

29
June 2024

Gaetano Domenici

Editoriale / *Editorial*

Educare alla cultura della pace. L'impegno del nuovo Parlamento europeo 9

(Educating for a Culture of Peace. The Commitment of the New European Parliament)

STUDI E CONTRIBUTI DI RICERCA

STUDIES AND RESEARCH CONTRIBUTIONS

Antonio Calvani - Matteo Leone - Matteo Torre

Misconoscenze di fisica nella scuola del primo ciclo: 21
un questionario didattico

(Physics Misconceptions in First Cycle School: An Education Questionnaire)

Arianna Marras - Giovanni Bonaiuti - Mirian Agus

Il «Robotics Interest Questionnaire» (RIQ): uno strumento 43
per rilevare i fattori sottesi all'insegnamento della robotica

(The «Robotics Interest Questionnaire» – RIQ): A Tool to Detect Factors Underlying Robotics Teaching)

Sara Costa - Sabine Glock - Sabine Pirchio

How Teachers Feel Good: The Role of Teachers' Mindfulness, 61
Self-efficacy and Implicit Attitudes towards Ethnic Minority
Students in Their Feelings of Burnout

(Come gli insegnanti si sentono bene: il ruolo della mindfulness, dell'autoefficacia e degli atteggiamenti impliciti degli insegnanti)

verso gli studenti con background etnico minoritario, nella loro sensazione di burnout)

*Cecilia Marchisio - Federica Graziano - Alessandro Monchietto
Emanuela Calandri*

Insegnanti di sostegno e educazione inclusiva: una ricerca su atteggiamenti, autoefficacia, autovalutazione di conoscenze e competenze, e comportamenti in classe 85
(Support Teachers and Inclusive Education: A Study on Attitudes, Self-efficacy, Self-assessment of Knowledge and Skills, and Behaviors in the Classroom)

Maeca Garzia - Antonietta Esposito

Promuovere lo sviluppo della competenza geometrica: una ricerca nella scuola dell'infanzia 107
(Promoting the Development of Geometric Competence: A Research in Kindergartens)

NOTE DI RICERCA

RESEARCH NOTES

*Didi Nur Jamaludin - Ani Rusilowati - Arif Widiyatmoko
Adi Nur Cahyono - Sigit Saptono - Aditya Marianti*

Media and Context of Science Education in TPACK: A Systematic Review 135
(Media e contesto dell'educazione scientifica in TPACK: una revisione sistematica)

COMMENTI, RIFLESSIONI, PRESENTAZIONI, RESOCONTI, DIBATTITI, INTERVISTE

COMMENTS, REFLECTIONS, PRESENTATIONS, REPORTS, DEBATES, INTERVIEWS

Nazarena Patrizi

X Seminario sulla ricerca empirica in educazione: «Il contributo dell'AI alla qualificazione dei processi di istruzione» 159
(10th Seminar on Empirical Research in Education: «The Contribution of AI to the Qualification of Educational Processes»)

Luigi Guerra

In ricordo di Franco Frabboni 163

Author Guidelines 165

Misconoscenze di fisica nella scuola del primo ciclo: un questionario didattico *

Antonio Calvani¹ - Matteo Leone² - Matteo Torre³

¹ Società per l'Apprendimento e l'Istruzione Informati da Evidenza – S.Ap.I.E. (Italy)

² Università degli Studi di Torino (Italy)

³ Liceo Scientifico Statale «G. Peano» di Tortona (Italy)

DOI: <https://doi.org/10.7358/ecps-2024-029-calv>

antonio@calvani.it
matteo.leone@unito.it
matteo.torre1984@gmail.com

PHYSICS MISCONCEPTIONS IN FIRST CYCLE SCHOOL: AN EDUCATION QUESTIONNAIRE

ABSTRACT

The achievement of an adequate level of scientific knowledge is unanimously recognized as an important milestone, not only for training future scientists but above all to enable the new generations to possess important skills for responsible and critically informed citizenship. Regarding Italy, international comparisons highlight the accentuation of specific critical issues in this area. Concerning the search for teaching actions aimed at improving the understanding of physical phenomena, it remains fundamental to understand the preconceptions from which students start and the cognitive obstacles that these entail. We have prepared and validated a questionnaire with the aim of highlighting the most common critical elements in the explanation of physical phenomena by students aged 11-14. The collected data confirm the presence of widespread misconceptions already reported in the literature, which it is appropriate to bring to the attention of teachers. The questionnaire is complemented by formative feedback intended to provide initial indications for their revision.

* Un ringraziamento particolare a Peppino Sapia dell'UniCal, per i suggerimenti forniti, e ai Dirigenti Scolastici Edoardo Virgili e Bernardino Sessa, che hanno partecipato al programma sperimentale.

Keywords: Assessment; Cognitive change; Elementary knowledge of physics; Fore-knowledge; Science teaching.

1. INTRODUZIONE

La questione della didattica delle scienze ha una lunga storia in Italia (Israel, 2008). Dal secondo dopoguerra ed in tempi più recenti non sono mancate e continuano ad essere attive iniziative locali o regionali nelle sue diverse articolazioni (scienze fisiche, della vita, della terra), caratterizzate da attività di ricerca didattica spesso condotte in collaborazione da docenti universitari e docenti della scuola. Tuttavia, alla luce delle comparazioni internazionali (OCSE-PISA), la situazione è andata peggiorando tra il 2012 e il 2018 (Fig. 1)² senza che il problema risulti al momento oggetto di un adeguato dibattito e di significativi interventi istituzionali (Calvani *et al.*, 2022).

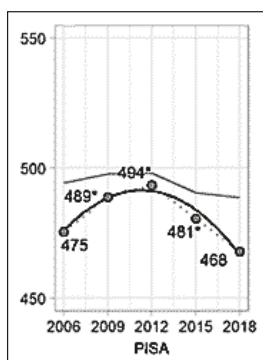


Figura 1. – Andamento studenti italiani nelle scienze alle prove OCSE-PISA.

In questo lavoro abbiamo allestito e validato un questionario che porta in evidenza gli elementi di criticità più diffusi nelle spiegazioni di fenomeni fisici da parte di alunni di età 11-14. L'ipotesi è che una segnalazione delle maggiori *misconcezioni*³ possa essere di particolare utilità perché mette gli insegnanti in grado di conoscere immediatamente i punti di maggiore

² Il peggioramento riguarda essenzialmente la scuola media in quanto alle prove TIMSS, che si applicano a livello della IV primaria, l'Italia si mantiene sulla media nelle comparazioni internazionali.

³ Sull'uso di questa terminologia si veda il paragrafo successivo.

criticità nella visione che ha l'alunno dei fenomeni fisici, su cui conviene intervenire prioritariamente.

Si assume in particolare che la storia della scienza offra indicazioni specifiche per diagnosticare e anticipare le rappresentazioni mentali degli studenti di scuola primaria o secondaria (Leone, 2014; Rinaudo & Leone, 2024).

2. IL RUOLO DELLE PRECONOSCENZE

Se ci interroghiamo sulle metodologie didattiche che funzionano meglio nell'educazione delle scienze, pur nella consapevolezza oggi acquisita che non ci sia una strada sola o metodi o mezzi ottimali esclusivi (Slavin *et al.*, 2014), ci si imbatte in un punto di riferimento ricorrente, il ruolo delle *preconoscenze* come punto di partenza di interventi didattici volti ad un *conceptual change* (Posner *et al.*, 1982), da favorire in attraverso azioni di modellamento guidato, integrate con esperienze e momenti metacognitivi, come sintetizzato in ottica *evidence-based* dall'Education Endowment Foundation (EEF)⁴.

Nella comunità scientifica è tuttora in discussione quale sia la natura di queste preconoscenze, tra fautori dell'idea che rappresentino delle vere e proprie teorie intuitive unitarie (come i diffusi parallelismi con le teorie un tempo accettate nella storia del pensiero scientifico sembrerebbero suggerire), i sostenitori dell'idea che rappresentino una molteplicità di principi fenomenologici derivati dall'esperienza – la cosiddetta *knowledge in pieces* di Di Sessa (1993) – e, ancora, quelli dell'idea che consistano in una collezione di credenze e di presupposti organizzati in quadri teorici non stringenti ma relativamente coerenti (Vosniadou, 2019). Sul piano terminologico si incontra il termine «misconcezione», frequente nella letteratura di ricerca in didattica della fisica (Allen, 2014; Neidorf *et al.*, 2020), che indica concezioni contrarie a quelle in uso nella scienza, che possono appartenere a soggetti di qualunque età, anche se tipicamente si impiega per preconoscenze erranee di studenti⁵. Premettendo che il prefisso *mis-* non dovrebbe assumere il connotato di un giudizio negativo, che può essere

⁴ L'Education Endowment Foundation è il più importante centro EBE europeo, che elabora test ed attività informate dalle migliori evidenze sull'insegnamento delle scienze (BEST): Education Endowment Foundation, <https://educationendowmentfoundation.org.uk/education-evidence/guidance-reports>.

⁵ Il concetto viene oggi distinto da quello di *miscomprensione* (*misunderstanding*) che si riferisce al fatto che un soggetto ha difficoltà ad applicare nel modo corretto una procedura di soluzione del problema; in matematica si parla solo di *misunderstanding* e non *misconcezioni* (Allen, 2014).

inappropriato e comunque ingeneroso a fronte di prenoscenze che possono rappresentare un punto di arrivo naturale dello sviluppo cognitivo o che possono implicare anche forme di buon senso⁶, ce ne avvarremo anche noi, usando però più prudentemente, il termine *misconoscenze*.

Possiamo in breve considerare una misconoscenza come una prenoscenza, che emerge come risposta inadeguata dinanzi un problema scientifico, che può essere indicativa di un «ostacolo cognitivo» per una corretta acquisizione di conoscenze, quali è lecito attendersi da soggetti scolarizzati di quell'età. Essa può essere influenzata dalla presenza di forme diffuse di pensiero ingenuo infantile, da influenze diffuse nel senso comune o semplicemente da carenze informative dovute a ritardi o inadeguatezze dell'istruzione scolare.

Se ci si interroga su dove siano stati identificati questi elementi di criticità, numerosi sono gli studi che sono stati compiuti (Allen, 2014; Leone, 2020) e che proviamo qui a riassumere relativamente a questi ambiti: conservazione; forze; peso, densità e galleggiamento; aria e gas; suono; energia; calore e temperatura; elettricità e corrente elettrica; magnetismo; luce; astronomia.

Conservazione

Ci si deve rifare agli esperimenti classici di Piaget (Piaget & Inhelder, 1974), ripresi da altri (Smith *et al.*, 1985), sulla conservazione del volume, del peso e della quantità di sostanza in oggetti modellati (esempio: blocchetto di pongo modellato ed immerso in acqua) fino al concetto più difficile di conservazione del peso in una transizione da liquido a gas, raramente presente prima dei 12 anni (Galili & Bar, 1997).

Forze

Per bambini piccoli forza e movimento sono concetti che si sovrappongono, la forza non esiste separatamente dal movimento (almeno fino alle operazioni formali, che secondo Piaget avviene nel periodo dei 12-15 anni), nel senso che ogni movimento comporterebbe una forza come motore interno. Così quando un oggetto viene lanciato continuerebbe ad agire su di lui una forza interna (del resto questo accadeva anche secondo Aristotele, per la spinta dell'aria che cerca di contrastare il formarsi del vuoto) (Piaget, 1974).

⁶ Quando si analizzano le idee sbagliate in fisica, molti ricercatori si sono concentrati su «credenze di buon senso», un «sistema di credenze e intuizioni su fenomeni derivati da una vasta esperienza personale» che gli studenti possono sviluppare prima ancora di entrare in classe (Halloun & Hestenes, 1985a, b).

Alcuni disconoscimenti riguardano l'azione della forza di gravità, di cui non si riconosce l'azione diffusa su tutti i corpi (ad esempio, riconoscendone la causa nello scorrimento dei fiumi o la possibile presenza fuori della Terra), nonché l'idea che per trascinare un oggetto sul pavimento ci voglia una forza maggiore del suo peso oppure che la forza necessaria per sollevare un oggetto dipenda da quanto è forte la persona che solleva (Vosniadou *et al.*, 2001).

Galleggiamento

L'idea di galleggiamento non risulta chiara ai bambini perché il concetto di densità appare tardi (non prima dei 10 anni) per poi evolvere in un concetto maturo e separato da quelli di peso e volume. Il concetto di densità e il principio di Archimede sono un esplicito prodotto dell'insegnamento scolastico, sebbene esistano evidenze di una sorta di intuizione del concetto di densità già tra i bambini della scuola dell'infanzia (Kohn, 1993). Inoltre, oggetti che rimangono in superficie con una parte superiore al livello dell'acqua sono considerati galleggiare un po' di più o di meno, a seconda di quanta parte dell'oggetto stia sopra il livello dell'acqua. L'idea che alcuni oggetti galleggino ed altri no è stata studiata da Piaget e altri (Biddulph & Osborne, 1984) e le risposte degli studenti sono in relazione alla dimensione o all'essere genericamente «pesante» di un oggetto, accanto alla credenza, che rimane radicata nel tempo, che gli oggetti forati affondino. Anche se hanno pre-intuizioni sul fatto che una materia può essere più o meno compressa o costituita dalla mescolanza di materia e vuoto, il concetto di pesante-leggero non viene messo in rapporto al volume della massa spostata. Significativa, per una piena comprensione del galleggiamento, risulta essere la domanda «Perché le navi, che sono fatte di materiale pesante, non affondano?» (Piaget, 1972).

Aria e gas

Sull'aria si addensano varie misconoscenze che permangono anche oltre l'intervento scolastico ordinario. L'idea dell'aria immateriale è molto presente nel pensiero infantile (Brook & Driver, 1989; Saltiel & Hartmann, 2005). Altre tipiche conoscenze: idea dell'aria senza peso o «leggera» nel senso di tendente ad andare in alto; idea dell'espansione di un gas come aumento di materia. Un'idea tipicamente assente è quella che l'aria possa esercitare una forza. L'idea più assente (non banale ed incompresa dallo stesso Galileo) è quella che viviamo immersi in un fluido, l'aria, che tale fluido è caratterizzato da una grandezza scalare e intensiva denominata «pressio-

ne» (la cosiddetta pressione atmosferica), che da questo fatto consegue la presenza di forze dovute a tale fluido, che agiscono in tutte le direzioni, ma la cui presenza si evidenzia solamente in situazioni speciali, ad esempio ottenendo localmente la produzione di piccole variazioni di pressione attraverso l'uso di contenitori e di acqua (Tytler, 1998).

Suono

Si tende ad attribuire proprietà materiali al suono. In generale non c'è consapevolezza che il suono è generato da vibrazioni (Mazens & Lautrey, 2003; West & Wallin, 2013). Le misconoscenze riguardano l'idea del suono come materia o aria in movimento e che il suono ha bisogno di fessure per passare.

Energia

Il concetto di energia è molto complesso, dato che rappresenta un'idea matematica piuttosto astratta, un'idea, infatti, relativamente recente (il concetto di energia nasce sostanzialmente con la formulazione a metà Ottocento del principio di conservazione dell'energia). Eppure, la parola «energia» fa parte del senso comune ed è molto utilizzata nella vita quotidiana, pur con un significato assai diverso rispetto a quello scientifico. Nelle preconoscenze diffuse il concetto di energia si lega spesso a cosa in movimento o a viventi, come a qualcosa che fa funzionare le cose (energia come agente causale) o qualcosa che cambia da una forma ad un'altra ma che poi si consuma e scompare (Gilbert & Watts, 1983). Nella pratica didattica e sui manuali ci si limita di solito al riconoscimento di alcune fonti di energia.

Calore e temperatura

Misconoscenza diffusa è l'idea di calore come sostanza materiale e della temperatura come misura del «grado di calore» di un corpo. È difficile la comprensione del trasferimento di energia termica (come quando un oggetto caldo viene immerso in un liquido freddo, o viceversa). Nel pensiero infantile manca l'idea di equilibrio termico e si tende a giudicare la temperatura in base alla natura di cui è costituito un oggetto (alcuni materiali sarebbero intrinsecamente più caldi di altri, come il legno rispetto al ferro).

Anche quando l'equilibrio termico tra due corpi è osservato empiricamente, tende ad essere interpretato come l'effetto di un doppio scambio, di caldo e di freddo, tra i due corpi (Erickson & Tiberghien, 1985).

Elettricità e circuiti elettrici

Anche l'elettricità, alla pari del calore, è pensata come sostanza (Caillot, 1993), e l'attrazione elettrica osservabile a seguito di strofinio è interpretata come una sorta di «colla», è attesa soprattutto per strofinio di oggetti metallici e spesso è confusa con l'attrazione magnetica. La corrente elettrica è intesa essere come qualcosa che «si consuma» e si può eventualmente anche fermare in un certo tratto di un circuito.

Queste misconoscenze si riflettono sul modello di circuito degli studenti, a partire dal modello unipolare, implicito nella previsione secondo cui una lampadina possa essere accesa collegandola attraverso uno o più fili elettrici a un singolo polo di una pila (Leone, 2014), per passare a modelli a circuito chiuso, quali quello a correnti «che si scontrano», dopo essere fuoriuscite dai due poli di una pila, o quello della corrente «che si consuma» ad opera di lampadine o altri utilizzatori nel tragitto da un polo all'altro, fino al cosiddetto modello «scientifico» a corrente elettrica costante (Cosgrow *et al.*, 1985; Driver *et al.*, 1994; Borges & Gilbert, 1999).

Magnetismo

Anche fenomeni di attrazione e repulsione magnetica sono spiegati con proprietà assolute (Piaget & Chollet, 1973), in analogia alla storia delle concezioni di magnetismo (Leone, 2020), e il concetto di polarità magnetica emerge solo faticosamente. Per la fascia di età tra la fine della scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado si registrano il modello del magnete che tira, il modello dell'emanazione e il modello del magnetismo come nube (Erickson, 1994).

Luce

Rispetto ad altri fenomeni (elettricità, magnetismo) qui la misconoscenza è di tipo diverso. La difficoltà sta nel riconoscere nella luce un'entità autonoma che viaggia nello spazio tra la sua sorgente e l'effetto che produce. Secondo molti autori questa difficoltà deriva dalla tendenza ad associare la luce solo alla sorgente e agli effetti visibili che provoca nello spazio «vissuto» (Guesne, 1985; Feher & Meyer, 1994).

Altre misconoscenze connesse alla luce, alla visione, ai colori: difficoltà a riconoscere la propagazione rettilinea della luce; difficoltà a pensare che oggetti illuminati riflettano la luce anche se non sono degli specchi; idea del colore come proprietà degli oggetti; idea della luce bianca come

luce «pura», che non contiene colori; idea che quando una luce colorata raggiunge un oggetto si abbia una mescolanza tra il colore della luce e quello dell'oggetto.

Astronomia

Qui si trovano le misconoscenze classiche legate alla causa dell'alternanza giorno-notte, alla causa del movimento quotidiano del Sole (e degli altri corpi celesti) e quelle legate all'alternanza delle stagioni, spesso legata alla distanza Terra-Sole (idea, questa, che tende a permanere anche dopo le spiegazioni scolastiche) e all'orientamento della caduta di un oggetto se rappresentata su scala planetaria (idea della caduta verso «il basso») (Vosniadou & Brewer, 1992).

3. L'OGGETTO DELLA RICERCA

Sulla base della letteratura esistente (Allen, 2014; Leone, 2020) e di esempi attinti dal TIMMS e dal PISA abbiamo allestito uno strumento per fornire un'istantanea delle misconoscenze che presentano alunni tra gli 11 e i 14 anni dinanzi a quesiti la cui risposta richiede l'applicazione di concetti e principi basilari della fisica elementare (Conoscenze Elementari di Fisica – CEF). L'ipotesi è che l'individuazione di queste situazioni problematiche offra segnali ed ancori di riferimento utili per interventi mirati sui fraintendimenti più diffusi circa concetti scientifici di base, che possono e devono essere messi in discussione con gli alunni.

Le tematiche sono state selezionate sulla base delle sezioni sopra indicate, ripartite come indicato in *Tabella 1*. Il questionario presenta al soggetto fenomeni fisici comuni e richiede spiegazioni con domande tipiche: «Perché accade?», «Cosa succede se?» con quattro alternative di risposta, che solitamente includono le conoscenze ingenue più diffuse. La prima versione del questionario è composta di 52 item da applicarsi in due sessioni di 26 item ciascuna⁷. L'applicazione si svolge come prova collettiva con proiezione sequenziale degli item alla LIM.

⁷ La versione dell'intero questionario comprensivo dei feedback è consultabile all'indirizzo https://sapie.it/wp/wp-content/uploads/2023/03/CEF_PRESENTAZIONE_20-11-1.pdf, raggiungibile anche dalla Home page del sito di S.Ap.I.E. (www.sapie.it).

Tabella 1. – Distribuzione degli item per argomento.

ARGOMENTO	N. ITEM
Conservazione	3
Forze	10
Galleggiamento	5
Aria e Gas	6
Energia	3
Equilibrio termico / Passaggi di stato	5
Elettricità	6
Magnetismo	2
Luce	6
Suono	2
Astronomia	4

Il questionario non ha solo una funzione diagnostica ma una esplicita funzione didattica. Terminata l'applicazione complessiva seguono infatti feedback prestrutturati item per item. Questi feedback, espressi in parole molto semplici, sono stati predisposti in modo da evidenziare le principali misconcezioni più diffuse negli alunni, presentate nel paragrafo precedente e rappresentate nei distrattori sbagliati. Senza pretendere che semplici spiegazioni correttive siano di per sé sufficienti per rimuovere le misconcezioni, i feedback forniscono un punto di riferimento al quale l'insegnante potrà aggiungere altre informazioni o esempi in classe, ritornando poi a distanza di tempo sull'argomento per valutare se negli alunni sia subentrato o meno un significativo cambiamento cognitivo.

Ciascun feedback contiene una parte, esclusivamente rivolta all'insegnante, nella quale ogni alternativa di risposta viene motivata. Ogni distrattore trova la propria ragion d'essere nelle evidenze pubblicate in letteratura di *science education* (es. Leone, 2020).

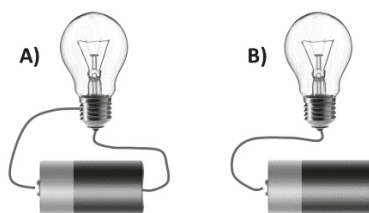


Figura 2. – Immagine relativa all'item 2.12 sull'elettricità.

A titolo di esempio, in *Figura 2* è riportata un'immagine, tratta da un item riguardante l'elettricità (precisamente l'item 2.12 della *Tab. 5*), raffigurante due circuiti elettrici pila-lampadina, seguita dall'affermazione «La lampadina si accende».

Agli studenti sono proposte le seguenti 4 alternative di risposta:

1. Solo nel circuito B.
2. In nessuno dei due circuiti.
3. In tutti e due i circuiti, ma nel circuito B la luce sarà più intensa.
4. Solo nel circuito A.

Nel feedback per l'insegnante, ciascuna possibile risposta viene così motivata:

1. Circuito aperto, unipolare, molto presente nel pensiero infantile (anche se non come modalità esclusiva per l'accensione della lampadina).
2. Alternativa solo concettualmente possibile.
3. Idea ingenua secondo cui anche collegando un solo polo della pila la lampadina si accenda, ma collegandoli entrambi potrebbe produrre più luce.
4. Circuito chiuso (*risposta corretta*).

È nota infatti in letteratura la popolarità del cosiddetto «modello unipolare» secondo cui è sufficiente collegare un solo polo di una pila per provocare l'accensione di una lampadina (es. Leone, 2014).

Ogni item, inoltre, presenta un feedback esplicitamente rivolto allo studente e finalizzato alla comprensione della situazione proposta: «La lampadina si accende SOLO SE il circuito è CHIUSO, cioè se TUTTI E DUE i poli della pila sono collegati a TUTTI E DUE i poli della lampadina. Naturalmente, il circuito deve essere chiuso interamente con materiali conduttori».

4. APPLICAZIONE DEL TEST

Per la validazione del test è stato utilizzato un campione non probabilistico costituito da studenti delle classi I, II e III scuola secondaria di 1° grado, selezionato sulla base della disponibilità data dal dirigente scolastico e dagli insegnanti. La somministrazione dello strumento ha coinvolto 235 studenti delle province di Pesaro-Urbino e Napoli. La *Tabella 2* mostra le caratteristiche del campione rispetto alla provincia, alla classe frequentata e al genere.

Tabella 2. – Caratteristiche del campione.

Classe	MASCHI			FEMMINE			TOTALE		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Provincia									
Pesaro-Urbino	11	23	14	13	16	11	24	39	25
Napoli	33	19	26	21	26	22	54	45	48
TOTALE		126			109			235	

Qui di seguito due tabelle riassuntive del questionario nella sua globalità; a seguire un commento sulla significatività. Le prime osservazioni riguardano i risultati ottenuti dagli studenti sia nella progressione dalla classe I alla classe III, sia nelle distinzioni di genere.

Tabella 3. – Statistiche campione CEF.

	MEDIA	DEVIAZIONE STANDARD	SIGNIFICATIVITÀ STATISTICA DELLE DIFFERENZE TRA CLASSI (T DI STUDENT)		
			I-II	I-III	II-III
Classe I	20,74	6,19	$p < 0,01$	$p < 0,01$	–
Classe II	25,33	7,48	$p < 0,01$	–	0,24
Classe III	23,97	6,97	–	$p < 0,01$	0,24
TOTALE	23,39	7,15			

Tabella 4. – Test T di Student tra classi e Maschi/Femmine.

CLASSI I		CLASSI II		CLASSI III		SIGNIFICATIVITÀ STATISTICA DELLE DIFFERENZE TRA CLASSI (T DI STUDENT)			SIGNIFICATIVITÀ STATISTICA DELLE DIFFERENZE M/F DELLA STESSA CLASSE (T DI STUDENT)			
media	DS	media	DS	media	DS	I-II	I-III	II-III	M/F I	M/F II	M/F III	
M	20,29	6,14	25,78	7,29	24,45	6,44	$p < 0,01$	$p < 0,01$	0,19	0,235	0,291	0,265
F	21,32	6,28	24,88	7,72	23,39	7,63	0,015	0,042	0,20			
Tot.	20,74	6,18	25,33	7,48	23,97	6,97						

I dati mostrano che esistono delle differenze statisticamente significative tra gli alunni delle classi I, che hanno un rendimento più basso, rispetto a quelli delle classi II e III secondaria di 1° grado⁸.

Si nota inoltre come la differenza dei rendimenti tra maschi e femmine che hanno partecipato non risulti statisticamente significativa, anche se sussistono differenze statisticamente significative tra il gruppo dei maschi delle classi I e il gruppo di quelli delle altre classi.

Essendo questa la prima applicazione del CEF è stato necessario valutare alcune sue caratteristiche psicometriche al fine di migliorare la sua qualità interna e arrivare a disporre anche di una versione ottimizzata. La coerenza interna è stata calcolata con il coefficiente alfa di Cronbach (0,96), l'analisi specifica degli item con il semplice rapporto tra numero di risposte corrette e numero di risposte date a ciascun item, l'indice di discriminatività è stato ricavato dal rapporto tra la differenza della somma delle risposte esatte dell'estremo superiore, meno la somma di quelle esatte dell'estremo inferiore, fratto il numero di soggetti che compongono un estremo, assumendo come indice superiore a 0,30 una buona capacità di discriminazione in due gruppi, ovvero tra i soggetti «preparati» da quelli meno preparati. Nella *Tabella 5* sono riportati l'elenco degli item con i valori medi di riuscita, anche suddivisi per classe e l'indice di discriminatività per ciascun item.

Dalla prima versione di 56 item, selezionando solo gli item che superano la soglia di 0,30, è stata ricavata la versione ridotta di soli 30 item (sono quelli evidenziati in grassetto nella *Tab. 5*) in cui si è scelto, per semplicità in future comparazioni, di mantenere invariata la numerazione originale degli item, ovvero quella riportata nella *Tabella 5*. Nella *Tabella 6* sono riportati i valori medi e i risultati relativi al campione e inerenti alla versione ridotta del questionario CEF⁹.

⁸ Le classi terze ottengono un punteggio lievemente più basso di quello delle classi seconde senza però che questa differenza sia statisticamente significativa.

⁹ La versione ridotta di 30 item è consultabile al seguente link: https://sapie.it/wp/wp-content/uploads/2024/01/PROVA-CEF_VERSIONE-RIDOTTA_18-01-24.pdf raggiungibile anche dalla Home page del sito di S.Ap.I.E. (www.sapie.it).

*Tabella 5. – Elenco degli item con i valori medi di riuscita e loro indice di discriminatività.
In grassetto sono evidenziati gli item che compongono la versione ridotta del questionario CEF.*

ITEM	TEMATICA	PRESENTAZIONE DELL'ITEM	VALORI MEDI % DI RIUSCITA DELL'ITEM	DEV. STAND.	I M	II M	III M	INDICE DI DISCRIMINATIVITÀ
1.1	Passaggi di stato	Acqua che evapora	84,68	15,86	58,97	89,29	82,19	0,26
1.2	Conservazione	Pongo modellato in acqua	30,64	10,72	19,23	40,48	27,40	0,38
1.3	Conservazione	Ghiaccio fuso in acqua	31,49	7,19	26,92	38,10	24,66	0,49
1.4	Conservazione	Acqua che evapora	43,83	3,17	37,18	42,86	42,47	0,21
1.5	Forza	Scorrimento fiumi	51,49	10,57	34,62	52,38	53,42	0,25
1.6	Forza	Palla ferma su un tavolo/palla che cade	37,02	13,83	21,79	48,81	30,14	0,25
1.7	Forza	Movimento a causa della gravità	52,34	17,17	30,77	61,90	58,90	0,43
1.8	Forza	Movimento in assenza di gravità	12,77	0,72	10,26	9,52	10,96	-0,04
1.9	Forza	Trascinamento di pesi: differenze	56,60	8,83	46,15	63,10	58,90	0,38
1.10	Forza	Trascinamento di pesi: forza necessaria	42,55	8,50	28,21	36,90	45,21	-0,10
1.11	Forza	Sollevamento peso	28,94	12,48	17,95	21,43	41,10	0,17
1.12	Forza	Astronauti sulla luna	50,64	11,09	34,62	50,00	56,16	0,36
1.13	Galleggiamento	Cubetti di ghiaccio nell'acqua	44,26	15,91	24,36	47,62	54,79	0,32
1.14	Galleggiamento	Galleggiamento di oggetti di peso diverso	32,34	9,65	20,51	39,29	26,03	0,32
1.15	Galleggiamento	Blocchetti di giacchio sovrapposti in acqua	40,00	10,94	24,36	44,05	42,47	0,52
1.16	Galleggiamento	Galleggiamento di oggetto intero o bucato	46,81	10,94	35,90	55,95	38,36	0,18
1.17	Galleggiamento	Affondamento navi	33,19	15,94	14,10	35,71	45,21	0,34
1.18	Aria-Gas	Causa del vento	70,64	17,47	46,15	79,76	71,23	0,45
1.19	Aria-Gas	Natura dell'aria	68,51	17,49	44,87	79,76	60,27	0,16
1.20	Aria-Gas	Peso dell'aria	41,70	7,73	37,18	29,76	45,21	0,18
1.21	Aria-Gas	Palloncino che vola	37,87	7,62	26,92	40,48	39,73	0,19
1.22	Forza	Foglio e pallina (stesso peso) cadono	44,26	11,33	30,77	41,67	53,42	0,27

ITEM	TEMATICA	PRESENTAZIONE DELL'ITEM	VALORI MEDI % DI RIUSCITA DELL'ITEM	DEV. STAND.	I M	II M	III M	INDICE DI DISCRIMINATIVITÀ
1.23	Aria-Gas	Bicchiere pieno di acqua capovolto con cartolina	43,83	17,36	23,08	51,19	54,79	0,40
1.24	Aria-Gas	Palloncino di gas riscaldato	60,43	18,20	34,62	63,10	68,49	0,25
1.25	Suono	Trasmissione del suono	66,81	23,29	34,62	79,76	67,12	0,34
1.26	Suono	Trasmissione del suono	77,02	20,34	46,15	76,19	84,93	0,17
2.1	Energia	Oggetti a funzionamento elettrico: scelta	69,79	10,50	52,56	70,24	71,23	0,64
2.2	Energia	Candela	62,13	12,84	43,59	67,86	63,01	0,47
2.3	Energia	Calcio al pallone	35,74	10,17	23,08	38,10	42,47	0,30
2.4	Equilibrio termico	Patata bollente in acqua fredda	60,00	17,40	35,90	69,05	61,64	0,34
2.5	Equilibrio termico	Yogurt freddo sul tavolo	34,89	8,39	20,51	35,71	34,25	0,09
2.6	Equilibrio termico	Equilibrio tra acque di temperature diverse	34,47	11,44	20,51	42,86	27,40	0,18
2.7	Equilibrio termico	Temperatura oggetti nell'aula	42,13	2,91	37,18	42,86	41,10	0,17
2.8	Elettricità	Palloncino strofinato	48,09	13,42	29,49	55,95	46,58	0,53
2.9	Elettricità	Biro strofinata accanto a pezzetti di carta	37,87	11,08	25,64	47,62	34,25	0,38
2.10	Elettricità	Limatura e palloncino strofinato; limatura e calamita	22,13	8,57	10,26	19,05	27,40	0,06
2.11	Elettricità	Disegno di circuito da chiudere	54,04	14,36	34,62	63,10	52,05	0,57
2.12	Elettricità	Circuito funzionante	34,04	6,28	24,36	36,90	30,14	0,34
2.13	Elettricità	Più lampadine collegate ad una pila	41,70	19,15	19,23	38,10	57,53	0,31
2.14	Magnetismo	Separazione di limatura di ferro e sabbia	53,19	16,72	32,05	65,48	47,95	0,43
2.15	Magnetismo	Scatoline che si respingono	55,74	10,30	41,03	60,71	56,16	0,49
2.16	Luce	Arcobaleno	34,89	5,77	28,21	33,33	39,73	0,39
2.17	Luce	Lampadina e schermo con foro	41,28	12,19	25,64	50,00	36,99	0,31
2.18	Luce	Natura dell'ombra	44,68	8,43	33,33	50,00	43,84	0,51
2.19	Luce	Forza dei raggi solari uso della crema	30,64	7,72	20,51	34,52	21,92	0,12

ITEM	TEMATICA	PRESENTAZIONE DELL'ITEM	VALORI MEDI % DI RIUSCITA DELL'ITEM	DEV. STAND.	I M	II M	III M	INDICE DI DISCRIMINATIVITÀ
2.20	Luce	Posizione ombre	50,64	7,84	38,46	50,00	53,42	0,61
2.21	Luce	Confronto altezza lunghezza ombra	41,70	14,96	23,08	44,05	52,05	0,30
2.22	Astronomia	Movimento apparente del Sole	29,36	6,42	23,08	35,71	27,40	0,18
2.23	Astronomia	Causa giorno e notte	28,51	12,48	12,82	35,71	32,88	0,40
2.24	Astronomia	Causa delle stagioni	40,43	6,40	30,77	32,14	42,47	0,06
2.25	Astronomia	Visibilità della Luna	42,13	13,72	29,49	53,57	30,14	0,43
2.26	Forza	Orientamento della caduta di un grave	37,87	11,70	20,51	41,67	39,73	0,27

Tabella 6. – Dati relativi al questionario ridotto CEF.

	MEDIA	DS	I QUARTILE	II QUARTILE	III QUARTILE
Classi I	11,56	5,32	8	11	16
Classi II	15,61	6,22	10	14	22
Classi III	14,40	5,25	10	14	19
TOTALE	13,89	5,87	9	13	18

5. DISCUSSIONE

Lo strumento creato è stato validato avvalendoci di un piccolo campione e manca ancora una sua adeguata standardizzazione a livello nazionale. Per tale motivo le rilevazioni che se ne possono trarre mantengono il carattere di ipotesi provvisorie.

Una prima visione di questi dati comunque ci mette innanzi un quadro di criticità significative. Anche se non possediamo altri parametri di riferimento, il fatto che il punteggio medio è inferiore alla metà del punteggio possibile, è indicativo di per sé di una situazione complessiva di evidente difficoltà, seppur l'ampiezza della Deviazione Standard segnali che ci sono rilevanti differenze interne alle classi campionate. Limitandoci quindi ad una rassegna veloce e rimandando per approfondimenti ad un altro lavoro, rileviamo che:

- Gli studenti ottengono risultati migliori in alcuni item specifici:
 - 1.1 relativo ai passaggi di stato;
 - 1.18 e 1.19 relativi all'aria e ai gas;
 - 1.25 e 1.26 relativi al suono;
 - 2.1 relativo all'energia elettrica.
- Numerose misconoscenze si riscontrano intorno a concetti analizzati e discussi in letteratura, come detto in precedenza. A un primo sguardo, infatti, le criticità maggiori sono sugli item:
 - 1.2 e 1.3 relativi alla conservazione del volume e del peso;
 - 1.8 relativo al concetto di forza, in particolare sul principio di inerzia e 1.11 sul sollevamento di un peso;
 - 1.14 e 1.17 relativi al galleggiamento;
 - 2.10 relativo all'elettricità, in particolare sulla distinzione tra fenomeni elettrici e magnetici di attrazione;
 - 2.19 relativo alla luce, in particolare sulla lunghezza delle ombre;
 - 2.22 relativo al movimento apparente del Sole;
 - 2.23 relativo alla rotazione della Terra attorno al proprio asse.

Solo a titolo esemplificativo, ci soffermiamo qui sulla domanda 1.17 sul galleggiamento, da cui possiamo ricavare delle conclusioni interessanti se lette in parallelo ai risultati pubblicati in letteratura e a quanto enunciato dalle *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione* (MIUR, 2012). Questo documento, infatti, indica tra gli obiettivi di apprendimento per la disciplina «Scienze» al termine della classe quinta primaria, l'individuazione delle proprietà di alcuni materiali, tra le quali la *densità*. E, al termine della classe terza della scuola secondaria di primo grado, la realizzazione di esperienze sul galleggiamento. Eppure, a quanto risulta da tale item, anche se incrociato con gli altri item relativi

al galleggiamento, emerge un quadro di insufficiente differenziazione tra i concetti di peso e densità, coerente con i risultati in letteratura (Leone, 2020). Tale item consiste infatti nella classica domanda, già utilizzata da Piaget nei suoi studi, sul galleggiamento delle navi: «Le navi sono fatte di metallo. Allora perché non affondano?». Meno di metà del campione complessivo (34,7%) e del campione delle sole classi terze (45,2%) ha risposto facendo riferimento al principio di Archimede («Perché la spinta che ricevono dall'acqua è maggiore del peso della nave»). Il 26,5% del campione ha risposto che le navi non affondano «Perché il metallo con cui sono fatte ha una densità minore di quella dell'acqua», denunciando così di applicare un concetto corretto, quello di densità, in modo erroneo (il metallo di cui sono fatte le navi non ha densità minore di quella dell'acqua). Il 24,5% degli studenti ha invece risposto che le navi non affondano «Perché il metallo con cui sono fatte viene scelto in modo da non essere molto pesante», evidenziando così l'idea erronea che il peso determini di per sé l'affondamento o il galleggiamento degli oggetti. Una piccola percentuale del campione, 13,6%, ha addirittura scelto come risposta quella secondo cui le navi non affondano «Perché si muovono sull'acqua», mostrando così di non essere ancora entrati, indipendentemente dalla validità assoluta della concezione stadiale, nel 4° stadio dell'evoluzione delle spiegazioni del galleggiamento secondo Piaget (1972), tipico dei ragazzi dai 9 anni in su.

6. CONCLUSIONI

In questo lavoro ci siamo occupati delle conoscenze sulle scienze fisiche possedute da alunni tra gli 11 e i 14 anni. Abbiamo allestito e validato un questionario (CEF) che intende offrire una visione sintetica degli ostacoli cognitivi più diffusi (misconoscenze), quali emergono quando si richiede ad un alunno di questa età di applicare concetti e principi basilari rilevanti della fisica elementare a situazioni concrete. Al questionario si abbina anche un breve feedback didattico, che fornisce una rapida spiegazione della risposta giusta e della inadeguatezza delle alternative. Da una prima versione più estesa di questo strumento, composto di 52 item, è stata ricavata una versione più breve, adatta per un testing veloce nelle classi di scuola secondaria di I grado, che si rende disponibile all'uso per ogni scuola.

L'ipotesi è che una segnalazione delle maggiori misconoscenze in un'ottica di vasto spettro possa essere di particolare utilità perché può mettere gli insegnanti in grado di conoscere immediatamente i punti di maggiore criticità nella visione che l'alunno ha dei fenomeni fisici, su cui

conviene intervenire. Anche se in qualche caso un'idea sbagliata può essere solo la superficie di un *iceberg* più complesso, un'informazione correttiva, anche con informazioni mirate o piccoli esempi, può forse già gettare una luce diversa sul problema in questione, o generare una forma di conflitto che può orientare ad un'ulteriore revisione delle spiegazioni ingenue.

Lo sviluppo successivo del lavoro prevederà appunto il potenziamento della parte didattica, con la messa a punto di un kit di brevi interventi, soprattutto sotto forma di simulazioni o video, volti a favorire la consapevolezza degli alunni sulla necessità di ristrutturare i propri schemi sui punti critici individuati.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Allen, M. (2014). *Misconceptions in primary science* (2nd ed.). Maidenhead, UK: Open University Press.
- Biddulph, F., & Osborne, R. (1984). Pupils idea about floating and sinking. *Review in Science Education*, 14(1), 114-124.
- Borges, A.T., & Gilbert, J.K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117.
- Brook, A., Driver, R., & Hind, D. (1989). *The development of pupils' understanding of physical characteristics of air across the age range 5-16 years*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Caillot, M. (1993). Learning electricity and cognitive modeling. In *Advanced educational technologies for mathematics and science* (pp. 151-164). Berlin: Springer.
- Calvani, A., Chiappetta Cajola, L., Leone, M., & Torre, M. (2022). Potenziare la formazione degli insegnanti sulla didattica scientifica. *OrizzonteScuola*, 30 settembre.
<https://www.orizzontescuola.it/potenziare-la-formazione-degli-insegnanti-sulla-didattica-scientifica-le-linee-dazione-dei-pedagogisti/>
- Cosgrove, M., Osborne, R., & Carr, M. (1985). Children's intuitive ideas on electric current and the modification of those ideas. In R. Duit, W. Jung, & C. von Rhoneck (Eds.), *Aspects of understanding electricity: Proceedings of an international workshop* (pp. 247-256). Kiel: IPN.
- Di Sessa, A.A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science research into children's ideas*. London - New York: Routledge.

- Erickson, G.L. (1994). Pupils understanding of magnetism in a practical assessment context: The relationship between content, process and progression. In P. Fensham, R. Gunstone, & R. White (Eds.), *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning* (pp. 80-97). London: The Falmer Press.
- Erickson, G.L., & Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 52-84). Philadelphia: Open University Press.
- Feher, E., & Meyer, K.R. (1994). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 505-520.
- Galili, I., & Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19(3), 317-340.
- Gilbert, J., & Watts, D. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 11-32). Philadelphia: Open University Press.
- Halloun, I.A., & Hestenes, D. (1985a). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53(11), 1043-1055.
- Halloun, I.A., & Hestenes, D. (1985b). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53(11), 1056-1065.
- Israel, G. (2008). *Chi sono i nemici della scienza. Riflessioni su un disastro educativo e culturale e documenti di malascienza*. Torino: Lindau.
- Kohn, A.S. (1993). Preschoolers' reasoning about density: Will it float? *Child Development*, 64(6), 1637-1650.
- Leone, M. (2014). History of physics as a tool to detect the conceptual difficulties experienced by students: The case of simple electric circuits in primary education. *Science & Education*, 23, 923-953.
- Leone, M. (2020). *Insegnare e apprendere fisica nella scuola dell'infanzia e primaria*. Milano: Mondadori Educational.
- Mazens, K., & Lautrey, J. (2003). Conceptual change in physics: Children's naive representations of sound. *Cognitive Development*, 18, 159-176.
- MIUR – Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2012). Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione. *Annali della Pubblica Istruzione*, Numero speciale.
- Neidorf, T., Arora, A., Erberber, E., Tsokodayi, Y., & Mai, T. (2020). *Student misconceptions and errors in physics and mathematics: Exploring data from TIMSS and TIMSS Advanced*. London: SpringerOpen.
- Piaget, J. (1972). *The child's conception of physical causality*. Totowa, NJ: Littlefield, Adams.

- Piaget, J. (1974). *Understanding causality*. Oxford: Norton.
- Piaget, J., & Chollet, M. (1973). Le problème de l'attraction, à propos des aimants. In J. Piaget *et al.*, *La formation de la notion de force* (pp. 223-242). Paris: Presses Universitaires de France.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1974). *The child's construction of physical quantities*. London: Routledge.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Rinaudo, M., & Leone, M. (2024). History of physics as a heuristic device to anticipate students' ideas: The case of electrostatics. *Physics Education*, 59, 015019.
- Saltiel, E., & Hartmann, M. (2005). Comment enseigner la matérialité de l'air? In *Fondation La main à la pâte*.
<https://www.fondation-lamap.org/fr/page/11933/comment-enseigner-la-materialite-de-lair>
- Slavin, R.E., Lake, C., Hanley, P., & Thurston, A. (2014). Experimental evaluations of elementary science programs: A best-evidence synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 870-901.
- Smith, C., Carey, S., & Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237.
- Tytler, R. (1998). Children's conception of air pressure: Exploring the nature of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 20(8), 929-958.
- Vosniadou, S. (2019). The development of students' understanding of science. *Frontiers in Education*, 4, 32.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *International Journal of Science Education*, 24(4), 535-585.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- West, E., & Wallin, A. (2013). Students' learning of a generalized theory of sound transmission from a teaching-learning sequence about sound, hearing and health. *International Journal of Science Education*, 35(6), 980-1011.

RIASSUNTO

Il conseguimento di un adeguato livello nelle conoscenze scientifiche è riconosciuto come un importante traguardo non solo per formare futuri scienziati ma soprattutto per consentire alle nuove generazioni il possesso di competenze per una cittadinanza responsabile e criticamente informata. Per ciò che riguarda l'Italia le comparazioni internazionali evidenziano l'accentuarsi di particolari criticità in questo ambito. Per ciò che riguarda la ricerca delle azioni didattiche volte a migliorare la comprensione dei fenomeni fisici rimane fondamentale comprendere le preconoscenze da cui muovono gli alunni con gli ostacoli cognitivi che queste comportano. Abbiamo allestito e validato un questionario per mettere in evidenza gli elementi di criticità più diffusi nella spiegazione di fenomeni fisici da parte di alunni di età 11-14. I dati raccolti confermano la presenza di diffuse misconoscenze già segnalate in letteratura che è opportuno mettere al centro dell'attenzione dei docenti. Il questionario si completa con un feed formativo che intende fornire prime indicazioni per una loro revisione.

Parole chiave: Cambiamento cognitivo; Conoscenze elementari di fisica; Didattica della Scienza; Preconoscenze; Valutazione.

Copyright (©) 2024 Antonio Calvani, Matteo Leone, Matteo Torre
Editorial format and graphical layout: copyright (©) LED Edizioni Universitarie



This work is licensed under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

How to cite this paper: Calvani, A., Leone, M., & Torre, M. (2024). Misconoscenze di fisica nella scuola del primo ciclo: un questionario didattico [Physics misconceptions in first cycle school: An education questionnaire]. *Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies (ECPS)*, 29, 21-41. <https://doi.org/10.7358/ecps-2024-029-calv>