I laboratori di Didattica della Fisica nel Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria dell’Università di Palermo

**Claudio FAZIO e Onofrio Rosario BATTAGLIA**

*Dipartimento di Fisica e Chimica – Emilio Segrè, Università degli Studi di Palermo.*

e-mail di riferimento: claudio.fazio@unipa.it

**Abstract**. È ben noto che le inadeguate performance di apprendimento delle discipline scientifiche evidenziate spesso dagli studenti della Scuola Primaria italiana possano anche essere ascritte alle modalità di insegnamento di tali discipline, spesso ancora ancorate all’idea di mera “trasmissione” di conoscenze agli studenti, che assumono un ruolo passivo nel loro apprendimento. Molti risultati di ricerca citati mettono, invece, in evidenza che una didattica basata sul coinvolgimento attivo degli studenti nei processi di apprendimento possa rappresentare un modo efficace per migliorare la comprensione delle tematiche e metodologie tipiche della Scienza. Gli insegnanti in formazione devono, quindi, essere messi in condizione didi confrontarsi con ambienti di progettazione didattica, come quelli basati sull’Indagine e la Scoperta Scientifica (Inquiry-Based Science Education), esplicitamente finalizzati alla costruzione attiva della conoscenza. In questo contributo discuteremo alcuni risultati dell’applicazione delle metodologie didattiche sopra accennate nelle attività di laboratorio didattico del corso di “Fisica per la Scuola Primaria e dell’Infanzia” attivo presso il Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria dell’Università di Palermo. In particolare, discuteremo come lo svolgimento di laboratori didattici basati sul coinvolgimento attivo degli stessi insegnanti in formazione del Corso di Laurea possa avere sensibili effetti positivi sulle preferenze espresse dagli insegnanti in formazione in relazione al modo di insegnare le scienze ai bambini, sulle loro idee relative alle difficoltà che un insegnante di scuola primaria/dell'infanzia può incontrare nel progettare e attuare in classe attività didattiche di tipo scientifico e, più in generale, sulla motivazione stessa degli insegnanti in formazione all'apprendimento/insegnamento delle scienze.

1. Introduzione

I risultati di molti progetti di ricerca nazionali e internazionali e rapporti scientifici della Commissione Europea (ad esempio, Rocard et al., 2007) e di altre organizzazioni (AAAS, 2002; NRC, 2012) hanno mostrato che i risultati insoddisfacenti di apprendimento delle discipline di tipo scientifico che possono essere sovente riscontrati nelle scuole di ogni ordine e grado possono essere in parte dovuti al modo in cui queste discipline sono insegnate. L'insegnamento "tradizionale" delle scienze è, infatti, spesso basato su approcci che prevedono solo un “trasferimento” verso gli alunni di contenuti predeterminati dal docente, senza alcun riferimento a situazioni di vita quotidiana o a conoscenze pregresse degli studenti. In questo contesto gli studenti assumono un ruolo passivo nell'apprendimento e raramente hanno la possibilità di seguire, durante le attività didattiche, procedure simili a quelle proprie della Scienza. Un tale modo di insegnare le discipline scientifiche può influenzare negativamente le idee e le convinzioni degli studenti sulla Scienza e sulla sua natura (Schoen & LaVenia, 2019; Irez, 2007), convincendoli che la conoscenza scientifica si basi principalmente su una mera descrizione dei risultati presentati come "veri "e" precisi" perché ottenuti utilizzando "il Metodo Scientifico", e che le materie scientifiche siano troppo difficili per essere insegnate in ordini di scuola come quello Primario.

Tutto ciò è riscontrabile anche in corsi di laurea universitari finalizzati alla formazione in pre-servizio degli insegnanti, come quello di Scienze della Formazione Primaria. Oltre ad approcciarsi ai vari corsi curricolari con livelli di comprensione dei contenuti alquanto compositi (es. Gupta & Lee, 2020), gli studenti (che da qui in avanti chiameremo “Insegnanti in Formazione”, IiF), sono sovente destinatari, in molti ambiti disciplinari scientifici, di un approccio didattico basato su lezioni frontali, alle quali si accostano alcune attività di laboratorio, troppo speso solo limitate a una mera verifica di leggi e teorie. In alcuni casi, è richiesto agli IiF di pianificare delle unità di insegnamento di argomenti scientifici “mettendo in pratica” concetti teorici appresi nei corsi di area Pedagogica e Psicologica, senza particolari suggerimenti su come effettivamente ricostruire didatticamente i contenuti scientifici da insegnare. È stato mostrato dalla ricerca (vedere, ad esempio, Sperandeo-Mineo et al., 2006) che gli insegnanti che hanno ricevuto questo tipo di formazione in pre-servizio tendono a ricorrere, nelle loro classi, a pratiche di istruzione scientifica incentrate sui contenuti e tendono ad applicare, per ripetizione, gli stessi metodi didattici trasmissivi da loro stessi sperimentati durante gli anni della formazione, senza alcuno specifico adattamento dei contenuti al contesto didattico. Questo avviene, spesso, per mezzo di una mera semplificazione dei contenuti appresi all'università e basandosi su un uso quasi esclusivo dei libri di testo come sorgente unica delle informazioni per gli allievi (ad esempio, Sprinthall, Reiman e Thies-Sprinthall, 1996).

Una tale situazione può anche portare gli IiF a sviluppare bassi livelli di percezione di auto efficacia nell'insegnamento delle scienze, cosa che molto probabilmente influenzerà negativamente il modo in cui gli insegnanti, una volta in servizio, pianificheranno le attività di classe e svolgeranno le lezioni (Samuel, 2017; Samuel & Ogunkola, 2015; Lumpe et al., 2012; Marshal et al., 2009).

Molti studi (per es., Siswono et al., 2019; Purnomo et al., 2017; Teng, 2016; Kirkgöz, 2016; Buczynski & Bobbi Hansen, 2010; McDermott & DeWater, 2000) si sono concentrati sull'impatto dei programmi di formazione e aggiornamento professionale degli insegnanti sulle “convinzioni” degli insegnanti stessi in relazione all’insegnamento (Di Martino & Sabena, 2011; Zan & Di Martino, 2020), su pratiche di insegnamento e sull’apprendimento degli studenti, e sui vantaggi dei programmi basati su metodologie che fanno riferimento a processi di indagine e scoperta scientifica (Inquiry-Based Science Education, IBSE (vedere, ad esempio, Bybee, 1993)). Tali programmi di formazione sono considerati dalla comunità scientifica di ricerca in didattica delle discipline scientifiche un modo per plasmare le convinzioni dei futuri insegnanti sulla natura della Scienza e sul suo insegnamento e migliorare la comprensione delle metodologie tipiche di tale disciplina. Inoltre, molti ricercatori hanno studiato le riposte date a questionari progettati per misurare le convinzioni degli insegnanti sulle pratiche di insegnamento e sul loro ruolo in esse. La maggior parte delle domande di tali questionari chiede agli insegnanti quali sono le loro convinzioni a proposito di insegnamento e apprendimento indipendentemente dalla materia insegnata, ma alcuni lo fanno nello specifico della disciplina (vedere, ad esempio, Schoen e LaVenia, 2019; Peterson et al., 1989, Clark et al., 2014).

È opinione ben diffusa che i programmi di formazione per insegnanti, come quelli svolti nei corsi di laurea di formazione degli insegnanti di Scuola Primaria, debbano, di conseguenza, essere ripensati per consentire agli IiF di mettersi alla prova con approcci alla pianificazione dell'insegnamento come quello basato sull'IBSE, che sono specificamente mirati a consentire agli allievi (e, quindi, anche agli IiF) di costruire attivamente, anche tramite una pratica continua e deliberata (Mayer, 2008), la conoscenza di metodologie analoghe a quelle proprie della Scienza e costruire una “mentalità aperta” (Dweck, 2006) in relazione anche alle proprie capacità. Tramite un simile approccio, i metodi didattici studiati durante i corsi teorici di didattica e pedagogia del corso di laurea possono essere messi in pratica nel contesto specifico della Scienza, allo scopo di favorire un'autentica "ricostruzione didattica" del contenuto scientifico da insegnare (es. Duit et al., 2012). Inoltre, gli IiF devono essere esplicitamente invitati a mettere alla prova le loro conoscenze scientifiche, e possibilmente migliorarle, provando essi stessi i percorsi di apprendimento progettati e condividendo, discutendo e sperimentando in contesti reali di classe le attività che hanno pianificato. La ricerca mostra che ciò può incoraggiare un'attenta riflessione da parte degli IiF sulle difficoltà di apprendimento degli alunni, proprio grazie all'attivazione di processi di metariflessione (Karamarski, 2017; Simons, 1996; Schön, 1988) sulle proprie difficoltà di apprendimento. Lo scopo finale è, evidentemente, quello di attivare negli IiF il processo di costruzione di una particolare forma di conoscenza, la ben nota "Pedagogical Content Knowledge" (Shulman 1986, 1987), che Zeidler nel 2002 ha sintetizzato come “*la capacità di un insegnante di trasmettere le informazioni essenziali in modo chiaro, coinvolgente e accessibile agli studenti*”, e aiutare gli IiF a attivare la già citata “mentalità aperta” (Dweck, 2006) in relazione alle proprie percezioni di auto-efficacia nell’insegnamento.

Negli ultimi anni sono state discusse in letteratura alcune ricerche finalizzate all’analisi dell'effetto sulle convinzioni personali e sulle percezioni di auto-efficacia nella didattica di docenti in formazione, e sulla risposta di questi all’innovazione, dell’inserimento di aspetti innovativi nei programmi di formazione in pre-servizio degli insegnanti (vedere, ad esempio, Tarmo & Bevins, 2016; Gregoire, 2003). In questo articolo, descriviamo uno studio di ricerca condotto con studenti del quarto anno del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università degli Studi di Palermo, durante l'anno accademico 2018-19. La ricerca si è concentrata sugli effetti di due corsi di laboratorio didattico di fisica nel modificare idee e convinzioni personali degli IiF sull'insegnamento delle discipline scientifiche e sul loro possibile ruolo in tale ambito. Uno dei laboratori si basava su metodi "tradizionali", comunemente utilizzati in altri laboratori didattici del corso di laurea da loro frequentato, e l'altro era esplicitamente basato su metodiche IBSE innovative, integrate anche da attività di esibizione scientifica.

In particolare, discutiamo qui i risultati di un'analisi quantitativa delle risposte date dai docenti in formazione a un questionario, ispirato ad altri questionari utilizzati nei progetti del Settimo Programma Quadro finanziati dall'UE e incentrati sulIBSE, adattati e validati specificatamente per il contesto specifico della ricerca. L'analisi è stata effettuata utilizzando una nuova metodologia di analisi dati basata sulla “Cluster Analysis” (ClA) (vedere, ad esempio, Everitt et al., 2011). Tale metodologia ci ha permesso di classificare gli IiF in diversi gruppi, o cluster, e costruire i relativi profili degli IiF senza alcun conoscenza preconcetta di quali forme potessero assumere questi gruppi (“unsupervised classification” (Sathya e Abraham, 2013; Dayan, 1999)). I cluster sono stati, quindi, analizzati per dedurre le loro caratteristiche distintive e per evidenziare somiglianze e differenze tra loro.

Gli IiF hanno risposto alle domande del questionario prima, durante e dopo i due corsi di laboratorio didattico. Lo scopo era quello di ottenere informazioni sui possibili effetti che i due diversi metodi utilizzati nei laboratori possono avere sulle preferenze espresse dagli IiF su come insegnare la Scienza a bambini di Scuola Primaria, sulle loro convinzioni sulle difficoltà che un insegnante di Scuola Primaria incontra durante la pianificazione e lo svolgimento delle attività di insegnamento delle scienze in classe e, più in generale, sulla motivazione degli IiF all'apprendimento e l'insegnamento delle discipline scientifiche.

In questo articolo discuteremo alcuni dei risultati ottenuti e rimandiamo ad un articolo da noi già pubblicato altrove (Fazio et al., 2020) per dettagli sulla analisi dei cluster ottenuti a seguito della somministrazione dei questionari e approfondimenti sui risultati.

2. La ricerca

Sulla base delle considerazioni sopra descritte, in questo articolo descriviamo alcuni punti salienti di una ricerca tesa allo studio dei possibili effetti di un corso di laboratorio basato su metodologie didattiche "tradizionali" e di un altro corso, basato su metodiche di indagine scientifica nel modificare le idee e le convinzioni degli IiF del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria sulla didattica delle discipline scientifiche e sulla loro percezione di auto-efficacia nell’insegnamento efficace di tali discipline.

*2.1 Ipotesi di ricerca*

Gli IiF che frequentano il corso di “Fisica per la Scuola Primaria e dell’Infanzia” dell'Università degli Studi di Palermo hanno dei bassi livelli di percezione di autoefficacia sull'insegnamento delle discipline scientifiche e tutto ciò si riflette in una scarsa percezione della rilevanza della Scienza nella vita reale e nella scarsa disposizione all'insegnamento delle discipline scientifiche a scuola.

*2.2* *Domande di ricerca*

1. In che misura un laboratorio didattico basato sull'applicazione di metodi e concetti teorici appresi dagli IiF nei loro corsi universitari introduttivi alla didattica e alla pedagogia può essere utile per modificare le idee personali degli IiF sull'insegnamento delle scienze nella Scuola primaria e la loro percezione di auto-efficacia nell'insegnamento?
2. In che misura un laboratorio didattico basato sull'implementazione di metodi Inquiry-Based, sulla condivisione dei risultati con i colleghi e sull’organizzazione di una mostra scientifica può essere utile per modificare le idee personali degli IiF sull'insegnamento delle scienze nella Scuola primaria e la loro percezione di auto-efficacia nell'insegnamento?

*2.3. Contesto e partecipanti*

La ricerca qui descritta è stata svolta durante l'anno accademico 2018-19 nel contesto del Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università degli Studi di Palermo e ha visto la partecipazione di 150 IiF del quarto anno del Corso di Laurea, in prevalenza di sesso femminile, che si trovavano a frequentare il corso di Fisica per la Scuola Primaria e dell’Infanzia tenuto da uno degli autori. Molti di tali IiF provenivano da scuole secondarie nelle quali la fisica viene solitamente insegnata seguendo un approccio basato principalmente sulla trasmissione di concetti generali agli studenti. In alcuni casi le lezioni di fisica seguite alla scuola secondaria potevano essere integrate con attività di laboratorio, ma queste erano spesso svolte dagli stessi docenti, che seguivano sovente un approccio confermativo/dimostrativo di leggi e concetti ben formalizzati sui libri di testo in uso. Durante i primi anni del Corso di Laurea, gli IiF hanno frequentato diversi corsi teorici di Pedagogia, Didattica e Psicologia e svolto attività di laboratorio didattico in diversi abiti disciplinari, con la progettazione di attività didattiche per la Scuola primaria basate sull’applicazione dei concetti appresi nei corsi teorici suddetti.

*2.4. Metodologia*

Le attività di lavoro svolte dagli IiF sono state articolate nelle seguenti fasi:

1. All’inizio del percorso laboratoriale “tradizionale”, gli IiF hanno completato un questionario finalizzato a chiarire quali fossero le loro idee sull'insegnamento delle discipline scientifiche nelle Scuole Primarie. Il questionario era composto da domande a risposta aperta tratte da questionari utilizzati in letteratura scientifica sulla specifica tematica della ricerca, opportunamente modificati al fine di adattarli al contesto specifico della ricerca effettuata e sottoposti a procedure di validazione di contenuto e di facciata (vedere, ad esempio, Lawshe, 1975; Anastasi, 1988). In particolare, la validazione di facciata del questionario è stata effettuata coinvolgendo sette IiF dello stesso corso di Fisica per la Scuola Primaria e dell’Infanzia che, per vari motivi, non hanno partecipato alla ricerca. È stato chiesto loro di rispondere al questionario, evidenziando frasi o intere domande che non erano chiare per loro e suggerendo modifiche che avrebbero migliorato la comprensibilità delle domande. Un colloquio con ognuno degli IiF partecipanti ha completato la procedura di validazione. Il questionario, e le risposte tipiche ad esso date dagli IiF partecipanti alla sperimentazione, è riportato in Appendice.
2. Immediatamente dopo la somministrazione del test iniziale, gli IiF hanno frequentato un laboratorio didattico "tradizionale" (obbligatorio per il Corso di Laurea) di sedici ore suddivise in quattro “lezioni”. Le attività sono state basate sull’analisi delle Indicazioni Nazionali per la Scuola Primaria e sulla richiesta di mettere in pratica i concetti appresi dagli IiF durante i loro corsi universitari introduttivi di Pedagogia, Didattica e Psicologia. Ci si è concentrati sulla individuazione nelle Indicazioni Nazionali delle tematiche di fisica più rilevanti e sulla progettazione di percorsi di insegnamento su tali tematiche per bambini di Scuola Primaria. Il tutto è stato svolto suddividendo gli IiF in sei gruppi di venticinque persone, con la supervisione di insegnanti esperti di Scuola Primaria, in modo del tutto analogo a quanto viene comunemente svolto in tutti i corsi di laboratorio didattico del Corso di Laurea. Il lavoro di gruppo, la produzione e la discussione di materiale di lavoro basato sui metodi di insegnamento appresi durante i corsi teorici e la proposta di percorsi didattici sono stati aspetti fondamentali del laboratorio didattico.
3. Al termine del laboratorio didattico tradizionale, gli IiF hanno nuovamente risposto, come prova intermedia, alle stesse domande già affrontate in fase iniziale.
4. Circa un mese dopo la somministrazione del test intermedio, la maggior parte degli IiF ha frequentato un laboratorio didattico facoltativo, basato su un approccio Inquiry-Based e svolto coinvolgendo gli IiF in attività di progettazione di semplici esperimenti legati ai percorsi didattici precedentemente progettati. Questi sono stati, in gran parte, rivisti alla luce della nuova metodologia di indagine e scoperta, che prevede la proposta di domande alle quali dare risposta sulla base di esplorazione sperimentale, la costruzione di modelli di spiegazione, lavoro di gruppo e condivisione peer-to-peer dei risultati di gruppo. Alla fine è stata pianificato, e realizzato in un secondo momento (nei primi giorni di giugno 2019, alla fine del corso di fisica) un evento espositivo presso il Dipartimento di Fisica e Chimica “Emilio Segrè” dell'Università degli Studi di Palermo, durante il quale gli IiF hanno introdotto e discusso le attività didattiche e gli esperimenti progettati con circa 500 bambini di Scuola Primaria del territorio, con i loro genitori e i loro insegnanti, coinvolgendo i “visitatori” nelle attività sperimentali da loro progettate.
5. Alla fine dell’evento espositivo, gli IiF hanno risposto alle domande del questionario un’ultima volta.

Oltre alla somministrazione ripetuta del questionario, alcuni IiF sono stati intervistati durante le attività dei corsi. Non riportiamo qui i risultati dell’analisi di tali interviste, ma è possibile trovare molti dettagli su esse in Fazio et al., 2020.

Come già detto, le attività del laboratorio didattico "tradizionale" si sono svolte in quattro “lezioni”, ciascuna della durata di quattro ore. Durante la prima lezione, gli IiF hanno partecipato a un focus group per studiare le loro idee su come organizzare un seminario didattico. Inoltre, hanno analizzato, divisi in piccoli gruppi, in dettaglio le Linee Guida Nazionali per le Scuole Primarie, discutendo e condividendo le loro opinioni e producendo rapporti scritti delle discussioni di gruppo.

Durante la seconda lezione, agli IiF è stato chiesto di pianificare, divisi sempre in piccoli gruppi, alcuni percorsi di insegnamento su specifici contenuti di fisica, da loro scelti, e sulla base delle conoscenze e dei metodi di insegnamento conosciuti sulla base della loro esperienza nella scuola secondaria e della loro carriera universitaria. Ciò ha comportato la richiesta di mettere in pratica dei metodi di insegnamento appresi durante i corsi “teorici” universitari, con applicazione diretta alle materie scientifiche, senza, però, alcuna richiesta esplicita di ricostruzione didattica specifica per i contenuti oggetto dei percorsi di insegnamento progettati.

La terza lezione è stata dedicata alla preparazione di mappe concettuali, poster e altri strumenti didattici di supporto ai percorsi preparati, come appreso durante i corsi universitari teorici di ambito pedagogico.

Nella quarta lezione, i percorsi sono stati presentati da un “responsabile di piccolo gruppo” agli insegnanti esperti che supervisionavano i gruppi e discussi con gli altri IiF.

Il laboratorio didattico Inquiry-based si è svolto circa un mese dopo la fine di quello tradizionale. Non era obbligatorio, ma si consigliava agli IiF di frequentarlo. Anche tale laboratorio è stato organizzato in quattro “lezioni”, ciascuna della durata di quattro ore, a cui hanno partecipato 109 dei 150 IiF coinvolti nel primo laboratorio. Sulla base dell'introduzione generale agli approcci didattici Inquiry-Based, presentata dal docente del Corso di Fisica per le Scuole Elementari nell'ambito delle attività curriculari del corso di Fisica per la Scuola Primaria e dell’infanzia, gli IiF hanno progettato, divisi in piccoli gruppi, alcune attività didattiche incentrate sull'indagine scientifica e la scoperta. In particolare, hanno pianificato e condotto alcuni semplici esperimenti inseriti nelle progettazioni didattiche da loro progettate, concentrandosi su questioni specifiche che ritenevano rilevanti per l'insegnamento. Hanno cercato di analizzare e "utilizzare" le difficoltà che loro stessi avevano sperimentato nello studio della fisica e nell'esecuzione degli esperimenti, nonché i problemi legati all'apprendimento, ben studiati nei corsi teorici, per costruire attività didattiche contestualizzate e incentrate sui bambini e su forme di apprendimento attivo, quali, appunto, l’IBSE. Queste fasi sono state fondamentali per gli IiF, anche perché hanno permesso loro di concentrarsi sulla meta-riflessione come chiave per costruire una comprensione “autentica” dei processi di insegnamento efficace (Simons, 1996; Schön, 1988).

Durante il laboratorio didattico Inquiry-Based, gli IiF si sono concentrati sui nodi concettuali degli argomenti scelti, noti dalla ricerca e discussi con il docente del corso durante le attività curricolari, durante ripetute discussioni in gruppo. Il docente ha fornito 40 kit sperimentali per i gruppi di IiF. Ogni kit era composto da materiali "semplici" di facile reperibilità, dal costo complessivo di un paio di centinaia di euro. La fase di pianificazione e realizzazione degli esperimenti scientifici si è rivelata molto stimolante per gli IiF, molti dei quali non avevano mai lavorato alla costruzione vera e propria di esperimenti scientifici o all'interpretazione dei loro risultati. Il docente ha fornito agli insegnanti in formazione un "quaderno di esercizi" contenente domande e suggerimenti volti a incoraggiare il pieno utilizzo delle fasi didattiche dell'IBSE descritte sinteticamente da Bybee et al. (2006) come “il modello delle 5E".

Durante le attività del laboratorio, gli IiF hanno ideato esperimenti semplici ma coinvolgenti, per sé stessi e per bambini di Scuola Primaria, trovando spunto in libri e su Internet (YouTube è stato il canale preferito, in quanto ha permesso agli studenti di vedere come sarebbe dovuto risultare l’apparato sperimentale da costruire e usare con i bambini). Infine, gli IiF hanno predisposto le attività da svolgere durante una esibizione scientifica di fine corso, della durata di cinque giorni, durante la quale essi hanno assunto il ruolo di facilitatori delle attività didattiche per bambini delle Scuole Primarie, appositamente invitati all'evento. L’esibizione didattica è stata svolta nei primi giorni di giugno 2019 presso il Dipartimento di Fisica e Chimica “Emilio Segrè” dell'Università degli Studi di Palermo ed è stata seguita da 500 bambini, accompagnati dai loro insegnanti e molti genitori.

3. Raccolta e analisi dei dati

I dati da analizzare e qui discussi sono stati raccolti utilizzando il questionario menzionato in precedenza. Le risposte tipiche date dagl iIiF a ciascuna domanda durante i tre test sono riportate in Appendice. Poiché solo 102 IiF hanno risposto al questionario finale alla fine dell’attività di esibizione scientifica, sono state analizzate solo le risposte ai questionari somministrati in fase iniziale e intermedia date dagli stessi 102 studenti di cui sopra. Le risposte ai tre test (pre-istruzione, intermedio e post-istruzione) sono stati analizzati quantitativamente tramite una tecnica di Cluster Analysis (ClA) non gerarchica, detta k-means (MacQueen, 1967). Tale tecnica consente anche di rappresentare facilmente le partizioni in gruppi del campione di iiF (i cluster) anche in forma grafica cartesiana. Per maggiori dettagli sull’uso della ClA in ricerca in didattica della fisica è possibile consultare Battaglia et al., 2019.

A causa della natura aperta delle domande (riportate in Appendice), è stata seguita una procedura descritta in letteratura (Battaglia et al, 2019) volta a codificare le risposte degli IiF alle domande aperte. Alla fine, è stato ottenuto un elenco condiviso di 63 risposte tipiche fornite dagli IiF durante la prima somministrazione del questionario (pre-test). Questo elenco è stato integrato da alcune altre risposte tipiche fornite nelle somministrazioni successive. L’elenco finale è composto da 65 risposte tipiche, ed è stato utilizzato per la codifica delle risposte in tutti e tre le fasi di somministrazione del questionario.

Una volta che le risposte tipiche sono state condivise e concordate tra i ricercatori, ogni ricercatore ha riletto le risposte date durante le varie somministrazioni da ciascuno degli IiF e ha categorizzato ciascuna risposta data con una specifica risposta tipica presente nell’elenco concordato sopra descritto. Date le inevitabili differenze tra le interpretazioni dei ricercatori, i tre elenchi sono stati confrontati e messi a confronto per arrivare a un unico elenco concordato. Nessuna risposta è stata scartata al termine di questa fase.

Le risposte dei docenti in formazione ai questionari pre-istruzione, intermedio e post-istruzione sono state, infine, codificate utilizzando uno schema binario e sottoposte all’algoritmo k-means per la determinazione dei cluster di studenti che esibivano un comportamento simile. I risultati del processo di clustering sono riportati in dettaglio in Fazio et al., 2020.

4. Discussione dei risultati e conclusioni

L’analisi delle risposte date dai IiF alle domande del questionario iniziale e dell'analisi qualitativa preliminare delle interviste condotte con alcuni di loro confermano l'ipotesi di questa ricerca: gli IiF ammettono l'importanza di insegnare materie scientifiche nella Scuola Primaria, ma le convinzioni sulla loro capacità di insegnare efficacemente la Scienza sono piuttosto negative. Essi mostrano di possedere bassi livelli di auto-percezione di efficacia nell'insegnamento delle discipline scientifiche e, si trincerano sovente dietro una supposta indisponibilità di adeguata strumentazione di laboratorio nelle Scuole Primarie per giustificare la loro poca disponibilità a coinvolgere i bambini in attività sperimentali.

In letteratura scientifica è abbastanza condivisa l’idea che insegnanti con buoni livelli di percezione di auto-efficacia nell’insegnamento siano anche più inclini a essere innovativi con le loro strategie di insegnamento (Marshal, 2009; Deemer, 2004). È ben noto, inoltre, che essi tendono a riflettere maggiormente sulla pianificazione delle lezioni e sulla ricerca di materiali adatti per la costruzione di attività didattiche che possono essere significative per gli studenti (Deemer, 2004). Pertanto, un basso livello di auto-percezione di efficacia nell'insegnamento dovrebbe essere una preoccupazione generale per chi si occupa di formazione di insegnanti. Per affrontare una situazione del genere, è importante identificare le ragioni delle scarse convinzioni sull'efficacia dell'insegnamento, in particolare delle discipline scientifiche, di così tanti insegnanti in formazione. Una possibile ragione può essere individuata nel riconoscere che molti di essi hanno frequentato scuole secondarie in cui la fisica viene solitamente insegnata seguendo un approccio tradizionale incentrato sull'insegnante e sulla trasmissione di contenuti, spesso sganciati da evidenze sperimentali o legati a situazioni di vita comune. Nel 2007 Bleichner ha confermato che la scarsa attitudine scientifica e comprensione dei concetti scientifici di insegnanti elementari pre-servizio può contribuire allo sviluppo di convinzioni di scarsa efficacia nell'insegnamento delle discipline scientifiche.

L’analisi delle risposte date al questionario somministrato agli IiF dopo la frequenza del laboratorio didattico tradizionale mostrano che il basso livello di percezione di auto-efficacia degli stessi in relazione alla loro capacità di insegnare le discipline scientifiche in modo efficace non è cambiato molto dopo tale forma di attività didattica. Molti degli IiF continuano a ritenere che le attività dei laboratori scientifici siano difficili da mettere in pratica, sia per ragioni oggettive che sfuggono al controllo degli insegnanti (cioè, mancanza di risorse e supporto dalla direzione scolastica) sia per mancanza di competenze personali. Si evidenzia anche una certa mancanza di fiducia sulle possibilità dei bambini di Scuola Primaria a comprendere e svolgere attività considerate “difficili”, semplicemente perché legate alla fisica. Tuttavia, molti ritengono che sia sempre possibile proporre argomenti semplici, adatti ad attività didattiche basate su indagine e scoperta scientifica.

Sulla base di questi risultati, possiamo rispondere alla nostra prima domanda di ricerca. Un laboratorio didattico basato sui metodi tradizionali non è sensibilmente efficace nel modificare le idee degli IiF in relazione alle loro percezioni di auto-efficacia nell'insegnamento delle discipline scientifiche. E tutto ciò anche se le attività di laboratorio didattico sono state seguite e coordinate da insegnanti esperti di Scuola Primaria, con una particolare disposizione verso l’insegnamento delle discipline scientifiche. Questo è un risultato purtroppo ben documentato in letteratura scientifica, dove una formazione tradizionale degli insegnanti è spesso ritenuta responsabile dell’ingenerarsi di forme di “disconnessione” tra le teorie pedagogiche studiate durante i corsi universitari di ambito trasversale e la richiesta di elaborazione di progetti didattici basati su tali teorie durante i laboratori didattici (Assadi et al., 2019). Nel 2019 Yue & Liu hanno mostrato come gli IiF formati tradizionalmente spesso ritengano che tali tipo di formazione non sia efficace, o evidenzino chiare difficoltà (e riluttanza) nell'affrontare scientificamente situazioni di vita reale (Ernest, 1989). Più in generale, Ginns e Walters (1998) hanno mostrato che i programmi di formazione degli insegnanti basati su un approccio tradizionale difficilmente si traducono in miglioramenti delle percezioni degli IiF di auto-efficacia nell'insegnamento delle discipline scientifiche.

L'analisi delle risposte fornite dagli studenti al questionario dopo aver frequentato il laboratorio didattico Inquiry-Based e dopo aver partecipato all’evento scientifico mostrano, d'altra parte, che la maggior parte delle convinzioni negative degli IiF sulle proprie attitudini e percezioni in relazione all'insegnamento delle discipline scientifiche sembrano essere sensibilmente cambiate, e decisamente in positivo. Gli IiF riconoscono che insegnare discipline scientifiche nella Scuola Primaria potrebbe non essere così complicato, soprattutto se si usa un approccio orientato alla indagine e alla scoperta. Inoltre, riconoscono la validità di un approccio didattico così strutturato nel favorire una migliore comprensione generale del ruolo fondamentale svolto dall'insegnante, nell'incoraggiare la naturale curiosità dei bambini e offrire attività scientifiche basate su esperienze di vita quotidiana. Inoltre, la maggior parte degli IiF non ricorre più all’"alibi" della mancanza di risorse nelle scuole, che, come si ricorderà, era inizialmente dato come ostacolo ad una didattica basata sull’uso di laboratori scientifici e, più in generale, su metodologie tipiche della Scienza. Infine, la fiducia che i bambini possano porsi domande sul mondo che li circonda e imparare a ragionare e pensare, aumenta notevolmente.

Questi risultati ci consentono di rispondere alla nostra seconda domanda di ricerca, mostrando alcuni vantaggi di un approccio alla formazione degli insegnanti basato sull'indagine e la scoperta, sulla condivisione dei risultati con i colleghi, sulla pianificazione e sulla partecipazione ad attività di esibizione scientifica “sul campo”, durante le quali è possibile mettere alla prova le attività didattiche progettate durante i laboratori didattici, e sulla meta-riflessione sui processi di apprendimento.

Diversi ricercatori hanno notato che il coinvolgimento degli IiF in attività di formazione “attiva”, durante le quali il contenuto studiato è strettamente correlato al contesto didattico specifico, i risultati ottenuti durante le attività didattiche sono condivise e discusse con colleghi e altre persone, i processi di apprendimento sono analizzati e discussi anche in termine di meta-riflessione sui processi di apprendimento può avere un effetto positivo nello sviluppo di atteggiamenti positivi verso insegnamento. Hechter nel 2011 ha dimostrato che l'integrazione del contenuto disciplinari e di metodi didattici contestualizzati si traduce spesso in una migliore percezione di auto-efficacia in relazione all'insegnamento delle discipline scientifiche. Mbowane et al. (2017) hanno dimostrato che la partecipazione attiva degli IiF ad esibizioni scientifiche può contribuire sensibilmente alla costruzione di una efficace “conoscenza didattica del contenuto da insegnare” (Pedagogical Content knowledge, Shulman, 1986 e ricerche successive), al miglioramento della conoscenza dei contenuti (conoscenza sia procedurale che dichiarativa o fattuale) e della conoscenza e applicazione di metodologie didattiche. Inoltre, secondo questi autori, pianificare e partecipare a una esibizione scientifica può migliorare le convinzioni di autoefficacia, e sviluppare atteggiamenti positivi nei confronti della Scienza e strategie di apprendimento basato sull'indagine. Infine, Plourde ha mostrato nel 2002 che coinvolgere gli IiF in esperienze didattiche e di formazione in cui essi sono incoraggiati a riflettere attivamente sulla loro comprensione concettuale, e quindi confrontare la propria comprensione dei concetti e le loro convinzioni sulla Scienza e sull'insegnamento della Scienza con i loro colleghi può essere una soluzione vincente per lo sviluppo di atteggiamenti positivi verso l'insegnamento delle discipline scientifiche.

Le considerazioni precedenti mostrano che un approccio alla formazione degli insegnanti di Scuola Primaria basato su metodologie innovative quali l'apprendimento attivo, su attività di metariflessione e di condivisione dei risultati, sulla pianificazione di eventi scientifici durante i quali questi possono mettere alla prova il proprio apprendimento può avere effetti sensibili sul modo in cui gli insegnanti in formazione pianificano le loro attività e modellano le loro comportamento durante le lezioni. Un programma di formazione degli insegnanti elementari in pre-servizio basato sullo sviluppo di indagini scientifiche e processi di scoperta e incentrato sulla meta-riflessione può essere un modo per migliorare le convinzioni degli insegnanti in formazione sulle discipline scientifiche e l'insegnamento di tali discipline, migliorando anche la comprensione delle metodologie di lavoro tipiche della Scienza.

**Appendice**

Domande del questionario e risposte tipiche date dagli IiF.

1. Pensi che sia importante trattare temi di natura scientifica con i bambini della Scuola Primaria? Spiega la tua risposta.

a. Sì, perché può essere fatto utilizzando semplici esperimenti.

b. Sì, al fine di creare una solida base per studi futuri.

c. Sì, per promuovere le capacità cognitive.

d. Sì, perché sono molto curiosi a quell'età.

e. Sì, in modo che capiscano il mondo che li circonda.

f. Sì, anche se sono molto giovani.

g. Sì, per incoraggiare l’uso del linguaggio scientifico.

2. Pensi che sia importante sviluppare processi di pensiero e ragionamento nei bambini della Scuola Primaria? Spiega la tua risposta.

a. Sì, perché sono processi difficili e i bambini hanno bisogno di impararli fin da piccoli.

b. Sì, per sviluppare capacità cognitive.

c. Sì, perché i bambini di questa età non sono abituati a pensare.

d. Sì, in modo che capiscano il mondo che li circonda.

e. Sì, per il loro futuro sviluppo cognitivo.

f. Sì, perché i bambini sono abituati a pensare e a porsi molte domande

3. Pensi che un buon insegnante possa utilizzare le domande degli alunni per orientare il proprio insegnamento delle materie scientifiche? Spiega la tua risposta.

a. Sì, per consentire loro di costruire attivamente le proprie conoscenze.

b. Sì, ma non tutti lo fanno.

c. Sì, perché se argomenti che li interessano sono il punto di partenza di una attività didattica, ciò può molto motivarli.

d. Sì, per favorire il passaggio da un sapere comune a un sapere più scientifico, partendo da temi noti.

e. Sì, in modo che la conoscenza sia significativa e utile.

f. Sì, per abituarli a fare domande e pensare.

g. Sì, in modo che gli insegnanti possano rispondere adeguatamente alle loro domande.

h. Sì, per scoprire i loro prerequisiti e partire proprio da quelli nella didattica.

4. Pensi che i buoni insegnanti incoraggino gli studenti a discutere tra loro di argomenti scientifici legati alla vita di tutti i giorni? Spiega la tua risposta.

a. Sì, per incoraggiare la condivisione delle informazioni.

b. No, perché spesso gli insegnanti non sono adeguatamente preparati per farlo.

c. Sì, per partire dalla conoscenza pratica e arrivare alla comprensione della teoria.

d. Sì, per stimolare le capacità di pensare, porre problemi e risolvere problemi.

e. Sì, per passare facilmente dalla teoria alla pratica.

f. Sì, perché la Scienza è lo studio di ciò che accade nel mondo.

g. Sì, per migliorare l'apprendimento attivo (utilizzato solo nel test post-istruzione)

5. Pensi che sia importante che i bambini siano consapevoli degli aspetti della Scienza legati alla vita di tutti i giorni? Spiega la tua risposta.

a. Sì, per migliorare la loro conoscenza generale.

b. Sì, perché in questo modo possono capire meglio il mondo che li circonda.

c. Sì, per poter apprezzare meglio gli argomenti scientifici che studieranno in futuro.

d. Sì, per rispondere alle domande che si fanno sul mondo.

e. Sì, per sviluppare processi di ragionamento.

f. Sì, perché in questo modo possono imparare attivamente (utilizzato solo nel test post-istruzione)

6. Pensi che i bambini di Scuola Primaria si pongano domande sul mondo che li circonda?

a. No, perché sono piccoli e spesso preferiscono giocare

b. Sì, cercano di capire il mondo intorno a loro.

c. Sì, perché sono curiosi per natura.

d. Sì, principalmente quando sono stimolati da input esterni

7. Quanto pensi sia difficile per un insegnante condurre attività di laboratorio scientifico con i propri alunni? Spiega la tua risposta.

a. Dipende da quanto è preparato e motivato.

b. Non molto difficile se l'insegnante ha adeguate capacità di gestione della classe.

c. Molto / abbastanza difficile, perché le scuole spesso mancano di risorse.

d. Molto / abbastanza difficile. Dipende dal contesto della classe.

e. Molto / abbastanza difficile, perché è necessario trovare attività adatte all’età egli alunni.

f. Non molto difficile, sono necessari pochi materiali.

g. Non molto difficile, perché gli alunni imparano facendo.

h. Molto / abbastanza difficile. L'insegnante deve essere preparato.

8. Pensi che sia facile porre domande che possono migliorare la capacità di pensare dei bambini di Scuola Primaria? Spiega la tua risposta.

a. No. I bambini non riflettono troppo a quell'età.

b. No. Dipende dalle capacità dell'insegnante.

c. Se l'insegnante è competente, è facile.

d. Sì. I bambini fanno naturalmente molte domande. Sono curiosi.

e. Sì. È solo necessario partire dall'esperienza quotidiana.

9. Ti piace l'idea di programmare un'attività scientifica per i tuoi alunni? Spiega la tua risposta.

a. Sì, per aiutare gli alunni a capire che la Scienza è importante perché si riferisce al mondo che ci circonda.

b. Sì, per mettermi alla prova.

c. No, non mi piace la Scienza.

d. Sì, perché può condurre gli alunni alla teoria attraverso la pratica, a partire dal mondo.

e. No, non mi sento abbastanza preparato

f. Sì, in questo modo posso finalmente mettere in pratica ciò che ho studiato.

g. Sì, in modo che possano capire che la Scienza non è difficile e quindi esserne entusiasti.

h. Sì, perché ora capisco che posso fare una progettazione didattica per materie scientifiche, e la cosa mi piace.

10. Pensi sia possibile scegliere gli argomenti da studiare insieme a bambini di Scuola Primaria? Spiega la tua risposta.

a. No, ma è possibile guidare le loro scelte.

b. No. È l'insegnante che deve avere un ruolo attivo nel processo di insegnamento-apprendimento.

c. No. Sono troppo piccoli.

d. Sì, è possibile decidere insieme su alcuni argomenti.

e. Sì, perché è necessario capire cosa li interessa e conoscere i loro prerequisiti.

f. Sì. Gli alunni devono avere un ruolo attivo nel processo di insegnamento-apprendimento.

Bibliografia

AAAS, American Association for the Advancement of Science. Project 2061. 2002. Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press.

Anastasi, A. (1988). Psychological testing. New York, NY: Macmillan.

Assadi, N., Murad, T., & Khalil, M. (2019). Training Teachers' Perspectives of the Effectiveness of the "Academy-Class" Training Model on Trainees' Professional Development. Theory and Practice in Language Studies, 9(2), 137-145. doi: http://dx.doi.org/10.17507/tpls.0902.03

Battaglia, O.R., Di Paola, B., & Fazio, C. (2019). Unsupervised quantitative methods to analyze student reasoning lines: Theoretical aspects and examples. Physical Review Physics Education Research 15, 020112.

Bleicher, R. E. (2007). Nurturing confidence in pre-service elementary science teachers. Journal of Science Teacher Education, 18(6), 841-860. doi:10.1007/s10972-007-9067-2

Buczynski, S., Hansen, C.B. (2010). Impact of professional development on teacher practice: Uncovering connections. [Teaching and Teacher Education](https://www.sciencedirect.com/science/journal/0742051X), [26(3](https://www.sciencedirect.com/science/journal/0742051X/26/3)), 599-607

Bybee R.W. (1993). An instructional model for science education. Developing Biological Literacy. Colorado Springs, CO: Biological Sciences Curriculum Study.

Clark, L. M., DePiper, J. N., Frank, T. J., Nishio, M., Campbell, P. F., Smith, T. M., ... Choi, Y. (2014). Teacher characteristics associated with mathematics teachers' beliefs and awareness of their students' mathematical dispositions. Journal for Research in Mathematics Education, 45(2), 246–284. DOI:10.5951/ jresematheduc.45.2.0246

Dayan, P. (1999). Unsupervised Learning, in R.A. Wilson & F. Keil, The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences Wilson, (pp. 1-7). London: The MIT Press.

Deemer, S. A. (2004). Classroom goal orientation in high school classrooms: Revealing links between teacher beliefs and classroom environments. Educational Research, 46(1), 73-90. DOI:10.1080/0013188042000178836

Di Martino, P., & Sabena, C. (2011). Elementary pre-service teachers' emotions: shadows from the past to the future. Current state of research on mathematical beliefs, XVI, 89-105.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction - a Framework for Improving Teaching and Learning Science. In D. Jorde and J. Dillon (Eds), Science Education Research and Practice in Europe, V.5: Cultural Perspectives in Science Education, Rotterdam: Sense Publishers.

Dweck, C. (2006). Mindset: the new psychology of success (New York: Random House).

Ernest, P. (1989). The knowledge, beliefs and attitudes of the mathematics teacher: A model. Journal of education for teaching, 15(1), 13-33.

Everitt, B. S., Landau, S., Leese, M., and Stahl, D. (2011). Cluster analysis. London: Wiley.

Fazio, C., Di Paola, B., & Battaglia, O.R. (2020). A Study on Science Teaching Efficacy Beliefs During Pre-Service Elementary Training. International Electronic Journal of Elementary Education, 13(1), 89-105.

Gupta, A., & Lee, G. (2020). The Effects of a Site-based Teacher Professional Development Program on Student Learning. International Electronic Journal Of Elementary Education, 12(5), 417-428. Retrieved from <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/1095>

Ginns, I. S., & Walters, J. J. (1998). Beginning elementary school teachers and the effective teaching of science. Paper presented at the National Association for Research in Science, San Diego, CA.

Gregoire, M. (2003). Is It a Challenge or a Threat? A Dual-Process Model of Teachers' Cognition and Appraisal Processes During Conceptual Change. Educational Psychology Review 15, 147–179. https://doi.org/10.1023/A:1023477131081

Hechter, P. (2011). Changes in pre-service elementary teachers' personal science teaching efficacy and science teaching outcome expectancies: The influence of context. Journal of Science Teacher Education, 22(2), 187-202. doi:10.1007/s 10972-010-9199-7.

Irez, S. (2007). Reflection oriented qualitative approach in beliefs research. Eurasia Journal of Mathematics. Science and Technology Education, 3(1), 17-27.

Karamarski, B. (2017). Developing a pedagogical problem solving view for mathematics teachers with two reflection programs. International Electronic Journal Of Elementary Education, 2(1), 137-153. Retrieved from <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/262>.

Kirkgöz, Y. (2016). I[mpact of a Professional Development Programme on Trainee Teachers' Beliefs and Teaching Practices](https://www.igi-global.com/chapter/impact-of-a-professional-development-programme-on-trainee-teachers-beliefs-and-teaching-practices/139658). In K. Dikilitai (Ed.) Innovative Professional Development Methods and Strategies for STEM Education (pp. 176-194). IGI Global. http://doi:10.4018/978-1-4666-9471-2.

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. Personnel Psychology, 28(4), 563-575.

Lumpe, A., Czerniak, C., Haney, J., & Beltyukova, S. (2011). Beliefs about Teaching Science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement. International Journal of Science Education, 153-166. DOI:10.1080/09500693.2010.551222.

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In L.M. LeCam, J. Neyman (Eds.) Proc. 5th Berkely Symp. Math. Statist. Probab. 1965/66. (vol. I, pp. 281-297). Berkely: Univ. of California Press.

Marshall, J. C., Horton, R. M., Igo, B. L., & Switzer, D. M. (2009). K-12 science and mathematics teachers' beliefs about and use of inquiry in the classroom. International Journal of Science and Mathematics Education 7(3), 575-596. DOI:10.1007/s10763-007-9122-7.

Mayer, R.E. (2008). Learning and Instruction (Upper Saddle River: Pearson Education, Inc.)

Mbowane, C. K., Rian de Villiers, J.J., & Braun, M.W.H.. (2017). Teacher participation in science fairs as professional development in South Africa. South African Journal of Science, 113(7-8), 1-7. <https://dx.doi.org/10.17159/sajs.2017/20160364>

McDermott, L.C., & DeWater, L.S. (2000). The need for special science courses for teachers: two perspectives. In J. Minstrell, E.H. van Zee (Eds.), Inquiring into inquiry science learning and teaching, American Association for the Advancement of Science, Washington, DC.

NRC - National Research Council (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press.

Peterson, P. L., Fennema, E., Carpenter, T. P., & Loef, M. (1989). Teacher's pedagogical content beliefs in mathematics. Cognition and Instruction, 6(1), 1-40. DOI:10.1207/s1532690xci0601\_1.

Plourde, L. A. (2002). Elementary science education: The influence of student teaching-where it all begins. Education 123(2), 253-259.

Purnomo, Y., Suryadi, D., & Darwish, S. (2017). Examining pre-service elementary school teacher beliefs and instructional practices in mathematics class. International Electronic Journal Of Elementary Education, 8(4), 629-642. Retrieved from <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/137>.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo V. (2007). Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. http://ec.europa.eu/research/sciencesociety/document library/pdf 06/report-rocard-on-science-education en.pdf

Samuel, D.F. & Ogunkola, B.J. (2015). Elementary School Teachers' Epistemological Beliefs as Predictors of Their Inquiry-Based Practices in Science Instruction. International Journal of Elementary Education 4(6), 101-112.

Samuel, D. (2017). Elementary School Teachers' Science Teaching Efficacy Beliefs as Predictors of their Inquiry-Based Practices in Science Instruction. In C. Hordatt Gentles (Ed.), 60th Yearbook of Teacher Education, International Council on Education for Teaching, School of Education, Faculty of Humanities and Education, The University of the West Indies. 293-307.

Sathya, R. & Abraham, A. (2013). Comparison of Supervised and Unsupervised Learning Algorithms for Pattern Classification, International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence, 2(2), 34–38.

Schön, D. A. (1988). Coaching reflective thinking. In P.P. Grimmet and G.L. Erickson (eds), Reflection in Teacher Education. New York: Teacher College Press., 113-137.

Schoen, R. C., & LaVenia, M. (2019). Teacher beliefs about mathematics teaching and learning: Identifying and clarifying three constructs. Cogent Education, 6(1), 1599488. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2019.1599488>.

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(1), 4-14.

Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1-12.

Simons, P. R. J. (1996). Metacognitive strategies: teaching and assessing. In L. W. Anderson (ed), International Encyclopaedia of Teaching and Teacher Education (pp. 325-342). Oxford: Elsevier Science Ltd.

Siswono, T., Kohar, A., Hartono, S., Rosyidi, A., Kurniasari, I., & Karim, K. (2019). Examining Teacher Mathematics-related Beliefs and Problem-solving Knowledge for Teaching: Evidence from Indonesian Primary and Secondary Teachers. International Electronic Journal of Elementary Education, 11(5), 493-506. Retrieved from <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/789>

Sperandeo-Mineo, R.M., Fazio, C., & Tarantino, G. (2006): Pedagogical content knowledge development and pre-service physics teacher education: a case study. *Research in Science Education*, **36**. 235-268.

Sprinthall, N.A., Reiman, A.J., & Thies-Sprinthall, L. (1996). Teacher professional development. In J. Sikula (Ed.), Second handbook of research on teacher education (pp. 667-703). New York: Macmillan.

Tarmo, A. & Bevins, S. (Reviewing Editors) (2016) Pre-service science teachers’ epistemological beliefs and teaching reforms in Tanzania, Cogent Education, 3:1, DOI: [10.1080/2331186X.2016.1178457](https://doi.org/10.1080/2331186X.2016.1178457)

Teng, L.S. (2016). Changes in teachers' beliefs after a professional development project for teaching writing: two Chinese cases, Journal of Education for Teaching, 42(1), 106-109. DOI: [10.1080/02607476.2015.1135228](https://doi.org/10.1080/02607476.2015.1135228).

Yue, X. and Liu, Z. (2019) Mixed Training: A New Perspective of Post-Service Training for Teachers. Open Journal of Social Sciences, 7, 128-135. DOI: [10.4236/jss.2019.76010](https://doi.org/10.4236/jss.2019.76010).

Zan, R., & Di Martino, P. (2020). Students' Attitude in Mathematics Education. Encyclopedia of Mathematics Education, 813-817.

Zeidler, D.L. (2002). Dancing with Maggots. Journal of Science Teacher Education, 13(1), 27-42.