

Energy games: implementing an ISLE-based learning sequence to teach energy in technical and vocational schools

Valentina Bologna^{1*}, Andrea Bussani²

¹Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Trieste, via Alfonso Valerio 2, 34127, Trieste, Italy; ²ISIS Da Vinci Carli de Sandrinelli, via Paolo Veronese 3, 34144, Trieste, Italy

*Corresponding author: valentina.bologna@units.it, andrea.bussani@gmail.com

ABSTRACT

Teaching energy is a challenging task. This is particularly true in technical and vocational schools since physics is taught only in 9-10th grades, and the percentage of students with special educational needs is higher than in other secondary schools. To cope with these issues, we developed an ISLE-based learning sequence to introduce the concept of energy, starting from qualitative conceptualisation; then, we implemented the learning sequence in two 9th-grade classes of a technical school in Italy. This research represents the first educational trial in Italy to introduce ISLE in technical and vocational schools.

Keywords: Technical schools; vocational schools; energy; ISLE.

Received: May, 2023. Accepted: July, 2023

INTRODUZIONE

L'insegnamento della fisica negli Istituti Tecnici e Professionali si colloca in massima parte nel primo biennio, con sensibili differenze a seconda dell'indirizzo considerato: i quadri orari nazionali (MIUR, 2010), infatti, prevedono due anni di corso di fisica – in prima e in seconda – negli Istituti Tecnici ad indirizzo Tecnologico, mentre è previsto un solo anno di insegnamento – nella classe prima – negli Istituti Tecnici ad indirizzo Economico; per quanto concerne gli Istituti Professionali, in seguito alla loro riforma nel 2018 (MIUR, 2018), nel primo biennio è previsto l'insegnamento di scienze integrate, che include nei suoi contenuti elementi di fisica, chimica, scienze della terra e biologia.

Oltre alla difficoltà di sviluppare il corso di fisica nel solo biennio, vi sono ulteriori ed importanti aspetti che il docente di fisica degli Istituti Tecnici e Professionali deve tenere in considerazione nella propria progettazione didattica:

In base alle rilevazioni Invalsi del 2022 relative al grado 10 (15/16 anni), la percentuale di studenti degli Istituti Professionali che raggiungono i traguardi previsti in matematica – disciplina ritenuta propedeutica allo studio della fisica – è pari al 17%; negli istituti tecnici tale percentuale sale al 53%; è altresì piuttosto marcata la distanza tra queste due percentuali e il corrispondente valore raggiunto nei licei scientifici, pari all'88% (INVALSI, 2022).

Nell'anno scolastico 2021/22 gli Istituti Professionali hanno registrato la maggiore percentuale (17.5%) di

studenti con Bisogni Educativi Speciali (BES) rispetto agli altri Istituti della secondaria di secondo grado; la percentuale di studenti con BES negli Istituti Tecnici scende all'11.3%; nei Licei ad indirizzo Scientifico e Classico tale percentuale raggiunge il valore minimo, ossia approssimativamente pari al 5% (ISTAT, 2022).

È evidente come questi fattori possano rendere l'insegnamento della fisica negli Istituti Tecnici e Professionali una sfida educativa straordinariamente complessa. Le rilevazioni statistiche sopra elencate non possono che indurre e incentivare i docenti a cercare soluzioni didattiche che consentano loro di affrontare efficacemente tali difficoltà oggettive. Va inoltre evidenziato che la richiesta di innovazione didattica è stata finora focalizzata maggiormente sulle integrazioni della fisica moderna e della relatività nell'insegnamento liceale, piuttosto che sull'interrogarsi in merito alle esigenze di altri curricula della scuola secondaria (Magliarditi et al., 2020).

Per rispondere alle esigenze di innovazione didattica, il docente di fisica negli Istituti Tecnici e Professionali deve possedere allora - come caratteristica professionale - non solo molte competenze (*skills*) e conoscenze didattico-metodologiche (*knowledge*) ma anche una certa disposizione alla sperimentazione (*disposition*). Questi tre aspetti (competenze, conoscenze e disposizioni) costituiscono lo stile di insegnamento (Etkina et al. 2017). Innovare la propria prassi didattica significa quindi cambiare le proprie competenze, conoscenze e disposizioni per sviluppare "abitudini proficue" (*productive habits*), in termini di efficacia didattica e di risposta concreta alla realtà scolastica in cui si opera.



Infine, va tenuto presente che nella nuova prassi didattica il docente sa che dal processo formativo che mette in opera lo studente deve soprattutto ricevere il *know-how* necessario per rispondere alle esigenze del mercato del lavoro, sempre più indirizzato agli aspetti applicativi delle discipline scientifiche (MIUR, 2010). Sviluppare un atteggiamento positivo negli studenti verso la Fisica è quindi prioritario per sostenerli nella costruzione della loro personalità professionale (Bologna & Peressi 2021a, 2021b). Quali pratiche didattiche siano richieste al docente per un'efficace promozione di tale atteggiamento è stato il principale obiettivo e la domanda di ricerca di questa sperimentazione.

In quest'ottica abbiamo progettato un'unità di apprendimento sull'energia, concetto non solo fondamentale in fisica ma anche trasversale ad altre discipline. L'unità di apprendimento si è sviluppata su numero contenuto di ore e non richiedeva quasi alcun prerequisito matematico. Inoltre, per coinvolgere in modo attivo gli studenti e consentire loro di essere al centro del processo di costruzione del concetto di energia, abbiamo optato per l'approccio ISLE (*Investigative Science Learning Environment*, Etkina et al., 2019). Successivamente alla progettazione, l'unità di apprendimento sull'energia è stata sperimentata in due classi di un Istituto Tecnico. Per quanto di nostra conoscenza, questa unità di apprendimento sull'energia è il primo tentativo documentato di implementare un'unità di apprendimento in fisica con l'approccio ISLE nel biennio degli Istituti Tecnici e Professionali.

ASPETTI TEORICI: L'APPROCCIO ISLE ALLO STUDIO DELLA FISICA

Sviluppare un atteggiamento positivo verso la fisica significa innanzitutto considerare che nell'apprendimento vengono coinvolti non solo aspetti cognitivi, ma anche aspetti emotivi e comportamentali (Bologna & Peressi 2021a, 2021b). L'agire didattico si costruisce e intreccia tutti questi aspetti. Se la fisica piace (aspetto emotivo), mentre si "fa" fisica (aspetto comportamentale) come la "fa" lo scienziato (aspetto cognitivo) allora possiamo stare certi che stiamo usando un approccio efficace. Ed è proprio con queste intenzionalità e con i corrispondenti obiettivi che si caratterizza l'approccio ISLE (Etkina, et al. 2019). L'acronimo inglese racchiude alcuni elementi che ne suggeriscono l'adozione: *Investigative*, perché l'agire dello scienziato è proprio quello di investigare (interrogare) la realtà e i suoi fenomeni; *Science Learning Environment*, perché al centro del processo di indagine non c'è l'insegnante che spiega il fenomeno ma lo studente che osserva, cerca schemi/modelli, fa ipotesi e "balbetta" intorno al fenomeno fisico, con curiosità e ritenendosi "capace di farlo" (Buggé & Etkina, 2020). Ogni indagine è basata su un processo d'indagine che favorisce la costruzione concettuale (Figura 1) da un piano qualitativo ad uno sempre più quantitativo

utilizzando tre tipologie di attività sperimentali: l'esperimento osservativo, l'esperimento di test e l'esperimento applicativo (Etkina et al., 2019). Queste tre tipologie di esperimento si ripetono secondo un livello progressivo di approfondimento concettuale che consente allo studente di appropriarsi dei significati e della comprensione del fenomeno fisico ancor prima di avere a disposizione una sua formulazione in linguaggio matematico (Bologna & Longo, 2022). Proprio per questo motivo, abbiamo ritenuto che questo ambiente di apprendimento sia da privilegiare nella didattica della fisica degli Istituti Tecnico-professionali.

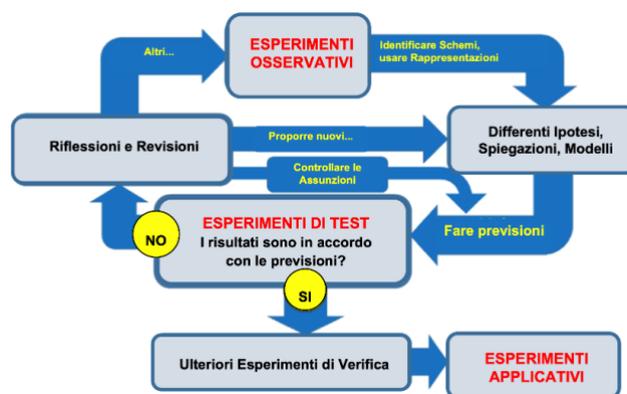


Fig. 1. Il processo ISLE (adattamento italiano dall'originale in Etkina et al., 2019).

A supporto del processo di costruzione concettuale attivato dalle attività sperimentali, gli studenti sono aiutati nel ragionamento utilizzando rappresentazioni multiple (verbale, pittorica, schematica, grafica e matematico/simbolica; Van Heuleven & Zou, 2001): esse giocano un ruolo fondamentale nell'apprendimento della fisica, perché favoriscono la comprensione nell'adozione della pluralità dei linguaggi disciplinari. Passare da una rappresentazione all'altra diventa lo stile cognitivo con cui gli studenti si avvicinano a descrivere il fenomeno e a caratterizzarne le proprietà, ricercando e/o analizzando la situazione presentata (Bologna et al., 2023).

Il linguaggio matematico/simbolico - o se si preferisce la formula - vengono formalizzati solo quando lo studente ha consolidato la comprensione del fenomeno fisico utilizzando altre rappresentazioni, che gli "parlano" della fisica e che comprende qualitativamente prima di arrivare alla generalizzazione e astrazione della legge (più complessa da acquisire anche in termini cognitivi).

Allo stesso tempo l'ambiente di apprendimento che l'approccio ISLE propone soddisfa un altro requisito fondamentale da tenere in considerazione (Bologna & Longo, 2022): secondo le più recenti teorie (Zull, 2004; Dehaene, 2020) nel processo di apprendimento lo studente dovrebbe essere coinvolto non soltanto nella sfera di formulazione astratta del pensiero, ma anche in quella dell'esperienza concreta, del test attivo e dell'osservazione riflessiva (Figura 2). Un'attività

didattica centrata sullo studente, basata sull'osservazione diretta della realtà - che implica poi una fase di riflessione e di elaborazione - è da preferire rispetto al *setting* rigido, che lo stare seduti al proprio posto con davanti un quaderno ed una penna impongono.

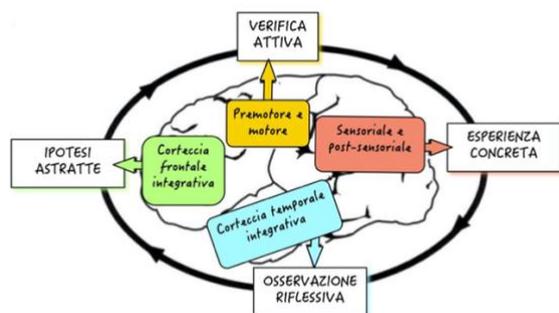


Fig. 2. Adattamento all'italiano del ciclo completo dell'apprendimento di J. E. Zull (2004).

Quindi, dal punto di vista cognitivo, l'ISLE soddisfa due requisiti: la promozione di un ambiente di apprendimento centrato sullo studente e in cui lo studente è attivamente coinvolto e, in secondo luogo, un processo che, attraverso l'uso di rappresentazioni multiple, stimola lo sviluppo del pensiero scientifico, favorendo anche l'apprendimento negli studenti che "con il linguaggio matematico/simbolico" presentano difficoltà (perché magari sono anche studenti con BES).

Infine, c'è un ultimo aspetto che riteniamo degno di nota: l'approccio ISLE è un metodo di insegnamento/apprendimento di "indagine autentica dal punto di vista epistemologico" (*epistemologically authentic inquiry*; Brookes et al., 2020). L'autenticità è scientificamente riconosciuta nell'ambito della ricerca in didattica della fisica (Chinn & Malhotra, 2002), sia sotto il profilo cognitivo (i processi cognitivi messi in atto dagli studenti rispecchiano quelli degli scienziati), sia sotto il profilo epistemologico (il processo di investigazione è lo stesso dell'indagine scientifica). Questo significa che un'esperienza didattica ISLE-based ha un valore epistemologico in sé anche quando il curriculum scolastico delle discipline scientifiche ha un numero di ore limitato.

Per le caratteristiche delineate, lo sviluppo di attività ISLE-based implica l'attivazione di un cambiamento nelle conoscenze dell'insegnante di fisica, nelle sue disposizioni (insegnare la fisica partendo dalla costruzione delle conoscenze dello studente) e nelle sue competenze (adoperare rappresentazioni multiple e favorirne l'utilizzo in un processo di investigazione basato su attività sperimentali). Promuovere, quindi, un'esperienza ISLE-based non è solo un'azione didattica ma è anche un processo di sviluppo di nuove abitudini del docente (Etkina et al., 2017), che si trova a superare abitudini di routine nell'insegnamento, sostituendole con altre "proficue" nel senso anche di efficaci dal punto di vista dell'apprendimento degli studenti.

STRUTTURA GENERALE DELL'ATTIVITÀ

L'unità di apprendimento sull'energia è stata progettata per essere implementata nelle classi prime (grado 9) di Istituti Tecnici ed Istituti Professionali. Per tale motivo, i prerequisiti richiesti sono estremamente contenuti e riguardano competenze scientifiche (Etkina et al., 2006) di base piuttosto che abilità o conoscenze specifiche disciplinari, facilitando così maggiormente l'inclusione di studenti con BES:

- capacità di svolgere delle attività laboratoriali non complesse consistenti nell'osservare ed esplorare – sotto la supervisione di un docente/facilitatore che interviene occasionalmente e/o su richiesta per chiarire aspetti dubbi sull'implementazione dell'attività e/o per stimolare l'osservazione – un fenomeno naturale, raccogliendo informazioni qualitative su quanto osservato
- capacità di lavorare in piccoli gruppi (3-5 alunni) i cui membri sono pari di ruolo e di negoziare delle conclusioni ragionate e condivise
- capacità di tracciare semplici grafici a colonne.

Di seguito vengono riportati i materiali necessari ad un gruppo di studenti per svolgere le attività previste nell'unità di apprendimento:

- un mattone di schiuma floreale
- due automobiline: una a molla e una senza molla
- due piste per automobiline: una pista in discesa con altezza di partenza regolabile e un "giro della morte"
- una pista per biglie
- una biglia da usare per la pista; altre biglie aventi tra loro lo stesso diametro ma masse diverse, da usare per creare crateri da caduta nel mattone di schiuma floreale
- una *gravicar* (Douglas, 1989).

La parte laboratoriale è costituita da un'attività a circuito suddivisa nelle seguenti stazioni:

- 1) "Crateri da impatto" (Tab. 1 - A)
- 2) "Giro della morte" (Tab. 1 - A)
- 3) "Macchinina a molla"
- 4) "Pista delle biglie" (Tab. 1 - B)
- 5) "*Gravicar*" (Tab. 1 - C)
- 6) "Salto in lungo" (Tab. 1 - D)

IMPLEMENTAZIONE DELL'ATTIVITÀ IN CLASSE

Successivamente alla progettazione, l'unità di apprendimento è stata sperimentata nell'anno scolastico 2021-22 in due classi prime di un Istituto Tecnico, settore Economico, indirizzo Turismo (ISIS Da Vinci Carli de Sandrinelli di Trieste), aventi rispettivamente con 20 e 16 studenti. L'unità di apprendimento si è articolata su un totale di quattro ore di lezione distinte (Tabella 2); durante la sperimentazione, le lezioni sono state condotte in

compresenza dal docente curricolare – con compiti di introduzione della lezione e di gestione della classe – e dalla ricercatrice – con compiti di supervisione della corretta implementazione, di supporto alle attività, di osservatrice nonché di facilitatrice del dialogo inerente al processo di investigazione degli esperimenti effettuati. Tutte le attività sono state svolte nella classe e non in un laboratorio di fisica.

Nell'investigazione ISLE, l'attività in classe segue un ritmo molto intenso: per ciascuna consegna non vengono lasciati più di dieci minuti per poi lasciar spazio ad un *time for telling* di comunicazione e condivisione (Brookes et al., 2020). Questo è un tempo indicativo per preparare il *setting* sperimentale e raccogliere le prime osservazioni sulle proprie lavagne di lavoro e viene stabilito in base alla

richiesta propria dell'attività al fine di mantenere alto l'*engagement* degli studenti. Ogni gruppo, infatti, ha una lavagna bianca e pennarelli colorati per registrare le proprie osservazioni e dare le risposte ai quesiti d'investigazione formulati (Figura 3). La lavagna è lo strumento di condivisione delle idee e serve per supportare gli studenti nel processo di rappresentazione esterna dei concetti. Per la tempistica adottata, nel lavoro di gruppo non sono stati assegnati ruoli predefiniti. La tipologia delle consegne era accessibile a tutti, includendo nel processo anche gli studenti BES senza necessità di offrire loro un supporto individualizzato.

Tab. 1. Alcuni esempi di giochi “energetici” utilizzati nell'unità di apprendimento.



A) Il mattone di schiuma floreale con i “crateri da impatto” e il giro della morte della pista *Hot-Wheels*.



B) La pista delle biglie.



C) La *Gravicar* realizzata per l'attività.



D) Il “salto in lungo”.

Come modalità di rappresentazione delle loro osservazioni agli studenti è stato fornito uno strumento estremamente semplice ma di grande efficacia: i diagrammi a barre dell'energia (energy bar charts) consentono di amplificare il ruolo di ciascun contributo energetico nelle "fotografie" del processo in istanti/tempi diversi (Van Heuleven & Zou, 2001). Nella didattica

proposta nei libri di testo italiani non vi è un uso integrato di tale strumento di rappresentazione (Bologna & Longo, 2022). Il loro utilizzo facilita il processo di comprensione qualitativa del fenomeno prima di passare ad una sua rappresentazione di tipo quantitativo (Figura 4).

Tab. 2. Scaletta delle attività proposte durante l'unità di apprendimento adattate al livello di istruzione e alla tipologia di curriculum rispetto le originali.

Lezione	Titolo della lezione	Obiettivi	Attività
1	Energia cinetica.	<p>Osservare il cambiamento dell'energia causato dal lavoro delle forze esterne su un oggetto in moto.</p> <p>Rappresentare il cambiamento e il lavoro con un grafico a barre (lavoro positivo, lavoro negativo)</p>	<p>Ogni gruppo ha a disposizione un set di automobiline che deve osservare in diverse situazioni di moto:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Spinta iniziale per osservare cosa succede nel tratto di moto in cui l'automobilina va a velocità costante 2. Spinta continua con la mano: osservare velocità iniziale e finale 3. Spinta iniziale e poi osservo il moto se metto una mano che in modo costante ferma la macchinina <p>Parametri da cambiare: intensità della spinta e massa dell'automobilina.</p>
2	Energia potenziale gravitazionale.	<p>Osservare l'effetto della caduta mettendo in relazione i parametri che la caratterizzano (massa pallina, altezze diverse, profondità de! buco sulla spugna)</p> <p>Rappresentare il cambiamento e il lavoro con un grafico a barre</p>	<p>Ogni gruppo ha a disposizione una spugna floreale, due biglie (una di metallo e/o pongo e una di vetro - massa da determinare con bilancia in classe, e diametro con calibro in classe), metro da muratore, scotch di carta, 2 mollette, stuzzicadenti per misurare la profondità della buca.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Caduta libera delle biglie da diverse altezze prima singolarmente 2. Caduta libera delle biglie in modo da ottenere lo stesso effetto sulla spugna 3. Raccolta osservazioni: registrare altezza e osservare effetto (profondità buca) anche con documentazione fotografica dell'effetto osservato. 4. Discussione collettiva e rappresentazione della distribuzione dell'energia mediante grafico a colonne
3	Verso le conversioni di energia.	<p>Consolidare i concetti relativi a energia cinetica, energia potenziale gravitazionale e lavoro</p> <p>Rappresentare le conversioni di energia con i grafici a barre</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Con i materiali della lezione 2 risolvere il problema fisico: a che altezza devo mettere la biglia di vetro e quella di pongo (con lo stesso diametro) affinché con la caduta formino una buca nella spugna da fiori con le stesse caratteristiche 2. Osservazione del grafico a barre di lavoro ed energia nel caso: "lancio una biglia in aria" 3. Definizione mediata dell'energia potenziale gravitazionale. 4. Montaggio della pista per le macchinine e rappresentazione del grafico a barre dell'energia cinetica e potenziale in diversi momenti. Perché l'auto riesce a fare il giro della morte? Da quale altezza devo far partire la macchinina affinché riesca a fare il giro della morte?
4	Conversione dell'energia meccanica e conversione dell'energia.	<p>Utilizzare i grafici dell'energia a barre per descrivere situazioni energetiche differenti e per fare previsioni</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. A quale altezza devo far partire l'automobilina affinché riesca a fare il giro della morte? 2. Ho un'energia iniziale maggiore con l'energia elastica o con quella potenziale gravitazionale?



Fig. 3. Alcuni esempi di “balbettio” fisico sui diagrammi a barre dell’energia durante le fasi di osservazione dei “giochi energetici”.

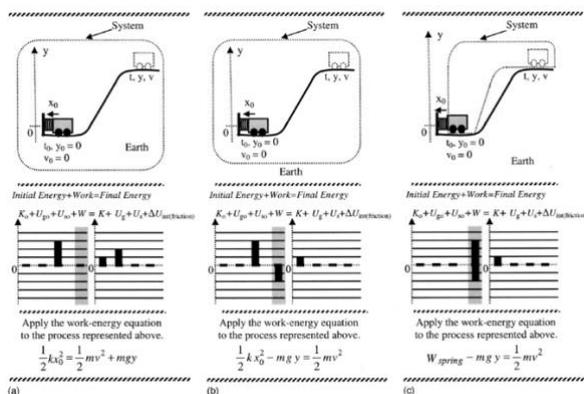


Fig. 4. Immagine esemplificativa dell’utilizzo dei diagrammi a barre di energia tratto dall’articolo di Van Heuleven & Zou (2001): la rappresentazione con il diagramma a barre consente allo studente di valutare la consistenza tra le rappresentazioni multiple di un fenomeno fisico e di tradurre in modo coerente e consistente rappresentazioni diverse, prima di arrivare alla rappresentazione in linguaggio matematico (Bologna et al., 2023).

Alla fase del lavoro di gruppo segue un momento di condivisione collettiva: ogni gruppo “racconta” quanto

rappresentato sulle proprie lavagne agli altri e si discute insieme. Questa fase è importantissima per la negoziazione dei significati delle rappresentazioni e per la comunicazione dei propri risultati di indagine. Ma ancora di più, questa fase consente allo studente di lavorare sul processo di esternalizzazione delle rappresentazioni che supporta il livello più profondo di costruzione della rappresentazione interna, ossia del modello mentale (Van Heuleven & Zou, 2001). Favorire il “balbettio fisico” su rappresentazioni che lo studente riesce a manipolare con più semplicità rispetto alla rappresentazione in linguaggio matematico garantisce, a livello cognitivo, lo sviluppo di processi che stanno alla base dell’acquisizione di competenze scientifiche.

RISULTATI

I risultati di questa sperimentazione didattica hanno riguardato sia il processo di insegnamento che quello di apprendimento. Per quanto riguarda il processo d’insegnamento ci limiteremo a presentare la progettazione didattica quale risultato del cambiamento che il docente ha messo in atto (rispetto al modo in cui in precedenza progettava e realizzava le proprie attività in classe), con le conseguenti ricadute sulla modalità di insegnamento. Dal punto di vista degli apprendimenti, invece, ci focalizzeremo sugli aspetti di partecipazione e di comprensione concettuale degli studenti

1) Processo di insegnamento: progettazione didattica

La progettazione di un piano di lavoro per una unità di apprendimento sull’energia, adatta ad una classe prima di un Istituto Tecnico e/o di un Istituto Professionale, redatta secondo un approccio ISLE è stato il primo importante risultato di questa ricerca. L’approccio ISLE nasce nell’ambito della didattica universitaria dei college americani per i corsi cosiddetti algebra-based (ovvero i corsi che non richiedono conoscenze di analisi matematica per poter essere affrontati). La “mediazione scolastica” di tale approccio, intesa sia dal punto di vista di livello scolare sia dal punto di vista culturale, è quanto riteniamo possa considerarsi un primo risultato di questa sperimentazione.

L’articolazione oraria degli obiettivi e delle attività dell’unità di apprendimento (come riportate nella Tabella 2) sono l’esemplificazione del processo di mediazione messo in atto in questa sperimentazione didattica (le attività sono state elaborate a partire da quelle proposte nell’ambito dell’approccio ISLE¹).

Quanto ci sembra più interessante evidenziare è il ruolo chiave degli esperimenti di osservazione che

¹ L’attività si riferisce al Capitolo 7 del Libro “College Physics – Explore and Apply” (Van Heuleven, Etkina, Planinsic, 2018)

guidano lo studente all'elaborazione e alla ricerca di caratteristiche che gli consentano di "descrivere" il fenomeno fisico

Il ruolo del docente è quello di fornire un sistema fisico (in questo caso il gioco energetico) che "parla" agli studenti aiutandoli a produrre poi una rappresentazione esterna del fenomeno che racconta a loro e agli altri quello che sta succedendo dal punto di vista energetico.

2) Processo di insegnamento: ricadute sulle modalità di insegnamento

Il docente che inizia ad adottare l'approccio ISLE va sostenuto e accompagnato nel processo di cambiamento. Abbandonare le prassi "di controllo" del proprio agire didattico non è semplice. Ad esempio, nella fase antecedente all'implementazione dell'unità di apprendimento, il docente curricolare ha espresso alla ricercatrice la propria preoccupazione in merito a possibili criticità nella gestione delle classi durante le attività laboratoriali, a causa di pregresse esperienze non positive in attività apparentemente simili. Un ulteriore fattore di dubbio da parte del docente, in merito all'efficacia di questo approccio, era dovuto alla modesta fiducia nell'efficacia di un'attività svolta in massima parte in gruppo e non individualmente. Il lavoro di gruppo limita l'azione di controllo del docente a favore di un processo di auto-controllo tra pari attivato dal coinvolgimento nel processo di costruzione della conoscenza. Essere attivamente coinvolti produce negli studenti un effetto positivo anche nell'attivazione di processi cognitivi e metacognitivi.

Successivamente all'implementazione, l'osservazione in classe di quanto gli alunni fossero coinvolti e attivi è stata di gran lunga il motore che ha spinto, attività dopo attività, a consolidare il cambiamento. Infatti, è opinione concorde del docente e della ricercatrice che un risultato alquanto significativo è stato il coinvolgimento di tutti gli studenti alle attività proposte. Tale osservazione è stata confermata dall'analisi statistica descrittiva dei dati raccolti dalla somministrazione (Bologna & Peressi, 2021a), ad attività conclusa, del questionario sugli atteggiamenti verso la Fisica (Figura 5).

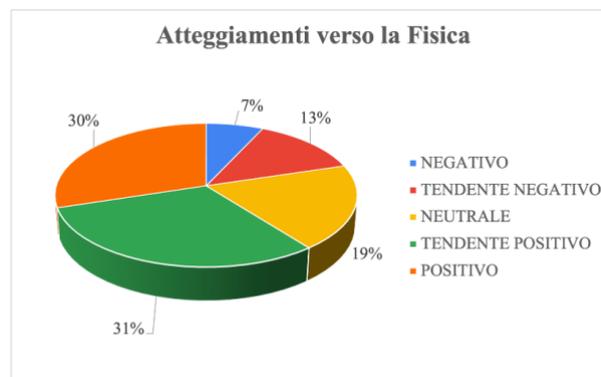


Fig. 5. Analisi del questionario sugli atteggiamenti verso la Fisica (Bologna & Peressi, 2021a) somministrato a conclusione della sperimentazione didattica.

Certamente si tratta di un dato parziale, che fotografa l'atteggiamento degli studenti alla conclusione del percorso fatto. In ogni caso, ci pare che sia indicatore della ricaduta positiva che tale attività abbia avuto sulle due classi.

3) Processo di apprendimento: comprensione concettuale

L'analisi delle risposte che gli studenti hanno trascritto sulle loro lavagne ci ha consentito di registrare il processo di apprendimento che è stato attivato. Nella Figura 6 sono riportati alcuni esempi.

Quello che risulta molto chiaro è che gli studenti, con elevato livello di comprensione, riescono ad indentificare chiaramente quali siano i contributi energetici in gioco nei diversi momenti di osservazione del fenomeno. Nei diversi giochi energetici gli studenti hanno saputo identificare e distinguere la tipologia del contributo energetico e la pluralità dei contributi "in gioco". Riconoscere poi la caratterizzazione del processo descrivendo il cambiamento di un singolo contributo ha enfatizzato il significato concettuale di "conversione di energia".

La comprensione concettuale "energetica" del processo è apparsa molto trasparente e il diagramma a barre è stato un facilitatore concettuale e un mediatore di significato molto più esplicativo di altre rappresentazioni (come quella in linguaggio matematico). Agli studenti non è stato poi chiesto di passare ad una descrizione quantitativa del processo nella formalizzazione matematica. Purtroppo, i tempi a disposizione per l'unità didattica non hanno permesso di esplorare il consolidamento concettuale con l'utilizzo di un'altra rappresentazione del fenomeno. Ciononostante, tutti i gruppi hanno chiaramente dimostrato una buona padronanza anche lessicale nella capacità di descrivere il fenomeno e in alcuni casi la sua complessità dal punto di vista energetico. Nessuno si è sentito inadeguato nell'affrontare le attività richieste, e nel partecipare alle discussioni.

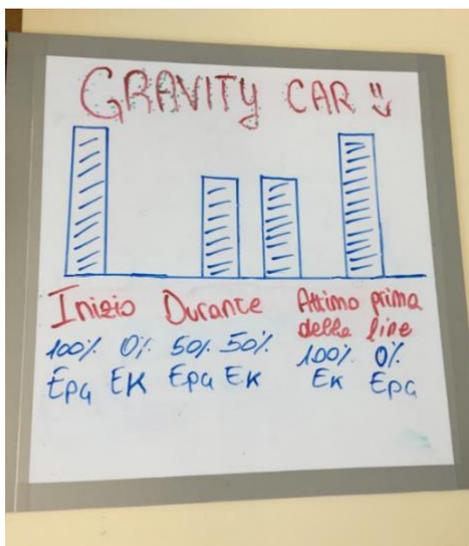
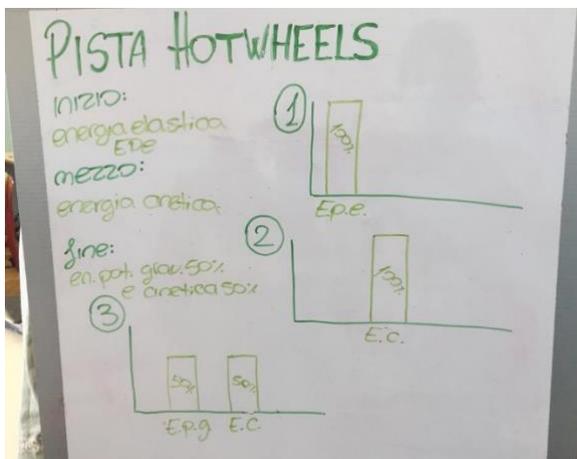
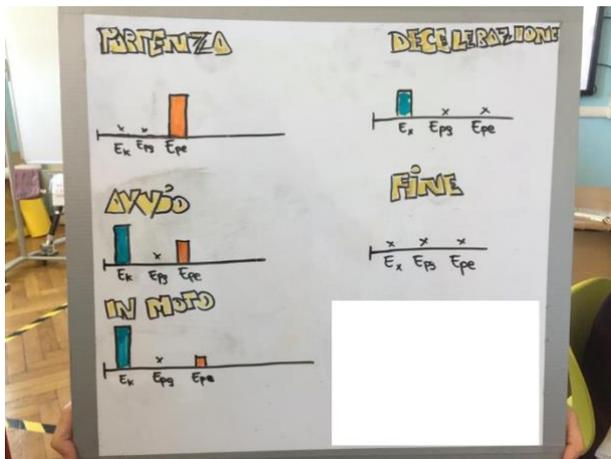


Fig. 6. Analisi della descrizione qualitativa dei processi di conversione energetica attraverso l'utilizzo dei diagrammi di energia.

CONCLUSIONI

I risultati osservati in questa sperimentazione didattica ci hanno rinsaldato nella convinzione della validità di promuovere l'approccio ISLE nella scuola italiana, non soltanto nell'insegnamento/apprendimento liceale, ma anche negli Istituti Tecnici e Professionali. Questo risultato apre la prospettiva di sviluppare e proporre attività ISLE-based anche nella scuola secondaria di primo grado con alcune sperimentazioni già in atto nelle scuole del Friuli Venezia Giulia.

Sebbene quella presentata sia stata un'esperienza limitata, per numero di ore e argomento trattato, il processo di cambiamento che ha accompagnato la sua realizzazione ci induce a pensare quanto qualsiasi innovazione implichi, prima di tutto, una revisione delle abitudini degli insegnanti di fisica. Tale revisione parte da una riflessione profonda e motivata del perché insegniamo la fisica. Ed è questa la prima riflessione che ci aiuta a migliorare il nostro modo di insegnare.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare la prof.ssa Valentina Valenta per aver fornito parte del materiale utilizzato durante le attività e per le preziose opportunità di confronto inerenti alle attività laboratoriali di questa unità di apprendimento. Quanto descritto in questo articolo è stato parte di un più ampio progetto di ricerca di dottorato dal titolo "An Early Physics approach to improve students' scientific attitudes. The role of teachers' habits" del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trieste, che ha coinvolto diversi docenti di Fisica dell'area triestina nell'innovazione delle proprie prassi didattiche. Durante il percorso di riflessione i docenti sono stati invitati a partecipare a workshop di formazione all'ISLE per i quali si desidera ringraziare la disponibilità della prof.ssa Eugenia Etkina e del prof. Gorazd Planinsic (ottobre 2021 - maggio 2022; Bologna et al., 2022).

SUGGERIMENTI PER INIZIARE A IMPLEMENTARE L'ISLE:

Letture consigliate:

- https://www.openstarts.units.it/bitstream/10077/34174/3/Bologna-Longo_24.pdf (Italiano).
- <https://iopscience.iop.org/book/mono/978-1-64327-780-6.pdf> (Inglese)

Link/contatti utili:

- Adottare l'approccio ISLE (https://www.islephysics.net/?page_id=53; in inglese).
- Iscrivere al gruppo Facebook "Exploring and Applying Physics" per diventare membri della

comunità. Il gruppo offre workshop mensili (in inglese).

- Contattare Valentina Bologna (valentina.bologna@units.it) o Francesco Longo (francesco.longo@ts.infn.it) del Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Trieste, per avere informazioni e pianificare attività di formazione docenti nelle scuole.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bologna V & Peressi M (2021a). Ti piace la Fisica?, *Giornale di Fisica LXII* (3), 319-338, <https://www.sif.it/riviste/sif/gdf/econtents/2021/062/03/article/3>
- Bologna V & Peressi M (2021b). Attitudes towards Physics: Developing an instrument to measure the Physics learning improvement in Italian high school, *Il Nuovo Cimento C* 44 (4-5), 158 (1-4). <https://www.sif.it/riviste/sif/ncc/econtents/2021/044/04-05/article/52>
- Bologna V & Longo F (2022), Perché insegnare la Fisica con l'approccio ISLE, *QuaderniCIRD* 24 (29-51).
- Bologna V, Leban S P, Longo F, Peressi M, Sorzio P (2023). Implementing the Use of Energy Bar Charts in the Framework of an Early Physics approach, *Journal of Physics Conference Series*, 2490(1) (012009/1-12).
- Bologna V, Longo F & Peressi M (2022). Insegnare la Fisica partendo dai processi di apprendimento, *QuaderniCIRD* 24 (142-149).
- Brookes D T, Etkina E, Planinsic G (2020). Implementing an epistemologically authentic approach to student-centered inquiry learning, *Phys. Rev. Sp. Top.: Phys. Ed. Res.* 16 (1-22).
- Buggé D & Etkina E (2020). The long-term effects of learning in an isle approach classroom. *Physics Education Research Conference 2020* (63– 68).
- Chinn C A & Malhotra B A (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2) (175– 218).
- Dehaene S (2020). *How we learn – Why Brains Learn Better Than Any Machine...For Now*, Penguin Publishing Group
- Douglas P N (1989), Teaching about energy with the gravicar, *Phys. Educ.*, 24 (310-312).
- Etkina E, Gregorcic B & Vokos S (2017). Organizing physics teacher professional education around productive habit development: A way to meet reform challenges. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 13 (010107-1, 010107-16).
- Etkina E, Brookes D T & Planinsic G (2019). *Investigative science learning environment*, Morgan; Claypool Publishers.
- Etkina E, Van Heuvelen A, White-Brahmia S, Brookes DT, Gentile M, Murthy S, Rosengrant D, and Warren A (2006). Scientific abilities and their assessment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2 (020103).
- INVALSI (2022), *Rapporto INVALSI 2022* https://invalsi-areaprove.cineca.it/docs/2022/Rilevazioni_Nazionali/Rapporto/Rapporto_Prove_INVALSI_2022.pdf
- Magliarditi G, Montalbano V & Russo A C (2020). Indagine sulle esigenze formative degli insegnanti di fisica. *La Fisica nella Scuola*, 53(3-4), 149–158.
- MIUR (2010), *Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento*, *Gazzetta Ufficiale* 76 (supplemento speciale n. 60 del 30/03/2012) <https://rb.gy/zsnzde>
- MIUR (2018), *Regolamento recante la disciplina dei profili di uscita degli indirizzi di studio dei percorsi di istruzione professionale*, *Gazzetta Ufficiale* 35/L, Serie Generale n. 173 del 27/07/2018, supplemento ordinario n. 35 <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/07/27/18G00117/sg>
- Van Heuvelen A and Zou X (2001). Multiple Representations of work-energy processes, *Am. J. Phys.* 69 (184-194)
- Zull J E (2004). The Art of Changing the Brain, *Educational Leadership*, 62(1) (68-72).