MA. 2023

Insegnamento e Apprendimento
della Matematica e della Fisica
nel periodo post pandemia

Torino, 11-12-13 ottobre 2023

A cura di:

Daniela Marocchi
Marta Rinaudo
Marina Serio



Ministero dell'Istruzione e del Merito
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte



Insegnamento e Apprendimento della Matematica e della Fisica nel Periodo post Pandemia

Atti del XI Convegno Nazionale di Didattica della Fisica e della Matematica, DI.FI.MA. 2023

A cura di D. Marocchi, M. Rinaudo, M. Serio

Responsabile del convegno: Ornella Robutti

Responsabili scientifici: Giulia Bini, Alessio Drivet, Giulia Ferrari, Tommaso Marino, Daniela Marocchi, Marta Rinaudo, Ornella Robutti, Carlotta Soldano, Ada Sargenti, Marina Serio, Germana Trincherò

Esperti Tecnici : Tiziana Armano e Filippo Cosma Liardi

Collane@unito.it

Università degli Studi di Torino

ISBN 9788875903206



Quest'opera è stata rilasciata con

[licenza Creative Commons Attribuzione – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale \(CC BY-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Disegno grafico: Maria Grazia Imarisio

Immagine di copertina: rielaborazione grafica di Elisa Gentile, collage di Marina Serio

*Atti del XI Convegno Nazionale
di Didattica della Fisica e della Matematica DI.FI.MA. 2023*

Insegnamento e Apprendimento della Matematica e della Fisica nel Periodo post Pandemia

Torino, 11-12-13 ottobre 2023

A cura di:
Daniela Marocchi, Marta Rinaudo, Marina Serio

Introduzione

Il XI Convegno Nazionale di Didattica della Fisica e della Matematica, svoltosi a Torino nei giorni 11-13 ottobre 2023, ha avuto come focus principale la riflessione sulle condizioni di insegnamento e apprendimento dopo la fase di pandemia, avviando una riflessione e condivisione di ciò che l'esperienza della pandemia ha insegnato, ad esempio dal punto di vista dell'uso didattico delle tecnologie. Si sono così evidenziate prospettive di sviluppo e di innovazione didattica.

Come di tradizione, la terza giornata è stata dedicata al GeoGebra Day.

Nelle sessioni plenarie si sono affrontati i diversi approcci epistemologici e didattici delle discipline STEM (*"Un punto di vista embodied alle discipline stem nel dialogo tra didattica della fisica e didattica della matematica: sensuous cognition e pensiero immaginativo-figurativo"*, *"Trovare un ordine nel disordine: breve guida allo studio dei sistemi complessi"*), nonché aspetti più prettamente didattici (*"Realtà virtuale e aumentata a scuola: strumenti e metodologie"*, *"La scienza dei dati e l'intelligenza artificiale in un innovativo curriculum liceale digitale e multidisciplinare"*, *"STEM all'aperto e online: attività con lo smartphone"*).

Il Convegno ha raccolto circa 300 persone, con la partecipazione di alcune scuole provenienti da fuori della Regione Piemonte.

Nelle prime due giornate sono stati presentati rispettivamente 15 comunicazioni per Matematica, 16 per Fisica e 13 comunicazioni interdisciplinari; 13 i workshop di matematica e 5 interdisciplinari. Nel GeoGebra Day e Altre Tecnologie, dopo la sessione plenaria, sono state presentate 6 comunicazioni e altrettanti workshop.

Il Convegno continua a rappresentare un momento importante di riflessione e condivisione di esperienze didattiche estese su tutto il percorso formativo a partire dalla scuola primaria fino ad arrivare alla scuola secondaria di secondo grado.

La pubblicazione on line degli Atti è fondamentale per mettere a disposizione di un ampio pubblico tutta la ricchezza delle esperienze didattiche che vengono presentate dai partecipanti al Convegno.

Sommario

PLENARIE	8
L'embodied cognition come punto di incontro tra discipline STEM: Sensuous cognition e pensiero immaginativo figurativo (Santi G., Corni F., Fuchs H.)	9
Trovare un ordine nel disordine: Breve guida allo studio dei sistemi complessi (Caselle M.)	23
La scienza dei dati e l'intelligenza artificiale in un innovativo curriculum liceale digitale e multidisciplinare (Strano G.)	26
Codifica di software di Realtà Aumentata ad hoc per il laboratorio di Fisica ed eventi di comunicazione (Rosi T., Onorato P., Oss S.)	30
STEM all'aperto e online: attività con lo smartphone (Taranto E.)	39
COMUNICAZIONI	50
WORKSHOP	303
Indice analitico degli autori	419

INDICAZIONE LIVELLO SCOLARE DELLE COMUNICAZIONI E DEI WORKSHOP

I	Scuola dell'Infanzia
P	Scuola Primaria
S_I	Secondaria I grado
S_II	Secondaria II grado
U	Università

Comunicazioni Matematica		
Autori	Titolo del contributo	Livello scolare
Adesso Maria Giuseppina, Capone Robeto, Fiore Oriana	Competenze matematiche e artefatti: un percorso nella scuola primaria analizzato con la teoria delle rappresentazioni semiotiche.	P
Borsoero Massimo, Moro Chiara	L'Apollonia della marmellata	P
De Giorgi Daniele, Casi Raffaele, Sabena Cristina	Il progetto FormArt: un'esperienza di educazione matematica informale al Museo d'Arte Contemporanea del Castello di Rivoli	P
Pera Elisa	Lo scoiattolo raccoglie le nocchie: osserviamo, contiamo e argomentiamo.	P
Ferrara Francesca, Ferrari Giulia, Lorenzo Anna, Tagliapietra Benedetta	Apprendimento cooperativo in contesto pre-algebrico: uno studio pilota nel progetto europeo PMATHS	P, S_I
Cerasaro Silvia	Le frazioni dinamiche	S_I, S_II
Scalambro Elena	Giornata della Memoria: proposte didattiche dalla storia delle STEM	S_I, S_II
Torre Matteo	Debate e didattica della matematica	S_I, S_II
Boscolo Alessandra, Morselli Francesca, Robotti Elisabetta, Quartara Simone	Promuovere il passaggio dall'aritmetica all'algebra. Un'analisi del ruolo dell'esempio in termini di razionalità	S_II
Jahier Matteo	Il problema di Monty Hall' - Una semplice introduzione al teorema di Bayes	S_II
Pancanti Stefania	La classe come "comunità di ricerca"	S_II
Quartara Simone, Morselli Francesca, Robotti Elisabetta, Boscolo Alessandra	DIVA al DIMA: un teaching experiment in ottica TRU. L'esperienza di un insegnante	S_II
Tallone Chiara, Carrino Stefania	Peer tutoring "inverso": coinvolgere e rendere protagonisti attivi gli studenti più fragili	S_II
Centomo Andrea	A Piday 3d lunch	S_II, U

Comunicazioni Fisica		
Autori	Titolo del contributo	Livello scolastico
Rinaudo Marta, Leone Matteo, Serio Marina, Giorda Cristiano, Tonon Marco	Il progetto "Flowing with the rivers" : fisica (e non solo) in modalità outdoor education	I, P, S_I
Bosia Chiara	Outdoor education e la fisica nella scuola primaria. Storia di un percorso alla scoperta della misurazione di lunghezze, tempo e velocità	P
Cerrato Giada	I moti apparenti del cielo notturno: la modellizzazione come metodo di indagine per i bambini della scuola primaria	P
Gazzera Chiara	Il laboratorio di fisica dall'aula al fiume. Un'esperienza di Outdoor Education sul galleggiamento nella scuola primaria	P
Camperi Aurora, Cirio Roberto, Ferro Arianna, Giordanengo Simona, Medina Elisabetta, Sacchi Roberto, Vignati Anna, Deut Umberto, Montalvan Olivares Diango Manuel, Fiorina Elisa, Pennazio Francesco, Mostardi Franco, Vallero Maria Beatrice, Cerello Piergiorgio, Ferrero Veronica, Rinaudo Marta	ESCAPE ROOM FISICA MEDICA – sblocca la scoperta della fisica in medicina	P, S_I, S_II, U
Amoroso Antonio, Rinaudo Marta, Leone Matteo, Serio Marina, Marocchi Daniela	Il museo di Fisica: strumento di ricerca didattica e storica	S_II
Bologna Valentina, Longo Francesco, La Mura Cristina, Piccoli Francesco	Cinematica Cooperativa: in-group problem-solving per superare gli effetti post-pandemici	S_II
Borgognone Roberto	Un'esperienza di cooperative learning e peer tutoring sui principi della dinamica	S_II
Cane Daniele, Giudici Laura	La Fisica del cambiamento climatico	S_II
Lacarbonara Mariangela, Marocchi Daniela, Rinaudo Marta, Serio Marina	Percorsi sperimentali alla scoperta della carica dell'elettrone	S_II
Marocchi Daniela, Serio Marina, Pace Francesco	Il percorso di ingresso alla Scuola di Scienze della Natura	S_II
Marocco Federica, Gentile Elisa, Viterbo Michelangelo	"Ricercatori all'opera": un percorso PCTO per sperimentare e imparare a realizzare esperienze di laboratorio	S_II

Comunicazioni interdisciplinari		
Autori	Titolo del contributo	Livello scolastico
Piccione Andrea	Intelligenza Artificiale e leggi fisiche	P, S_I, S_II
Baldi Barbara, Nardacchione Antonella	Rosalind Franklin e il DNA: un percorso per orientare alle STEM superando gli stereotipi di genere.	S_I
Baldi Barbara, Piccione Andrea	Meteo Open Data @ Santarosa	S_I
Ciaschini Katuscia	Progetto STEAM: "una tavola fanta-scientifica"	S_I
Alluto Giulio	Gamification e Inquiry nella didattica delle scienze naturali: esempi di attività.	S_I, S_II
Pecchio Paola, Marino Tommaso	La Natura fa scuola. Un proposta per la secondaria di primo e secondo grado.	S_I, S_II
Galante Dino, Marino Tommaso, Andrea Piccione, Luca Caffaratti, Francesca Galeno Mellucci	Intelligenza artificiale e problemi di fisica e matematica	S_II
Monaco Carmine, Cucchi Osano Maura, Giraudi Cristina, Zamblera Ferdinando	Numeri, legioni e squadrette. Laboratorio didattico per misurare la realtà	S_II
Paschetta Enrico	equazioni di secondo grado e velocità di reazione. La validazione di un modello scientifico	S_II
Torre Matteo, Davico Alessandro	Galileo con Arduino: approccio STEM a un'esperimento scientifico storico	S_II
Eugeni Daniele, Grosso Paolo	Vettori con la realtà aumentata	S_II, U

Workshop Interdisciplinari		
Autori	Titolo del contributo	Livello scolastico
Piccione Andrea, Bonino Raffaella	Intelligenza Artificiale e analisi di dati astronomici	S_I, S_II
Manolino Carola, Piroi Margherita, Armano Tiziana, Ducci Mattia, Funghi Silvia, Bernareggi Cristian, Brunetto Erika	La sonificazione dei grafici di funzione con Audiofunctions 2.0	S_I, S_II, U
Palma Antonella, Dragone Luca	La fisica dei galleggianti secondo Archimede con le Classi GeoGebra	S_II
Tomassi Laura	Non sfugga il movimento...	S_II
Pollani Lorenzo, Branchetti Laura, Morselli Francesca	Attività di analisi di libri di testo con il Family Resemblance Approach: un'occasione per riflettere sull'interdisciplinarietà tra matematica e fisica	U

Workshop Matematica		
Autori	Titolo del contributo	Livello scolastico
Bagossi Sara, Ferretti Federica, Soldano Carlotta, Taranto Eugenia	Esplorare la covarianza con il tracciatore fisico e digitale	P
Bellò Gianna, Pusceddu Chiara, Staffieri Caterina, Gasperin Riccardo, Cedrino Patrizia	Attività di sviluppo del pensiero proporzionale in ambiente immersivo di gioco: Minecraft Education	P, S_I
Piroi Margherita, Casi Raffaele, Sabena Cristina, Soldano Carlotta	Immaginare e visualizzare: la geometria nello spazio senza e con la realtà virtuale	P, S_I, S_II
Dragone Luca, Tossini Daniela	Da zero a Eulero: poliedri e grafi a scuola.	S_I
Aebischer Tullio	La costruzione euclidea per punti della Retta dei Numeri con GeoGebra	S_I, S_II
Cerrato Rossella, Monformoso Lara, Ascrizzi Martina	Danza, musica e matematica: una sinergia vincente per l'apprendimento	S_I, S_II
Manassero Marta, Di Giorno Michelangela, Adrovic Madlena	Giochiamo a Set con la matematica	S_I, S_II
Tallone Chiara, Alocco Ilenia, Carrino Stefania, Cavallera Laura, Durando Chiara, Isoardi Giorgia, La Paglia Luisa, Zamboni Francesca	Matepraticamente post-pandemia: tra TIC e materiali poveri per una didattica più inclusiva	S_I, S_II
Andriano Valeria, Doveri Andrea, Marchi Gloria, Polito Luigi, Porta Paola	Geometria analitica 3D con la scatola da scarpe	S_II
Troilo Federica, Bernardi Maria Lucia, Capone Roberto, Faggiano Eleonora	Parabolografi e GeoGebra per costruire competenze nel laboratorio matematico	S_II
Drivet Alessio	Modellizzare il Covid	S_II, U

CINEMATICA COOPERATIVA: *IN-GROUP-PROBLEM-SOLVING* PER SUPERARE GLI EFFETTI POST-PANDEMICI

Valentina Bologna⁽¹⁾, Cristina La Mura⁽²⁾, Francesco Longo⁽¹⁾, Francesco Piccoli⁽³⁾

(1) Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Trieste, Via Alfonso Valerio 2, 34127, Trieste, Italia

(2) Liceo Scientifico Internazionale, Educandato Statale Collegio Uccellis, Via Giovanni da Udine 23, 33100, Udine, Italia

Abstract. Per superare gli effetti causati durante il periodo pandemico dall'isolamento sociale, dalla distanza relazionale e dall'assenza di interazioni tra pari (Porru et al., 2022), abbiamo proposto durante le lezioni di Fisica agli studenti di una classe seconda di un Liceo Scientifico Internazionale un periodo didattico caratterizzato dall'utilizzo prevalente del *team-group working* (Stamovlasis et al., 2006). L'obiettivo pedagogico-educativo ci ha permesso di favorire la costruzione di un ambiente di apprendimento dove gli studenti sperimentavano e condividevano il ruolo e la potenzialità sociale del "fare scienza insieme" (Sin, 2014), promuovendo così il benessere nel processo di costruzione della conoscenza (Brookes et al., 2020). Abbiamo cercato di sviluppare l'aspetto sociologico dell'apprendimento della cinematica unidimensionale coinvolgendo gli studenti nella risoluzione di situazioni problematiche "non standard" (Etkina et al., 2019), secondo le tipologie di esercizi e problemi tipici dell'approccio didattico ISLE (Investigative Science Learning Environment; Etkina et al., 2019). Si tratta di dieci tipologie di esercizi/problemi "non convenzionali" che promuovono lo sviluppo di competenze scientifiche piuttosto che la mera verifica di conoscenze come i problemi tipicamente richiedono. La caratteristica principale di queste tipologie di problemi è quella di focalizzare le richieste sulla rappresentazione della situazione fisica in esame facendo uso di diversi linguaggi disciplinari, secondo il riferimento teorico delle Rappresentazioni Multiple (Van Heuleven, 1991; Ainsworth, 1999), attivando in tal modo processi di ragionamento scientifico (induttivo, analogico e ipotetico/deduttivo – Osborne et al., 2018). Alcune tipologie inoltre potenziano l'aspetto epistemico generativo di conoscenza (Brookes et al. 2020), come il "progetta un esperimento" o "problemi basati su dati reali". Tra le tipologie più interessanti, gli studenti hanno apprezzato quella denominata "Jeopardy" (Van Heuleven & Maloney, 1999). Ai gruppi veniva proposta una situazione fisica rappresentata in linguaggio matematico o grafico o vettoriale e il problema era ricostruire il fenomeno che aveva quella rappresentazione come descrizione. La valutazione molto positiva degli apprendimenti e del percorso didattico effettuato ci conferma che l'apprendimento cooperativo è una strategia vincente quando vengono proposte attività che ne valorizzano realmente l'efficacia.

Parole – chiave: team-group working, Investigative Science Learning Environment (ISLE), Jeopardy

INTRODUZIONE

L'Investigative Science Learning Environment, in ciò che segue ISLE - "ambiente di apprendimento investigativo della Scienza" - è un metodo didattico sviluppato a partire dal 1982 dalla Professoressa Eugenia Etkina della Rutgers University e, nel corso degli anni, arricchito dai contributi di Alan Van Heuleven, David Brookes e Gorazd Planinšič. Negli ultimi decenni, questa proposta è stata favorevolmente accolta dalla comunità dei docenti, soprattutto negli USA e in altre nazioni, ma la pratica didattica a tutt'oggi non è ancora consueta. È rilevante osservare che gli studi a riguardo sono numerosi e gli ideatori e sviluppatori dell'ISLE stanno cercando di renderne sempre più trasversale l'utilizzo, invitando a sperimentarlo in diversi indirizzi di studio della Scuola Secondaria di Secondo Grado e finanche in seno a diverse Facoltà Universitarie, così da raccogliere anche una maggior quantità di dati che possano confermarne la validità.

Il caso di studio qui presentato vede ISLE proposto in una classe seconda del Liceo Scientifico Internazionale annesso all'Educandato Statale "Collegio Uccellis" di Udine.

Le studentesse e gli studenti coinvolti hanno sofferto dell'isolamento sociale durante il periodo pandemico, avendo frequentato il terzo anno della Scuola Secondaria di Primo Grado in regime di lock-down, soggetti, dunque, alla totale assenza di interazioni tra pari e nell'impossibilità di vivere e condividere la fisicità come parte dell'apprendimento. Lo studio ha avuto la durata di otto settimane, nell'A.S. 2022/2023, durante le quali si è prevalentemente promosso il *team-group working* (Stamovlasis et al., 2006) focalizzandosi sulla formulazione di esercizi riguardanti la Cinematica dei corpi, proponendo agli alunni dei problemi strutturati in modo differente rispetto a quelli solitamente presenti nei libri di testo adottati in Italia; nel caso di studio il testo in adozione è "La realtà e i modelli della Fisica" di James S. Walker, edizione Pearson.

Gli esercizi presentati alla classe sono ispirati dal seguente: "College Physics: Explore and Apply, 2nd Edition" di Etkina, Planinšič e Van Heuvelen (edizione Pearson) e sono stati funzionali ad implementare alcune caratteristiche tipiche dell'ISLE con l'obiettivo di mostrare l'approccio ISLE e la sua efficacia nel porre i discenti al centro dell'attività didattica e non relegarli al ruolo di utilizzatori seriali di procedure presentate come uniche e supreme.

In tal modo si intende rilevare una sensibile variazione nel modo in cui il discente espone il problema (modifica del linguaggio), ma anche un cambio di prospettiva rispetto alle richieste (variazione del focus per lo studente), oltre che promuovere lo sviluppo di una nuova *forma mentis* atta alla risoluzione.

APPROCCIO ISLE

Senza la pretesa di entrare nel dettaglio degli studi di neuroscienze relativi all'apprendimento, si vuole ricordare che fin dalle prime teorie pubblicate dai neuroscienziati, traspare che, a livello della corteccia cerebrale, le informazioni vengono immagazzinate in sistemi neuronali ramificati. Quando si apprende una nuova nozione, questa viene archiviata tramite una classificazione "per somiglianza", associandola a reti preesistenti di neuroni. Secondo J. Zull (2002), un processo di apprendimento è proficuo se si vive un ciclo di esperienze concrete: osservazioni, ipotesi astratte e sperimentazioni attive. Ciò suggerisce il ricorso a un approccio didattico che consenta agli alunni di avvicinarsi a nuovi argomenti facendo leva su conoscenze già consolidate in precedenza, ricorrendo poi ad attività concrete di analisi dei fenomeni, ragionando attivamente su quanto osservato. Inoltre, non si può trascurare la forte interconnessione tra nuove conoscenze ed emozioni: una grande quantità di sostanze chimiche (ormoni) quali adrenalina e dopamina, per citare alcune delle più note, modifica la risposta dei neuroni e la solidità strutturale delle sinapsi. Dunque, risulta produttivo realizzare un "contesto classe" in cui gli alunni si sentano liberi di esprimersi senza temere il giudizio dell'insegnante, e in cui sia permesso loro di sentirsi spesso appagati perché capaci di risolvere con successo degli esercizi. Tutto ciò beneficia anche del grado di interesse dei discenti: più sono incuriositi dagli argomenti trattati e più i loro neuroni saranno stimolati e formeranno connessioni (e quindi l'apprendimento sarà maggiormente incisivo).

L'approccio ISLE propone una procedura pedagogica che cerca di soddisfare i bisogni dei discenti senza incutere in essi sentimenti di timore e inadeguatezza e conseguente frustrazione rispetto alla disciplina Fisica.

Innanzitutto, ogni unità concettuale (che di norma corrisponde ad un capitolo del libro) comincia con un esperimento osservativo, che il professore mostra agli studenti: si può attuare concretamente in classe, o in laboratorio, oppure può essere visualizzato tramite video, se il setup strumentale è troppo complicato.

Tale esperimento dovrebbe riferirsi a fenomeni ritenuti quotidiani dai ragazzi; in questo modo può diventare interessante per loro e può attivare la loro curiosità. In questa fase, gli alunni sono invitati a descrivere verbalmente - con il loro linguaggio e quindi a partire dalle loro conoscenze pregresse e dalle loro idee intuitive - quanto vedono. Una volta divisi gli alunni in gruppi, lo step successivo è quello della raccolta dati relativa a quanto osservato. L'insegnante può aiutare gli studenti suggerendo loro in che modalità registrarli (se con tabelle, grafici, ecc...), così da facilitare il passaggio seguente, che consiste nella ricerca di schemi (*pattern*) ricorrenti ripetuti all'interno dei dati ottenuti. Dunque, ai ragazzi non viene presentata una Fisica *ready-made*, con formule prima enunciate e poi spiegate, ma sono loro stessi, in prima persona, a mettere le mani in pasta e a ragionare sul fenomeno fisico di

partenza, senza sapere già la soluzione. A questo punto, i discenti elaborano delle ipotesi (che corrispondono a delle spiegazioni qualitative del fenomeno in esame e/o a dei modelli matematici che legano le quantità in gioco), sulla base delle quali sono poi incoraggiati a progettare degli esperimenti di test. Così, essi testano le loro predizioni, formulate esclusivamente a partire dalle ipotesi avanzate in precedenza, confutandole o confermandole sperimentalmente. Durante questo processo, il professore deve stare attento a non sbilanciarsi circa la correttezza delle ipotesi sviluppate dagli alunni, lasciando che siano loro a scoprire se siano sbagliate o imprecise, non subendo quindi il giudizio da parte del docente.

Nel caso in cui l'esperimento di test confermi l'ipotesi, allora se ne possono ideare altri, per corroborare la teoria, e infine si può procedere con degli esperimenti applicativi (anche per questo motivo è preferibile che l'esperimento osservativo sia tratto da situazioni di vita quotidiana).

Se invece quanto formulato dai ragazzi viene smentito dai loro stessi test, allora possono cercare di correggere le loro congetture, ponendo il focus su tre aspetti fondamentali: prima di tutto, si revisiona il processo di raccolta dati, accertandosi che siano stati ottenuti in modo opportuno; poi, si può migliorare il setup strumentale, magari adoperando strumenti di misura più accurati; da ultimo, si può avanzare una differente spiegazione del fenomeno osservato.

Tutto ciò si può ripetere diverse volte, dando vita ad un vero e proprio "processo investigativo" - che molto somiglia al metodo utilizzato dalla comunità scientifica. L'approccio ISLE è presentato nel seguente work flow (Figura 1):

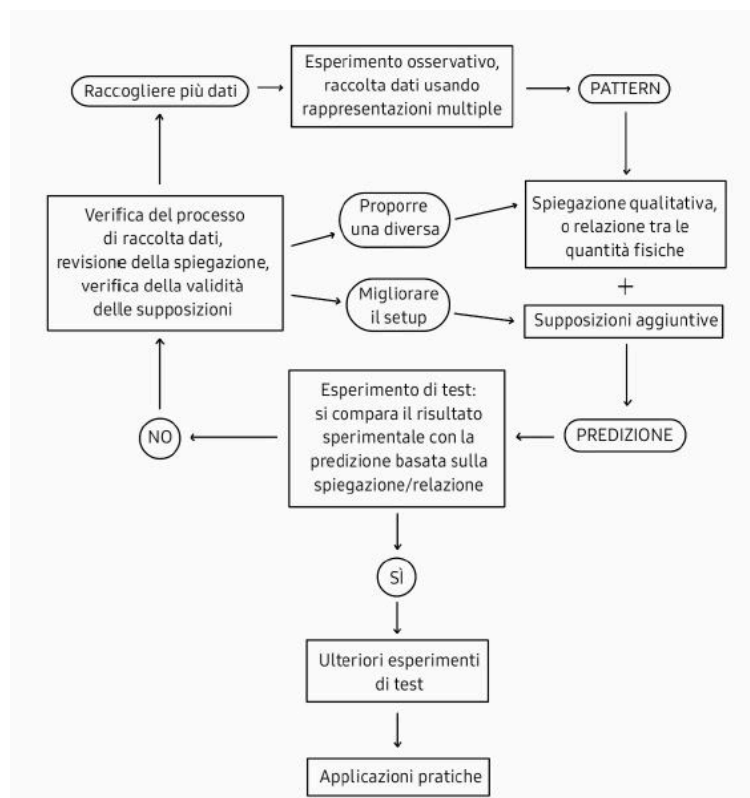


Figura 1. Diagramma che riassume il processo ISLE.

È opportuno qui evidenziare il ruolo cruciale del *team working* promosso dalla didattica basata su ISLE: gli alunni interagiscono tra pari, confrontandosi ed esercitandosi a sostenere le proprie opinioni, imparando a collaborare in un ambiente che risulta molto più fertile per l'apprendimento, siccome il docente diventa per loro un conduttore attraverso i vari step, piuttosto che un giudice che ne corregge gli errori. Inoltre, l'importanza data alle rappresentazioni multiple permette al discente di esprimere le

nuove informazioni acquisite nella forma a lui più congeniale e, al contempo, le raffigurazioni utilizzate dai suoi compagni di gruppo lo aiutano a capire più in profondità. Numerosi studi hanno dimostrato che i discenti che imparano nuovi argomenti in un ambiente didattico che si serve delle rappresentazioni multiple sono meno condizionati dal modo in cui un esercizio viene presentato, perché abituati a risolvere diversi tipi di richieste.

Così procedendo, gli studenti fanno propria l'idea che uno stesso fenomeno può essere descritto in tanti modi diversi e nel futuro, a seconda del problema che si troveranno ad affrontare, potranno avvalersi del metodo risolutivo che considerano più efficace.

ESERCIZI ISLE-based

La didattica ISLE-based si adatta anche alla fase di esercitazione e svolgimento dei problemi di consolidamento delle conoscenze, infatti, con l'intento di applicare *in itinere* le nozioni e sperimentarle in modo più concreto, gli esercizi e i problemi diventano parte delle stesse lezioni; in alternativa per introdurre un argomento si può ricorrere a certi esercizi che vengono quindi identificati come un primo avvicinamento all'argomento, catturando così l'attenzione dei ragazzi e ponendoli di fronte ad un problema del quale non conoscono la soluzione. In questo modo saranno sin da subito coinvolti nell'attività presentata loro. Uno dei propositi degli esercizi ISLE-based è quello di disincentivare la prassi, solitamente adottata, di iniziare la risoluzione di un esercizio cercando la formula migliore da adoperare, senza nemmeno aver letto attentamente il testo e capito a fondo la situazione descritta.

Per implementare le caratteristiche dell'ISLE e consentire ai ragazzi di potenziare le loro capacità di problem solving, di pensiero critico e di comunicazione, gli sviluppatori dell'approccio hanno ideato dieci tipologie di esercizi. Ognuna di queste ha uno o più obiettivi peculiari – per dettagli dei quali si rimanda alle seguenti voci - e si serve di diversi strumenti, prima fra tutti la rappresentazione multipla, che verrà esaminata nel caso specifico della Cinematica nel prossimo capitolo.

CASO DI SPERIMENTAZIONE DIDATTICA

Lo studio condotto nella classe seconda del Liceo Scientifico Internazionale coinvolta ha visto la progettazione e lo svolgimento di otto lezioni di esercizi ISLE-based – applicando le dieci tipologie previste - riguardanti i concetti e le grandezze fisiche tipici della Cinematica (Figura 2).



Figura 2. Schema completo delle tipologie di esercizi ISLE-based e QR-code di rimando ad una dettagliata descrizione di ciascuna tipologia.

La scelta della Cinematica è stata suggerita dalla necessità di consolidare le conoscenze relative alla natura vettoriale della velocità e dell'accelerazione, specialmente per mezzo dei diagrammi del moto, le

cui caratteristiche sono state anticipate agli alunni. L'interesse particolare rivolto a questi argomenti risulta fondamentale soprattutto come introduzione alla Dinamica e allo studio delle forze legate alle accelerazioni tramite la Seconda Legge di Newton.

Altro obiettivo, non secondario, è stato quello che i discenti imparassero le relazioni più importanti tra spazio, tempo, velocità e accelerazione nei casi dei moti rettilineo uniforme ed uniformemente accelerato.

La compagine degli studenti è stata suddivisa in quattro gruppi; per ciascuna attività i membri dei gruppi variavano, al fine di permettere ad ogni ragazzo di vivere le dinamiche del team working con più persone possibile, nell'arco di tutto l'approccio ISLE. La divisione in quattro gruppi era funzionale ad un lavoro cooperativo in cui tutti i partecipanti avessero l'opportunità di esprimersi e di essere ascoltati dai compagni, interagendo attivamente.

Per ciascuna tipologia le schede di esercizi sono state consegnate a ciascun gruppo; al termine di ciascun problema, i singoli gruppi di lavoro sono stati invitati a condividere con gli altri il loro ragionamento, cercando di motivare le loro scelte.

Gli esercizi ISLE-based hanno inciso sul processo di apprendimento principalmente nel modo in cui i problemi sono stati presentati agli studenti. Infatti, a differenza degli esercizi di norma proposti dal libro di testo in uso, quelli inventati per le otto lezioni si sono serviti abbondantemente delle rappresentazioni multiple (diagrammi del moto, grafici, sketch e rappresentazioni in linguaggio matematico), sia nella posizione di un problema che nel richiedere una soluzione.

Gli studenti sono stati letteralmente "rapiti" dai *Jeopardy – problems* basati sulla tipologia Jeopardy che sorprende poiché invita a procedere nella direzione contraria a quella comunemente presentata dagli esercizi tradizionali. Invece di descrivere verbalmente una situazione e richiedere di ottenere, mediante una formula, qualche risultato relativo ad essa, si parte da una relazione numerica, da un grafico, da un diagramma del moto o da disegni e inventare un testo di cui essi siano una rappresentazione possibile: è un lavoro creativo innanzitutto, molto fantasioso, ma non banale poiché si richiede attinenza alla realtà fisica. I discenti si sentono sereni e stimolati, non percependo un'imposizione rigida da parte del problema (e quindi, indirettamente, dell'insegnante). In questo modo, poi, approfondiscono il significato fisico delle leggi matematiche e delle raffigurazioni astratte, evidenziando il substrato legato alla realtà. Si può inoltre migliorare la comprensione delle unità di misura e il loro valore.

Questa tipologia è di sicuro una di quelle che aiuta maggiormente gli alunni a tradurre i concetti fisici in più rappresentazioni: scoprire che uno stesso fenomeno può essere descritto in tanti modi diversi e riuscire a passare rapidamente da uno all'altro avvicina i ragazzi ad una comprensione profonda e robusta. In particolare, i *Jeopardy problems* assicurano che gli studenti non risolvano un esercizio esclusivamente tramite l'uso di una formula, anzi: sono costretti a dare un significato alle grandezze presentate e a destrutturare il problema per carpirne il substrato fisico. Volendo ricercare delle parole chiave per identificarne le caratteristiche si potrebbero elencare le seguenti: *scrivi, inventa, ricostruisci, traduci, rappresenta*.

LIVING JEOPARDY

Il lavoro con la classe è stato sempre organizzato presentando un'attività Jeopardy da svolgere durante la lezione e assegnandone una come compito da svolgere autonomamente a casa da parte di ciascuno Studente.

In aula sono stati proposti due esercizi che illustravano delle situazioni fisiche con modalità diverse: si desiderava che, tramite l'uso di rappresentazioni multiple, gli studenti avessero l'opportunità di approfondire le relazioni tra le diverse raffigurazioni di un fenomeno, intuendone l'equivalenza. In aggiunta, come da caratteristica di questo tipo di problemi, uno degli obiettivi era concedere loro ampia libertà, in fase di elaborazione del testo, assecondando la loro fantasia, purché la situazione descritta fosse coerente con la formula o il diagramma di partenza.

Di seguito si riportano i due esercizi proposti.

Jeopardizing esercizio 1

Il punto di partenza per la creazione del testo del primo esercizio consisteva in un diagramma del moto che rappresentava un rallentamento a decelerazione non costante e più intensa inizialmente (Figura 3a).

TESTO dell'ESERCIZIO:

“A partire dal diagramma del moto riportato qui sotto, inventate il testo di una situazione che può essere descritta da esso. Cercate di pensare a una situazione plausibile in base all'intensità dei vettori velocità e dei vettori differenza di velocità.”

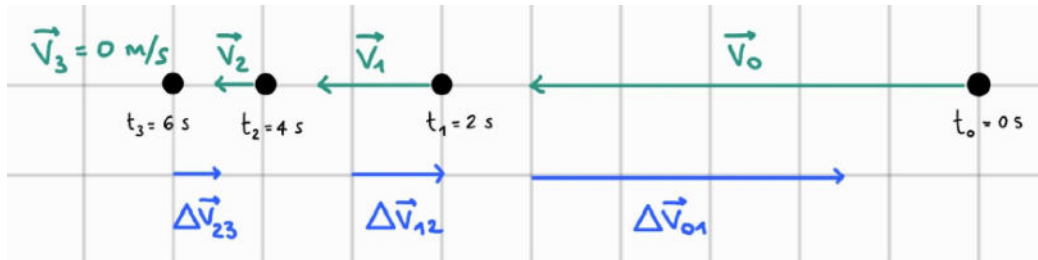


Figura 3a. Diagramma del moto dell'esercizio 1

Le reazioni dei quattro gruppi composti dalle studentesse e dagli studenti a questa proposta sono riassunte nel seguito:

- tutti i gruppi hanno inizialmente trascurato i vettori differenza di velocità, concentrandosi esclusivamente sull'intensità decrescente dei vettori velocità;
- un gruppo ha provato a quantificare le velocità, assumendo che un quadretto della figura corrispondesse ad un metro;
- pur avendo compreso che la velocità diminuiva al passare del tempo, due gruppi non hanno poi inserito questa considerazione nel testo dell'esercizio che hanno proposto.

Dapprima, un gruppo ha pensato ad un esempio in cui l'accelerazione iniziale era piccola e in seguito aumentava ("macchina che rallenta piano vedendo il semaforo rosso e poi frena di più per via di un gatto che attraversa la strada"); sono stati accompagnati nel comprendere che la situazione descritta dal diagramma del moto poteva essere quella opposta.

Successivamente, è emerso un dubbio condiviso circa l'avverbio che meglio potesse descrivere questa diminuzione dell'accelerazione: "Rallenta gradualmente oppure progressivamente?". Si è ragionato su questi termini, concludendo che la risposta più opportuna potesse essere "rallenta progressivamente", specificando tra parentesi "l'accelerazione diminuisce sempre di più". In Figura 3b un esempio di testo proposto.

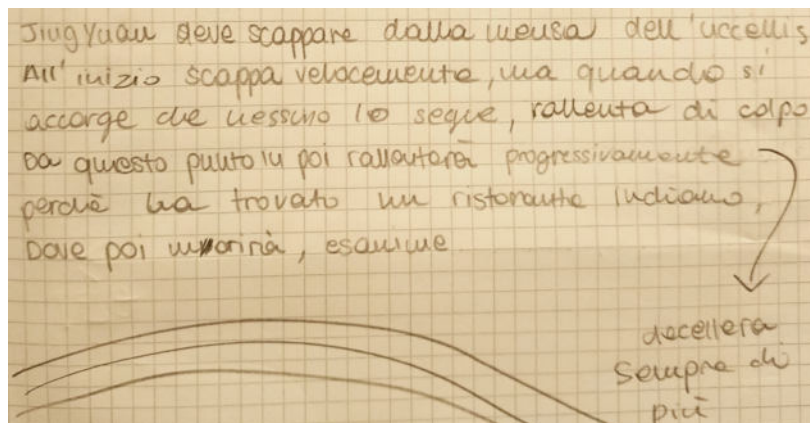


Figura 3b. Uno scenario immaginato per l'esercizio 1

Jeopardizing esercizio 2

Il punto di partenza per la creazione del testo del secondo esercizio consisteva in una rappresentazione in linguaggio matematico concernente la legge oraria della posizione.

TESTO dell'ESERCIZIO:

"A partire dalla formula

$$x(t)[m] = 14 \left[\frac{m}{s} \right] + t[s] + 25[m]$$

Individuate le grandezze fisiche in gioco ed esprimete il loro valore.

Create il testo di un esercizio la cui situazione fisica sia descritta da questa formula. Tenete conto dell'intensità dei valori riportati, per inventare una situazione verosimile."

Le reazioni dei quattro gruppi composti dalle studentesse e dagli studenti a questa proposta sono riassunte nel seguito. Tre gruppi hanno avuto difficoltà a riconoscere la posizione iniziale, sostenendo che il valore in questione ("25 m" nella formula) fosse un tipo di spostamento.

A questi tre gruppi è stato consigliato di rappresentare alcuni valori dell'equazione in un grafico spazio-tempo, scegliendo degli istanti di tempo e calcolando le posizioni corrispondenti tramite la formula. Dunque, hanno dedotto che si trattava di una posizione e poiché era quella relativa all'istante zero l'hanno riconosciuta come iniziale. È opportuno sottolineare che al tempo in cui è avvenuta questa attività, la Classe non era ancora edotta di geometria analitica. In Figura 4 un esempio di foglio di lavoro.

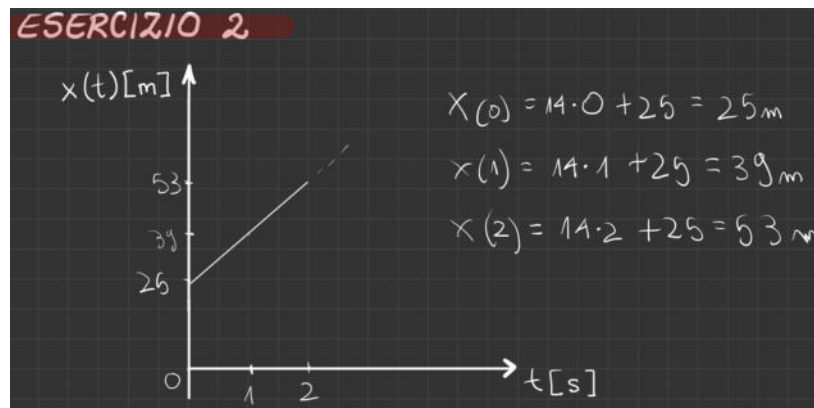


Figura 4. Foglio di lavoro inerente l'esercizio 2.

Un gruppo, invece, ha capito che si trattava della posizione iniziale, ma in principio non ha specificato nel testo quale fosse il luogo indicato come origine del sistema di riferimento scelto ("dista 25 m", senza dire da dove).

CONCLUSIONI

Nell'arco delle tre settimane in cui gli alunni hanno sperimentato le dieci tipologie di esercizi si sono notati alcuni miglioramenti sostanziali ed una modifica del loro modus operandi nell'affrontare un problema. Innanzitutto, uno degli strumenti cruciali dell'attività ISLE è stato il diagramma del moto, che all'inizio è risultato poco intuitivo agli studenti: non essendo abituati a ragionare in modo qualitativo sulle situazioni presentate da un esercizio, trovavano di poco aiuto realizzare tale rappresentazione. Gli esercizi solitamente proposti dai libri, in cui la natura vettoriale delle grandezze in gioco passa in secondo piano, dando più spazio ai calcoli algebrici e all'applicazione delle relazioni matematiche, non aiutano i discenti a familiarizzare con l'ente vettore, che per essi rimane sempre un oggetto la cui necessità non risulta mai evidente, ma solo come un intralcio.

Tuttavia, dopo averne sperimentato essi stessi la validità nella comprensione profonda di un fenomeno, hanno imparato a realizzarli nella maniera accurata che richiedono. Per questo motivo, si ritiene che i diagrammi del moto ideati dagli sviluppatori ISLE siano un ottimo strumento anche per accertarsi della profondità con cui gli studenti apprendono i nuovi concetti, non limitandosi a memorizzare formule.

A seguito della sperimentazione la docente si è detta entusiasta poiché ha osservato che i discenti non

percepiscono più la Fisica come “una materia che si è destinati a non capire” e rispetto alla quale, quindi, si è destinati a fallire se non si fa un grande sforzo di memoria necessario a incamerare le formule e ad associarle a una vasta varietà di esercizi che possono essere proposti. Poiché una regola in Fisica è che “non esiste una regola che dica quale formula usare”, l’approccio tradizionale produce molta frustrazione negli studenti e nelle studentesse più fragili e, comunque, ostili all’esercizio della memorizzazione. I ragazzi hanno collaborato molto volentieri all’interno dei gruppi e hanno interagito attivamente, confrontandosi ed aiutandosi. Utilissimo riscontro si è avuto dalla partecipazione, dapprima timida e un po’ contorta, nel seguito più attiva e spedita, di un allievo affetto da DSA. Un’analisi più attenta è da fare rispetto alle rubriche valutative, utilizzate durante il processo, ma che in questa sede sono state omesse per focalizzarsi sul ruolo del lavoro di gruppo piuttosto che sulla valutazione. Il parere delle studentesse e degli studenti ha trasudato contentezza e grande partecipazione. Al passare del tempo, però, sono riusciti a capire le potenzialità dell’approccio ISLE e ne hanno apprezzato le caratteristiche; in particolare, hanno gradito che i calcoli algebrici avessero meno risalto e si sono sentiti capaci di risolvere gli esercizi. Tutti gli alunni hanno poi dichiarato di aver preferito la tipologia di lezioni proposte - lavorando a gruppi - rispetto a quella abituale, con spiegazioni frontali, e anche per questo motivo hanno contribuito più volentieri. La classe si è divertita, la Fisica è diventata un gioco intellettuale, una sfida creativa da fare insieme e rispetto alla quale confrontarsi, ma non nell’ambito della valutazione come usualmente accade, bensì in merito alle idee, alle ipotesi, agli scenari da supporre, alle osservazioni e alle interpretazioni che si possono dare dei fenomeni. Sicuramente, meglio affrontare questa sfida insieme piuttosto che soli, davanti allo schermo.

BIBLIOGRAFIA

- Ainsworth, S. (1999). The Functions of Multiple Representations. *Computers & education*, 33, 131-152.
- Brooks S.K., Webster R.K., Smith L.E., Woodland L., Wessely S., Greenberg N. and Rubin G.J. (2020). The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. *The Lancet* 395, 912–920.
- Etkina E., Brookes D., Planinšič G., Van Heuvelen A. (2019). *Instructor’s Guide for College Physics: Explore and Apply, 2nd Edition*. Pearson.
- Piccoli, F. (2022). *Ideazione e costruzione di esercizi e problemi ISLE based per la scuola secondaria*. Tesi di Laurea Triennale in Fisica, Università di Trieste.
- Porru, F., Schuring, M., Bültmann, U., Portoghesi, I., Burdorf, A., Suzan, J., et al. (2022). Associations of university student life challenges with mental health and self-rated health: a longitudinal study with 6 months follow-up. *J. Affect. Disord.* 296, 250–257. doi: 10.1016/j.jad.2021.09.057
- Rosenblatt R., Heckler A.F. (2011). Systematic study of student understanding of the relationships between the directions of force, velocity, and acceleration in one dimension. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2), 1–20.
- Rosengrant D., Etkina E., Van Heuvelen A. (2007). An Overview of Recent Research on Multiple Representations. *AIP Conference Proceedings*, 883, 149.
- Sin C. (2014). Epistemology, Sociology, and Learning and Teaching in Physics. *Science Education*, 98(2), 342-365.
- Stamovlasis, D., Dimos, A., Tsaparlis, G. (2006). A study of group interaction processes in learning lower secondary physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(6), 556-576.
- Van Heuvelen, A. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *American Journal of Physics*, 59, 891–897
- Van Heuvelen A., Maloney D. (1999). Playing Physics Jeopardy. *American Journal of Physics*, 67, 252-256.
- Zull J. (2002). *The art of changing the brain*. Stylus Publishing.