

Rassegna degli studi sulle (mis)concezioni astronomiche e il cambiamento concettuale in bambini e insegnanti di scuola primaria

Review of the researches on astronomy (mis)conceptions and conceptual change in primary school children and teachers

CINZIA RONCHI

La ricerca ha mostrato che i bambini possono costruirsi delle teorie sul mondo fisico, a volte completamente errate dal punto di vista scientifico, e tuttavia tanto resistenti al cambiamento da permanere anche in età adulta, perfino tra gli insegnanti.

Di qui l'esigenza di ripercorrere i principali passaggi della letteratura esistente sul tema della formazione dei concetti astronomici – che risultano essere i più resistenti al cambiamento e pertanto occupano un posto privilegiato nella ricerca psicologica e didattica – e di fornire un quadro degli studi sul cambiamento delle concezioni iniziali a seguito di istruzione. Ciò con l'obiettivo di fornire a studiosi e insegnanti un quadro teorico dello stato attuale della ricerca psicologica e didattica sullo sviluppo e il cambiamento concettuale e favorire pertanto il collegamento tra l'ambito della ricerca accademica e quello dell'insegnamento scolastico.

Research showed that children can construct some theories about the physical world, sometimes completely wrong in the light of the scientific knowledge, and yet as resistant to change to persist into adulthood, even among teachers.

Hence the need to retrace the main steps of the existing literature on the development of astronomical concepts – which are the most resistant to change and therefore occupy a privileged place in psychological and teaching research – and to provide a framework of studies about conceptual change due to instruction. The aim is to provide students and teachers with a theoretical picture of the current state of psychological and teaching research on the development and conceptual change and thus promote the connection between the field of academic research and school teaching.

Parole chiave: cambiamento concettuale, rassegna, concezioni astronomiche, bambini, insegnanti

Key words: conceptual change, review, astronomy concepts, children, teachers

Rassegna degli studi sulle (mis)concezioni astronomiche e il cambiamento concettuale in bambini e insegnanti di scuola primaria

Introduzione

In un suo libro, Gardner (2005) ha sottolineato quanto l'apprendimento disciplinare in campo scientifico sia lungo e difficile: la ricerca empirica ha infatti messo in luce come i bambini precocemente sviluppano delle teorie assai robuste sul mondo fisico, a volte completamente errate dal punto di vista scientifico, e tuttavia assai resistenti al cambiamento. Anche gli studenti più brillanti, secondo l'autore, aderiscono a queste teorie: se si chiede loro di spiegare un fenomeno fuori dal contesto scolastico, quasi certamente lo faranno come uno scolaro che non ha ancora studiato quell'argomento. Da una prospettiva costruttivista, la comparsa di concezioni errate – le cosiddette misconcezioni – è considerata un aspetto fondamentale e inevitabile dell'apprendimento (Alexandre, 1998) e richiede la messa in atto di strategie didattiche efficaci a promuovere la piena comprensione dei concetti scientifici (Murphy & Mason, 2006). Compito della scuola è pertanto quello di aiutare i bambini a rivedere le proprie concezioni errate e a costruirsi di nuove e più efficaci, come quelle attualmente accreditate, molte delle quali sono però in aperto contrasto con l'esperienza quotidiana.

Di qui l'esigenza di una rassegna che affronti il tema della formazione delle concezioni astronomiche, che sono forse quelle più resistenti al cambiamento, occupando per questa ragione un posto privilegiato non solo tra gli studi psicologici che si sono occupati dello sviluppo concettuale infantile, ma anche tra quelli in campo didattico, che ne hanno analizzato il cambiamento a seguito di istruzione. Ciò con l'obiettivo di fornire a studiosi e insegnanti un quadro teorico dello stato attuale della ricerca psicologica e didattica sullo sviluppo concettuale, favorendo così il collegamento tra l'ambito della ricerca accademica e quello dell'insegnamento scolastico.

1. La ricerca in campo psicologico e didattico sulle concezioni astronomiche dei bambini

Gli studi sulle concezioni astronomiche dei bambini, che rappresentano ad oggi la parte predominante della ricerca in questo settore (Bailey & Slater, 2004; Lelliot & Rollnick, 2010), prendono le mosse dal lavoro pionieristico di Piaget. Utilizzando il metodo dell'intervista clinica, egli ha mostrato che le convinzioni dei bambini prescolari sugli astri scaturiscono da un pensiero egocentrico, che li induce ad attribuire vita e intenzionalità agli elementi della realtà fisica dotati di movimento (1927; 1966). Dalle spiegazioni infantili sul movimento degli astri, Piaget (1927) ha individuato una sequenza di sviluppo della causalità nella quale le credenze magico-animistiche iniziali gradualmente si evolvono, permeandosi

di artificialismo e finalismo, fino ad arrivare a spiegazioni scientificamente accettabili. Dopo Piaget, negli Stati Uniti, Nussbaum e Novak (1976) hanno indagato le idee sulla forma della Terra e la caduta dei corpi in bambini di seconda classe di scuola primaria, individuando numerose nozioni “difformi” dalla conoscenza accreditata. Ulteriori ricerche condotte da Nussbaum (1979) in Israele hanno mostrato l’esistenza di nozioni “difformi” di Terra anche in bambini di una cultura così diversa da quella americana. Analizzando i risultati raccolti, l’autore ha descritto come l’apprendimento della nozione scientifica di Terra avvenga mediante una serie di transizioni, concepite come atti successivi di accomodamento cognitivo, che vanno dalla nozione più egocentrica (Terra piatta) ad altre solo in parte egocentriche, nelle quali le persone vivono dentro o sopra la sfera, fino ad arrivare a quella scientificamente condivisa (sfera con gravità). Le ricerche di Nussbaum sono state replicate da Mali e Howe (1979) su bambini nepalesi di età compresa tra 8 e 12 anni, nei quali è stata individuata la stessa progressione di sviluppo, anche se il ritardo evolutivo osservato dagli autori nella comparsa delle nozioni li abbia condotti ad ipotizzare che il processo di concettualizzazione della Terra fosse subordinato al possesso di abilità cognitive generali.

Jones, Lynch e Reesink (1987) hanno allargato l’indagine alle conoscenze che i bambini di età compresa tra i 9 e i 12 anni possiedono circa i movimenti reciproci di Terra, Sole e Luna. Gli autori hanno individuato una sequenza di sviluppo costituita da 5 modelli che vanno da quello definito “magico”, nel quale la Terra è immobile e il Sole e la Luna alternativamente si avvicinano e si allontanano da essa, fino ad arrivare al modello scientifico, che vede la Terra in rivoluzione intorno al Sole e la Luna in rivoluzione attorno alla Terra. Dai risultati del loro studio è emerso che, nonostante numerosi bambini spieghino che la Terra ruota su se stessa, molti di loro non hanno idea di quante volte lo faccia in un anno.

Una vasta indagine sulle credenze infantili sulla Terra e i fenomeni astronomici è stata condotta da Baxter (1989) su un campione di bambini di età compresa tra 9 e 16 anni. L’autore ha ipotizzato che le idee dei bambini sul ciclo dì-notte e le stagioni scaturiscano dalla mescolanza delle loro credenze con le informazioni scientifiche acquisite. Le nozioni raccolte sulla forma della Terra e la gravità sono poste lungo un continuum che sostanzialmente riprende la sequenza individuata da Nussbaum (1979). Baxter ha inoltre identificato 6 nozioni sul ciclo dì-notte, presentate nella figura 1, che vanno anch’esse da quelle più intuitive, in cui la notte viene spiegata in termini di occultamento del Sole (nozioni 1, 2 e 3), alla nozione accreditata che attribuisce il ciclo dì-notte alla rotazione della Terra sul proprio asse (nozione 6).

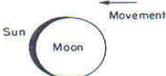
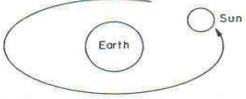
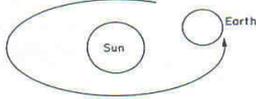
Nozione	Disegno
<u>Nozione 1</u> Il Sole va dietro alla collina	 A simple line drawing of a hill. A semi-circle representing the Sun is positioned behind the peak of the hill, with only the right edge of the semi-circle visible.
<u>Nozione 2</u> Le nubi coprono il Sole	 A simple line drawing of a cloud. A semi-circle representing the Sun is positioned behind the left edge of the cloud, with only the left edge of the semi-circle visible.
<u>Nozione 3</u> La Luna copre il Sole	 A diagram showing a large circle labeled 'Sun' and a smaller circle labeled 'Moon' moving across its face. An arrow labeled 'Movement' points from right to left above the Moon.
<u>Nozione 4</u> Il Sole gira intorno alla Terra una volta al giorno	 A diagram showing a central circle labeled 'Earth' and a smaller circle labeled 'Sun' orbiting it. A large oval path with an arrow indicates the Sun's daily orbit around the Earth.
<u>Nozione 5</u> La Terra gira intorno al Sole una volta al giorno	 A diagram showing a central circle labeled 'Sun' and a smaller circle labeled 'Earth' orbiting it. A large oval path with an arrow indicates the Earth's daily orbit around the Sun.
<u>Nozione 6</u> La Terra ruota attorno al proprio asse una volta al giorno	 A diagram showing a circle labeled 'Sun' and a smaller circle labeled 'Earth'. The Earth has a curved arrow around its vertical axis, indicating rotation.

Fig. 1: Le nozioni infantili sul ciclo di-notte individuate da Baxter (1989)

Fonte: Adattata da Baxter (1989, 507)

Anche nel caso delle stagioni Baxter (1989) ha individuato 6 nozioni (cfr. figura 2): da quelle che attribuiscono la causa di tale ciclo all'occultamento invernale del Sole (nozioni 1 e 2), a quelle che lo spiegano in termini di variazioni di distanza tra Sole e Terra (nozione 3 e 4), o di cambiamenti osservati nelle piante (nozione 5), fino ad arrivare alla spiegazione scientifica legata all'inclinazione dell'asse terrestre (nozione 6).

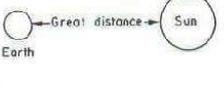
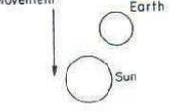
Nozione	Disegno
<u>Nozione 1</u> Dei pianeti freddi tolgono calore al Sole.	
<u>Nozione 2</u> Pesanti nubi invernali fermano il calore del Sole.	
<u>Nozione 3</u> Il Sole è più lontano dalla Terra in inverno.	
<u>Nozione 4</u> Il Sole va dall'altra parte della Terra per far arrivare l'estate in quei luoghi.	
<u>Nozione 5</u> I cambiamenti nelle piante sono la causa delle stagioni.	No diagram
<u>Nozione 6</u> Le stagioni sono spiegate in termini di inclinazione dell'asse terrestre.	

Fig. 2: Le nozioni infantili sulla causa delle stagioni identificate da Baxter (1989)

Fonte: Adattata da Baxter (1989, 510)

Rilevando una certa analogia tra le nozioni espresse dai bambini e alcune teorie che si erano succedute nella storia del pensiero scientifico, Baxter (1989) riprendendo le tesi formulate in altri ambiti di ricerca da Carey (1985), ha postulato l'esistenza di un parallelismo tra il cambiamento concettuale individuale e il cambiamento di paradigmi nella scienza, mettendone in luce le implicazioni educative: il riferirsi ad antiche teorie scientifiche permette al bambino di considerare che, sebbene le proprie concezioni risultino errate alla luce dello sviluppo scientifico attuale, una volta facevano parte della conoscenza accreditata.

Ripercorrendo gli studi finora citati si può intravedere la transizione da modelli di ispirazione piagetiana, che vedevano lo sviluppo concettuale come una progressione lineare fortemente ancorata alla maturazione di abilità cognitive generali come l'egocentrismo, a modelli che ne sottolineavano le analogie con il progresso scientifico, caratterizzato dalla progressiva sostituzione di modelli teorico-concettuali nuovi a quelli vecchi non più efficaci.

L'approccio dei modelli mentali

Proprio l'ipotesi, sviluppata da Carey in ambito biologico (1985), che lo sviluppo concettuale consista nel progressivo emergere di nuove concezioni da quelle vecchie, sottoposte nel corso dello sviluppo a ristrutturazioni anche radicali, ha condotto Vosniadou e Brewer (1987) a esplorare i modi in cui i cambiamenti di conoscenza implicano la creazione di nuove strutture concettuali tese a reinterpretare le vecchie informazioni o ad accoglierne di nuove. In un famoso lavoro (1992), gli autori hanno indagato l'origine delle concezioni di Terra in un campione di bambini di età compresa tra i 6 e gli 11 anni, analizzandone il cambiamento dopo l'esposizione all'informazione scientifica. Dalle risposte fornite nel corso di un'intervista semistrutturata, gli autori hanno evidenziato che essi dapprima possiedono dei modelli mentali "iniziali" (Terra rettangolare e a disco), interamente basati su credenze intuitive; in seguito si costruiscono modelli mentali "sintetici" (sfera cava e sfera appiattita) con i quali tentano di risolvere l'incongruenza tra il modello iniziale da essi posseduto e quello culturalmente accettato. Secondo Vosniadou e Brewer (1992) i modelli mentali elaborati dai bambini si basano su presupposizioni che scaturiscono dalla loro esperienza e che successivamente includono le informazioni scientifiche trasmesse dalla scuola: nello specifico, il modello iniziale di Terra rettangolare o a disco si basa sulla presupposizione, radicata nel bambino, che la Terra è piatta proprio come appare ai suoi occhi e che le cose non supportate cadono verso il basso. I bambini giungono a comprendere il modello scientifico solo quando riescono a reinterpretare le presupposizioni che hanno dato origine ai loro modelli mentali iniziali, ovvero quando arrivano a capire che a volte le cose tonde possono apparire piatte, e che la gravità è una forza capace di sostenere la Terra nello spazio e di attrarre cose e persone su di essa (figura 3).

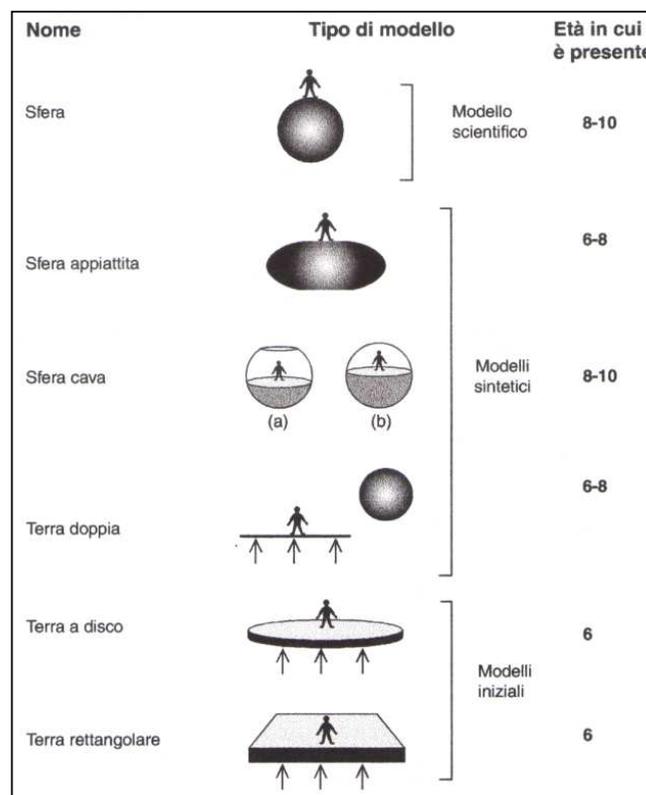


Fig. 3: I modelli mentali di Terra individuati da Vosniadou e Brewer (1992) (da Berti, 2002, p. 29)

Lo studio di Vosniadou e Brewer è stato successivamente replicato su un campione di bambini indiani di età compresa tra i 6 e gli 11 anni da Samarapungavan, Vosniadou e Brewer (1996), i quali hanno rilevato la medesima progressione di sviluppo dei modelli mentali di Terra. In un lavoro successivo (1994), Vosniadou e Brewer hanno dimostrato che le presupposizioni da cui scaturiscono i modelli mentali di Terra vincolano anche, più o meno direttamente, la costruzione dei modelli mentali relativi al ciclo di-notte, i quali ne ricalcano inoltre la scansione evolutiva.

Gli autori riconducibili all'approccio dei modelli mentali ipotizzano pertanto che il bambino costruisca la propria comprensione del mondo fisico sulla base di un ristretto numero di modelli mentali, qualitativamente analoghi a teorie, costruiti sulla base di presupposizioni radicate che ne determinano il tipo e che influenzano altresì la costruzione di quelli a essi collegati.

Riportando tale modello teorico su un piano educativo è possibile scorgere l'idea, nemmeno troppo implicita, di apprendimento come processo lento e graduale di reinterpretazione dei dati scaturenti dall'esperienza e di ricostruzione concettuale, che ricalca l'avvicinarsi delle spiegazioni teoriche nello sviluppo storico dell'astronomia (Vosniadou & Brewer, 1994). Come sottolineano Vosniadou e Mason (2012), un simile modello di apprendimento può sì condurre verso il cambiamento delle concezioni, ma anche verso la loro frammentazione, nel caso in cui l'informazione target sia incompatibile con le concezioni preesistenti. Grande attenzione deve essere pertanto dedicata alla strutturazione dei curricoli di studio, ispirati alla ricerca e in grado di evidenziare precocemente le possibili difficoltà degli studenti, fornendo ad essi – attraverso esperimenti, attività di misura, costruzione di modelli e l'uso di artefatti – la spiegazione dei fenomeni osservati (Vosniadou et al., 2001).

Sviluppo concettuale, contesto e cultura

Alcuni autori hanno ben presto avanzato delle critiche all'approccio dei modelli mentali, sottolineando come spesso le credenze intuitive anziché essere scalzate dalle nozioni scientifiche, continuino a permanere accanto a esse nella struttura concettuale dello studente, che deve pertanto apprendere ad utilizzare le une e le altre nel contesto di spiegazione adeguato (Caravita & Halldén, 1994; Spada, 1994). Accogliendo tale prospettiva Lanciano (1996) ha sottolineato la compresenza, nell'individuo, di due immagini di Terra: una piatta e ferma, in relazione alle informazioni sensoriali; l'altra sferica e in movimento, in relazione alle informazioni scientifiche ricevute.

Muovendo da una prospettiva situata e discorsiva sullo sviluppo cognitivo di ispirazione vygotkiana, che considera il ragionamento come attività situata e dipendente dagli strumenti e dal contesto, Shultz, Säljö e Wyndhamn (2001) hanno ipotizzato che ciò che il bambino dice nel corso di un'intervista non rifletta semplicemente il contenuto della sua mente ma possa essere influenzato da altri fattori, come ad esempio il contesto in cui il bambino interpreta la domanda, che ne influenzano la risposta. In uno studio condotto su un campione di alunni tra i 6 e gli 11 anni, gli autori hanno evidenziato che l'aggiunta di un globo da mostrare ai bambini nel corso dell'intervista si rivela in grado di supportare il ragionamento infantile e far emergere livelli concettuali notevolmente più elevati di quelli individuati da Vosniadou e Brewer (1992). Il contesto di spiegazione nel quale la domanda viene interpretata dal bambino sembra pertanto avere un effetto in relazione al tipo di risposta espressa. Risultati analoghi sono stati ottenuti nel lavoro di Perucchini e Ronchi (2008): sia i bambini

che gli insegnanti da essi esaminati hanno ottenuto punteggi significativamente più elevati quando le domande implicano la semplice rievocazione delle conoscenze rispetto a quelle che richiedono la formulazione di un'inferenza.

Altri autori (Nobes, Moore, Martin, Clifford, Butterworth, Panagiotaki e Siegal, 2003) hanno esteso l'indagine alla possibile influenza del contesto culturale nella formazione delle concezioni di Terra, confrontando bambini inglesi e indiani residenti in Inghilterra. L'ipotesi di partenza era che i contatti dei bambini del secondo gruppo con la loro terra di origine determinassero in questi ultimi una maggiore consapevolezza circa la sfericità della Terra. Dai risultati non sono tuttavia emerse differenze significative tra i bambini in relazione al gruppo di appartenenza né alla lingua, ma solo in relazione all'età. Differenze di tipo culturale nella concettualizzazione della Terra e del ciclo dì-notte sono invece state osservate, tra bambini inglesi e australiani di età compresa tra i 4 e i 9 anni, da Siegal, Butterworth e Newcombe (2004). Se i bambini australiani più giovani apparivano più competenti dei loro coetanei inglesi nel fornire risposte scientifiche, tali differenze culturali si attenuavano fino a scomparire a 8-9 anni, quando i bambini di entrambe le culture avevano acquisito le corrette nozioni dalla scuola. Tale differenza è stata spiegata dagli autori considerando che i bambini australiani di 4-6 anni avevano già ricevuto un'istruzione scolastica su questi temi. Al contrario, nei bambini inglesi istruiti più tardi, le concezioni intuitive potevano coesistere per un certo tempo accanto all'informazione scientifica, e pertanto riflettere le presupposizioni di piattezza e supporto che davano senso ai modelli mentali sintetici individuati da Vosniadou e Brewer (1992; 1994).

Le critiche mosse all'approccio dei modelli mentali da parte di quegli autori che rivendicavano il ruolo del contesto nella formazione dei concetti, sono state solo in parte supportate dall'evidenza empirica: dalla ricerca è infatti emerso che il tipo di domanda e il contesto concettuale in cui il bambino la interpreta possono effettivamente avere un'influenza sul tipo di concezioni espresse (Frede et al., 2011), ma non la cultura di appartenenza, dal momento che le differenze culturali rilevate da Siegal e colleghi (2004) sembrano essere legate principalmente all'istruzione ricevuta.

L'approccio della conoscenza frammentaria

Ulteriori critiche all'approccio dei modelli mentali sono fondate sul presupposto che la conoscenza iniziale dei bambini sia costituita da frammenti non sistematizzati di conoscenza, più che da modelli mentali coerenti e tra loro sistematicamente collegati. In altre parole, si è fatto spazio nella ricerca scientifica l'ipotesi che il passaggio dal ragionamento di senso comune alla comprensione scientifica implichi un cambiamento strutturale verso la sistematicità, piuttosto che semplicemente un avanzamento nei contenuti, come ha suggerito di Sessa (1998). Alla luce di queste riflessioni, Nobes, Martin, Panagiotaki (2005) hanno condotto una ricerca tesa a determinare se le concezioni di Terra presenti in bambini e adulti siano costituite da modelli mentali coerenti o da frammenti isolati di informazione, culturalmente trasmessi e assimilati dal soggetto fino all'acquisizione della nozione scientifica. A ogni partecipante è stato chiesto di scegliere tra 16 carte illustrate, ognuna delle quali si differenziava dalle altre per la forma della Terra, la posizione delle persone su di essa e la localizzazione del cielo. Gli autori hanno dimostrato che anche i bambini più piccoli possiedono la concezione scientifica di Terra, e che pertanto deve esistere solo una lieve resistenza all'istruzione scientifica in questo dominio di conoscenza e non le presupposizioni radicate postulate da

Vosniadou e Brewer (1992; 1994). Recentemente anche Hannust e Kikas (2007) hanno rilevato come la conoscenza infantile sulla Terra sia per la maggior parte frammentaria, e che la presenza dei modelli mentali individuati da Vosniadou sia solo marginale. In un lavoro teso ad esaminare l'acquisizione di conoscenze circa la Terra, gli autori hanno registrato la quasi totale assenza di modelli mentali coerenti, ma anche una bassa percentuale di risposte corrette, ponendosi pertanto in contrasto sia con l'approccio di Vosniadou e Brewer (1992), che con quello di Nobes e colleghi (2005). Nel già citato studio di Nobes (et al., 2003), l'analogia tra la distribuzione delle risposte osservata nel campione e quella attesa nel caso in cui i bambini avessero risposto in maniera incoerente e frammentaria ha condotto gli autori a concludere che l'approccio della conoscenza frammentaria si prestasse meglio dell'altro a spiegare la varianza nelle risposte dei bambini. Straatemeier, van der Maas e Jansen (2008) hanno effettuato una ricerca su bambini di età compresa tra i 4 e i 9 anni confrontando le risposte da essi fornite ad una prova scritta che prevedeva la scelta di immagini, con le concezioni che emergevano dai disegni e dall'intervista. Gli autori hanno evidenziato l'assenza di evidenze empiriche sull'esistenza delle presupposizioni individuate da Vosniadou e Brewer (1992; 1994), nonostante un piccolo numero di bambini del loro studio abbia fornito una concezione di Terra piatta.

Gli autori riconducibili a questo approccio rigettano pertanto l'ipotesi di Vosniadou e Brewer (1992; 1994) sull'esistenza di presupposizioni generalizzabili che agiscono come dei vincoli sul tipo di concezione che il bambino riesce a elaborare. Essi sottolineano che la conoscenza posseduta dal bambino circa la Terra, anziché scaturire dall'esperienza, è prevalentemente mediata, anche perché non esiste alcuna esperienza concreta in grado di fornire al singolo individuo un'evidenza circa la sfericità della Terra (Nobes et al., 2005). Collocando le conclusioni di questo approccio teorico su un piano educativo, se ne svelerebbe un'idea di apprendimento come sedimentazione e interconnessione di saperi culturalmente mediati che il bambino via via acquisisce e sistematizza con relativa facilità. Come hanno evidenziato Vosniadou e Mason (2012) gli autori che fanno capo a questo approccio suggeriscono meccanismi di arricchimento graduale di conoscenza che poggiano sulle idee presenti nei bambini anziché tendere a sostituirle (diSessa, 1998).

Il cambiamento concettuale nei bambini a seguito di istruzione

In ambito educativo l'attenzione si è concentrata prevalentemente sull'efficacia di interventi didattici mirati a modificare le concezioni presenti nei bambini, confrontando pertanto le idee da essi espresse prima e dopo tali interventi.

Alcuni di questi studi hanno messo in luce la resistenza al cambiamento delle concezioni iniziali: dal già citato studio di Nussbaum e Novak (1976) è infatti emerso che, nonostante i bambini del gruppo sperimentale presentino, al termine del percorso didattico, concezioni più avanzate rispetto ai coetanei del gruppo di controllo, le concezioni preesistenti non sono state modificate in maniera significativa. Analogamente, Klein (1982), al termine di un percorso didattico che ha coinvolto un gruppo di bambini di seconda classe, ha rilevato come la maggioranza dei bambini continui a possedere un certo numero di idee contrastanti con i concetti scientifici ai quali sono stati esposti, soprattutto riguardo alla Terra: nonostante molti di loro affermino con convinzione che abbia una forma sferica, non riescono tuttavia a spiegare come mai essa appaia piatta in una foto scattata dalla sua superficie.

Molti studi hanno esaminato i requisiti di una didattica in grado di promuovere un ap-

prendimento duraturo delle concezioni astronomiche nei bambini, a partire da quello di Nussbaum e Niva Sharoni Dagan (1983), dal quale è emerso che se le attività vengono meticolosamente ordinate e sono accompagnate da spiegazioni audioregistrate, anche i bambini di 7 anni sono in grado di afferrare la nozione astratta di Terra come corpo celeste. Analogamente, Hayes e colleghi (2003) hanno dimostrato l'efficacia di una didattica basata su filmati nel modificare le concezioni di Terra inizialmente presenti in bambini di prima classe di scuola primaria. Dai risultati è emerso che, sebbene tutti i bambini che hanno visionato almeno un filmato (sulla forma o sulla gravità della Terra) abbiano fornito al post-test un numero maggiore di risposte corrette, solo quelli che li hanno visionati entrambi mostrano di aver acquisito una concezione di Terra sferica.

Al fine di assicurare stabilità e persistenza alle concezioni apprese, Lanciano (1996) ha elaborato una metodologia didattica fondata su tre fasi: l'individuazione delle concezioni iniziali, attraverso attività che coinvolgono abilità diverse (il vedere, il toccare, il muoversi, l'ascolto, ecc.); l'analisi di tali concezioni, evidenziando quelle che possono rappresentare degli 'ostacoli' ai futuri apprendimenti (Giordan 1978); la realizzazione di attività didattiche costruite attorno a domande di tipo inferenziale scaturite dai ragionamenti dei bambini o da quelle che gli scienziati si erano posti nel passato. Considerando in termini educativi l'analogia tra le concezioni infantili e quelle emerse nella storia della scienza, Sneider e Ohadi (1998) hanno indagato il cambiamento nelle concezioni di Terra e ciclo dì-notte in ragazzi tra i 10 e i 14 anni a seguito di un percorso didattico, nel quale sono invitati a immedesimarsi in un popolo antico che considerava la Terra piatta e a formulare spiegazioni del ciclo dì-notte compatibili con tale modello di Terra. Un risultato inaspettato per gli autori è stato che il trattamento sperimentale sia risultato maggiormente efficace per i soggetti più giovani, cosicché dopo l'istruzione, i bambini di 10 e 11 anni hanno raggiunto livelli concettuali paragonabili ai loro colleghi di 14 anni riguardo la forma della Terra e la gravità. Il percorso didattico progettato da Sharp (2003) nel suo lavoro su bambini di età compresa tra i 9 e gli 11 anni ha previsto invece 3 fasi, la prima e l'ultima delle quali sono costituite dalla discussione collettiva, mentre quella centrale da attività di osservazione del cielo, di indagine e risoluzione di problemi. A seguito del percorso, le concezioni presenti nei bambini che hanno preso parte alla didattica risultano non solo di livello superiore rispetto ai coetanei del gruppo di controllo, ma appaiono stabilmente acquisite, in quanto presenti nei bambini anche a distanza di tempo. Analogamente, Ronchi, Perucchini e Musa (2007) in uno studio su bambini di 8 anni hanno evidenziato come una didattica che tenga conto delle concezioni inizialmente presenti nei bambini e che preveda attività di osservazione, indagine e discussione collettiva, risulti efficace a promuovere un cambiamento significativo delle loro conoscenze in direzione del sapere scientifico.

In un recente lavoro su bambini di età prescolare, Kikas (2005) ha registrato un incremento legato all'età nelle concezioni corrette ma anche nell'incoerenza: bambini che hanno scelto un modello di Terra sferico affermano anche che si può cadere dal bordo della Terra; analogamente, molti di loro hanno utilizzato la teoria della distanza del Sole dalla Terra per spiegare l'alternanza delle stagioni. Secondo l'autrice, tali misconcezioni sarebbero da ricondurre alle illustrazioni e ai sussidi utilizzati dagli insegnanti. Anche Ronchi (2008) ha ipotizzato che le illustrazioni presenti nei libri di testo di scuola primaria sul ciclo delle stagioni possano indurre la comparsa di misconcezioni: nonostante i bambini di quarta classe presentino una conoscenza fattuale dei moti della Terra, quando viene loro chiesto di posizionare i modelli di Sole e Terra nello spazio così come sono quando alle nostre latitudini è estate (o inverno), essi abbandonano tale conoscenza, mostrando di prediligere spiegazioni intuitive basate sulla variazione di distanza tra Sole e Terra.

Hannust e Kikas (2007) in una ricerca condotta su un campione di bambini dai 5 ai 7 anni, hanno fornito una possibile spiegazione dei modi in cui i bambini si possano costruirsi delle misconcezioni durante l'apprendimento. Assumendo una prospettiva vygotskiana, gli autori hanno ipotizzato che l'acquisizione degli strumenti per pensare – cioè delle parole – preceda l'attribuzione alle stesse del significato. In altri termini, i bambini prima memorizzano e utilizzano informazioni di tipo fattuale (ad esempio la nozione di sfericità della Terra) e solo in un secondo tempo arrivano a comprenderle pienamente (nell'esempio precedente, associando alla sfera la gravità). L'acquisizione di informazioni fattuali da parte del bambino, e la facilità con cui egli generalizza tali nuove concezioni, fanno supporre agli autori che i materiali utilizzati nella didattica possano indurre la costruzione di misconcezioni, che vanno pertanto tempestivamente affrontate per evitare che si strutturino in modelli coerenti. Plummer (2008) suggerisce che alla base della difficoltà dei bambini a comprendere alcune concezioni astronomiche possa esservi l'assenza di collegamento, nella didattica, tra i moti osservabili di Sole, Luna e stelle e quelli che essi compiono nello spazio. L'autrice utilizza il planetario come strumento in grado di collegare l'esperienza del bambino al sapere scientifico e struttura una sequenza di apprendimento basata sull'esplicitazione delle concezioni iniziali – espresse attraverso il gesto – e la loro verifica mediante il confronto con i dati di osservazione.

Pochi studi hanno finora confrontato l'efficacia di percorsi basati su metodologie didattiche diverse. Diakidoy e Kendeou (2001) hanno paragonato l'efficacia di una didattica fondata sulle concezioni inizialmente presenti nei bambini di classe quinta, e costituita da attività che stimolano la discussione e la scoperta, con un percorso di tipo trasmissivo basato sulla lezione frontale e l'uso prevalente del libro di testo. Gli autori hanno rilevato come un approccio didattico che muova dalle conoscenze pregresse degli alunni risulti maggiormente efficace non tanto al post-test, ma ad un follow-up effettuato un mese dopo il percorso. Anche Yager e Akcay (2008) hanno comparato gli effetti di una didattica costruttivista con quelli di una didattica basata sull'uso del libro di testo in un campione di studenti di scuola media, mostrando come un percorso che tenga conto delle concezioni preesistenti negli alunni, e che offra loro occasioni di discussione e confronto, promuova una maggiore abilità di transfer delle conoscenze apprese in contesti diversi.

La ricerca sul cambiamento concettuale ha evidenziato come la semplice trasmissione di nozioni induca molto spesso a un cambiamento effimero e superficiale delle concezioni preesistenti, risultando del tutto insufficiente a promuovere una modificazione strutturale profonda di tali concezioni. Strike e Posner (1985) hanno suggerito che un percorso efficace a promuovere il cambiamento concettuale deve tenere conto di alcuni fattori: l'insoddisfazione dell'alunno verso la propria concezione, che si rivela inadeguata a spiegare un fenomeno; la disponibilità ad accogliere la nuova concezione, che non deve porsi in contrasto con quelle che già possiede; la consapevolezza che tale concezione può consentirgli di comprendere una più vasta gamma di fenomeni.

2. Gli studi sulle concezioni astronomiche degli insegnanti

L'ipotesi dell'esistenza di un legame tra la comprensione dei concetti da parte del docente e la trasmissione dei contenuti disciplinari agli studenti ha condotto alcuni autori ad interessarsi alle concezioni astronomiche possedute dagli insegnanti. Se paragonate a quelle sui bambini, le ricerche sulle concezioni astronomiche degli insegnanti di scuola primaria rap-

presentano una piccola parte degli studi in tale campo. Di questi, una buona parte ha esaminato la presenza di misconcezioni tra gli insegnanti (Lawrentz (1986; Shoon, 1995; Atwood & Atwood, 1995, 1996; Lanciano, 1996; Vega Navarro, 2001; Frede, 2006), mentre altri lavori hanno confrontato la tipologia e il numero di misconcezioni possedute da docenti afferenti a diversi gradi di scuola (Parker & Heywood, 1998; Trumper, 2003; Brunzell & Marcks, 2005).

In uno dei primi studi sui docenti di scuola primaria, Lawrentz (1986) ha mostrato che circa la metà dei partecipanti fornisce risposte errate che sembrano scaturire da una conoscenza disciplinare carente o da un'errata interpretazione dei fenomeni, cioè da misconcezioni. Considerando che molte delle misconcezioni presenti negli insegnanti sarebbero state certamente trasmesse agli allievi, Shoon (1995) oltre a investigare le concezioni astronomiche dei docenti ha chiesto loro anche di spiegare le ragioni che li hanno condotti a fornire una determinata risposta e di attribuire ad essa un giudizio di correttezza. L'autrice ha suddiviso le misconcezioni individuate in due categorie: quelle caratterizzate da errori o mancanza di osservazione (ad es. ritenere che il Sole a mezzogiorno sia allo zenit, cioè perpendicolare rispetto al piano dell'orizzonte) e quelle scaturite dall'errata applicazione di una teoria (ad es. attribuire il ciclo dì-notte alla rivoluzione della Terra attorno al Sole). La maggior parte dei docenti che ha espresso tali misconcezioni afferma di averle udite da altre persone, molto spesso il proprio insegnante o i mass media, di averle pertanto considerate logiche e non aver sentito mai il bisogno di sottoporle a verifica (Shoon, 1995). In altre parole, le misconcezioni culturalmente trasmesse ai bambini dai docenti sono molto spesso giudicate da questi ultimi come vere e incontrovertibili, permanendo come tali fino all'età adulta, come hanno indicato Harris e Koenig (2006).

L'analisi della letteratura fa emergere un quadro poco rassicurante, dal quale appare che una percentuale considerevole di insegnanti possiede misconcezioni sulla Terra, le fasi della Luna, il ciclo dì-notte e quello delle stagioni.

Un quinto degli insegnanti esprime misconcezioni riguardo la forma della Terra del tutto analoghe a quelle osservate nei bambini (Vega Navarro, 2001; Ronchi & Perucchini, 2009), costituite principalmente da la nozioni corrette circa la forma della Terra cui vengono abbinata concezioni intuitive di gravità (Brunzell & Marks, 2005; Perucchini & Ronchi, 2008).

La maggior parte degli insegnanti esaminati attribuisce erroneamente le fasi lunari all'ombra che la Terra proietterebbe sulla superficie della Luna (Callison & Wright, 1993; Lanciano, 1996; Trundle, Atwood & Christofer, 2002) o allo spostamento della Luna all'interno del cono d'ombra del Sole (Trumper, 2003). Oltre la metà dei docenti indagati non ha compreso il moto di rivoluzione della Luna attorno alla Terra (Trundle, Atwood & Christofer, 2001) o quello di rotazione della Luna sul proprio asse (Lanciano, 1996). Molti docenti non riescono a collegare in un'unica spiegazione i movimenti e le fasi della Luna con l'osservazione del cielo (Brunzell & Marks, 2005).

In molti insegnanti di scuola primaria sono presenti alcune misconcezioni sul ciclo dì-notte (Shoon, 1995; Trumper, 2003; Martínez Sebastià & Martínez Torregrosa, 2005; Brunzell & Marks, 2005). Una delle concettualizzazioni più diffuse riguarda la Terra in rivoluzione attorno al Sole, seguita da quella che vede il Sole in moto di rivoluzione attorno a una Terra immobile (Atwood e Atwood, 1995). Parker e Heywood (1998) hanno identificato 6 spiegazioni relative al ciclo dì-notte, che muovono da visioni ancorate ad una prospettiva terrestre (Sole e Luna si alternano nel compiere un percorso ad arco sopra l'orizzonte) fino ad arrivare alla nozione scientifica (la Terra gira su se stessa in senso antiorario). La maggior

parte degli insegnanti intervistati da Lanciano (1996) ha affermato che il Sole a mezzogiorno è più potente e determina pertanto ombre più lunghe.

Una percentuale consistente di insegnanti attribuisce la causa delle stagioni a variazioni di distanza tra Sole e Terra, oppure a cambiamenti nell'inclinazione dell'asse terrestre (Shoon, 1995; Atwood & Atwood, 1996; Parker & Heywood, 1998; Trumper, 2003). Solo pochi docenti mostrano di sapere che il percorso del Sole nel cielo si modifica nel corso dell'anno (Lanciano, 1996; Martínez Sebastià & Martínez Torregrosa, 2005) e, anche in quei casi la maggior parte di essi non riesce a collegare questo fenomeno alle proprie conoscenze di tipo fattuale sulle stagioni (Martínez Sebastià & Martínez Torregrosa, 2005; Brunzell & Marks, 2005).

Gli studi sugli insegnanti mostrano che essi spesso presentano delle misconcezioni, causate da una carenza di osservazione o da errori nell'applicazione di teorie, che scaturiscono dalla trasmissione culturale o dall'istruzione scolastica. Il fatto che affermino di aver sempre considerato vere tali misconcezioni ripropone la questione della loro persistenza in età adulta, anche dopo cicli interi di istruzione, mentre l'analogia tra le misconcezioni degli insegnanti e quelle dei bambini pone la questione in termini educativi, sottolineando il problema della loro possibile trasmissione agli alunni.

Il cambiamento concettuale negli insegnanti a seguito di istruzione

I dati raccolti sugli insegnanti pongono pertanto la questione, coerente con quanto evidenziato anche nel caso degli alunni, dell'efficacia di interventi di istruzione nel modificare le concezioni preesistenti.

Ritenendo che le idee sul ciclo dì-notte e le stagioni possedute dagli insegnanti in formazione siano facilmente modificabili, Atwood e Atwood (1997) hanno sottoposto alcuni docenti a un percorso didattico basato sull'uso di modelli tridimensionali. Nonostante dai risultati sia stato registrato un cambiamento delle concezioni iniziali, gli autori si sono interrogati sulla stabilità delle conoscenze apprese e sulla possibilità che la scala dei modelli da essi utilizzati nella didattica abbia indotto la costruzione di misconcezioni tra gli insegnanti. L'indagine condotta da Callison e Wright (1993) ha indagato se il possesso di abilità cognitive (livello di ragionamento e abilità di tipo spaziale) e la metodologia didattica utilizzata potessero avere un ruolo nella comprensione delle fasi lunari da parte di insegnanti di scuola primaria in formazione. I risultati hanno mostrato che le suddette abilità cognitive non risultano direttamente collegate alla comprensione delle fasi lunari, ma che una didattica basata sull'uso di modelli determina il raggiungimento di concezioni più evolute negli insegnanti. Trundle, Atwood e Christopher (2002) hanno sottoposto un sottogruppo di insegnanti di scuola primaria in formazione ad un percorso didattico sulle fasi lunari che ha previsto inizialmente l'osservazione sistematica della Luna, poi momenti di discussione collettiva sui dati emersi da tale osservazione, e infine un'attività di tipo psicomotorio. A conclusione del percorso, la maggior parte di tali docenti mostrava di aver acquisito la concezione scientifica relativa a tale fenomeno.

Trumper (2005) ha realizzato un percorso didattico di tipo costruttivista teso a modificare le concezioni presenti in un gruppo di insegnanti in formazione sul sistema Terra-Sole-Luna e le stagioni. L'autore ha evidenziato che i docenti che hanno partecipato al percorso, costituito da osservazioni regolari del cielo e dalla raccolta dei relativi dati, mostrano in fase finale livelli di concettualizzazione significativamente più elevati rispetto al gruppo di con-

trollo. Anche nello studio di Martínez Sebastià e Martínez Torregrosa (2005) la didattica ha previsto momenti di osservazione del cielo e rilevazione dei dati, cui è seguita l'elaborazione, da parte dei docenti, di un modello teorico coerente con i dati raccolti. A seguito del percorso didattico, la maggior parte degli insegnanti ha compreso il modello Terra-Sole e lo utilizza efficacemente per spiegare i cambiamenti nella lunghezza del dì e nell'altezza del Sole nel corso dell'anno.

La ricerca sul cambiamento concettuale negli insegnanti ha mostrato che una didattica basata sull'osservazione diretta dei fenomeni, l'indagine, la discussione e l'elaborazione di modelli di spiegazione *promuove* risulta efficace a promuovere una migliore comprensione e generalizzazione delle nozioni scientifiche. Al contrario, l'uso di modelli tridimensionali in scala appare correlato alla comparsa di misconcezioni anche tra gli insegnanti. Ciò potrebbe suggerire ai docenti l'importanza del sistema di riferimento usato e soprattutto la necessità di renderlo esplicito nel lavoro con gli alunni, al fine di prevenire la comparsa di misconcezioni.

Le aspettative degli insegnanti circa le conoscenze dei bambini

La ricerca ha finora evidenziato come gli insegnanti spesso presentino delle misconcezioni delle quali non sono consapevoli, e che tali concezioni possono influire sugli apprendimenti futuri degli alunni. Ha inoltre messo in luce che anche i bambini possiedono delle misconcezioni, scaturite dall'esperienza o culturalmente assimilate, in aperto contrasto con la conoscenza accreditata e pertanto assai resistenti al cambiamento. È lecito pertanto domandarsi quali siano le aspettative degli insegnanti sulle conoscenze presenti negli alunni, anche perché nella quotidianità scolastica essi spesso basano il loro insegnamento proprio su tali aspettative.

Non sono emersi dalla letteratura molti lavori sulle aspettative degli insegnanti circa le concezioni astronomiche presenti negli studenti. Due studi condotti su professori di scuola secondaria superiore mostrano che questi ultimi sono generalmente poco consapevoli non solo delle misconcezioni presenti nei loro allievi, ma anche di quelle che loro stessi possiedono (Berg & Brewer, 1991), e che tendono a sottostimare le concezioni acquisite dai loro studenti più giovani, e a sovrastimare quelle apprese dagli studenti più grandi al termine di un percorso didattico (Lightman & Sadler, 1993). In un lavoro su insegnanti di scuola primaria in formazione, Perucchini e Ronchi (2008) hanno mostrato che anche le aspettative di questi docenti sulle concezioni di bambini di terza classe non sono molto accurate. Se le concezioni attribuite agli alunni sulla gravità sono risultate sostanzialmente vicine a quelle realmente possedute da questi ultimi, le loro concezioni sulla forma della Terra sono state generalmente sottostimate. Inoltre, gli insegnanti esaminati tendono ad attribuire erroneamente agli alunni alcune misconcezioni relative al percorso osservabile del Sole. Gli stessi autori hanno sottolineato come l'efficacia di un percorso didattico sia legato anche alla consapevolezza, da parte dei docenti, delle conoscenze iniziali degli alunni, di come esse evolvano e quali possano essere gli ostacoli alla costruzione della conoscenza scientifica, al fine di calibrare tale percorso alle cognizioni effettivamente possedute dagli alunni, e promuovere in essi una comprensione profonda dei fenomeni indagati. Analogamente, Sadler (et al., 2010) in un recente studio condotto su un campione di 7599 studenti e 88 insegnanti dalla scuola primaria a quella secondaria superiore, mostra che la competenza disciplinare degli insegnanti non può essere interpretata come la sola causa dello scarso rendimento degli alunni. Gli stessi autori ipotizzano che gli insegnanti sovrastimerebbero le concezioni inizialmente possedute dagli alunni o la loro abilità ad apprendere un concetto in quanto sarebbero poco consapevoli delle misconcezioni più diffuse tra gli alunni e di come esse siano radicate nella loro mente.

Conclusioni

Dalla ricerca in campo psicologico sulla formazione dei concetti emerge che il bambino precocemente si costruisce alcune robuste concezioni che utilizza efficacemente per dare un senso ai fenomeni che osserva (cfr. Vosniadou & Brewer, 1992; 1994) e che parallelamente assimila dei frammenti di informazione scientifica veicolati dalla cultura (cfr. Nobes et al., 2003; Straatemeier et al., 1998). Molte delle concezioni intuitive che si è inizialmente costruito non vengono, per così dire, 'spazzate via' dall'apprendimento scientifico, ma continuano a permanere e a essere utilizzate dall'individuo nella vita quotidiana (cfr. Caravita e Hållden, 1994; Lanciano, 1996).

Da tale quadro possono essere tratti numerosi spunti di riflessione utili alla crescita professionale dell'insegnante e al miglioramento della didattica (non solo) in campo scientifico. La consapevolezza del fatto che le idee intuitive dei bambini possano a volte porsi in contrasto con la conoscenza accreditata e pertanto strutturarsi come degli ostacoli all'apprendimento (Giordan, 1978), può suggerire all'insegnante la realizzazione di percorsi che consentano agli alunni di attivare le proprie conoscenze e metterle alla prova in contesti in cui siano inizialmente a contatto con l'oggetto di studio e solo in un secondo momento con la conoscenza mediata dai testi. Come si è visto, sono principalmente i percorsi basati sull'osservazione del cielo, la discussione, il riferimento alle antiche teorie scientifiche a determinare nei bambini la disponibilità a rivedere le proprie idee e a modificarle (Lanciano, 1996; Sneider & Ohadi, 1998; Sharp, 2003; Ronchi, Perucchini & Musa, 2007; Ronchi, 2008).

La resistenza al cambiamento che caratterizza alcune concezioni, specialmente in campo astronomico, può provocare la loro persistenza anche in età adulta: dagli studi sulle concezioni degli insegnanti è infatti emersa la presenza di misconcezioni circa la Terra, il ciclo di notte, le stagioni e le fasi lunari, anche tra i docenti di scuola primaria, ai quali tra l'altro è affidato il compito di promuovere la formazione degli alunni in campo scientifico. Spesso gli insegnanti non sono consapevoli di possedere delle misconcezioni (Berg & Brewer, 1991; Shoon, 1995), e proprio per tale ragione possono trasmetterle ai bambini, i quali le classificheranno come conoscenza vera e incontrovertibile in quanto la fonte da cui proviene, la maestra, è da essi giudicata attendibile (Harris & Koenig, 2006).

Un altro spunto di riflessione riguarda le aspettative che gli insegnanti hanno sulle conoscenze degli alunni: nonostante sia opinione condivisa che il bambino arrivi a scuola con un proprio bagaglio di conoscenze e di esperienze, le idee che gli insegnanti hanno circa tali conoscenze risultano più o meno distanti da quelle realmente possedute dagli alunni (Lightman & Sadler, 1993; Perucchini & Ronchi, 2008).

La rilevanza dei temi legati alla formazione dei concetti nel bambino e al loro cambiamento legato all'età e all'istruzione nel bagaglio culturale e professionale dell'insegnante suggerisce una maggiore attenzione da parte delle università alla preparazione dei futuri insegnanti oltre che in ambito scientifico, anche in ambito psicologico e didattico, affinché essi possano individuare le strategie didattiche più efficaci a rimuovere gli ostacoli all'acquisizione delle conoscenze in campo scientifico.

Riferimenti bibliografici

- Alexandre, P. A. (1998). Positioning conceptual change within a model of domain literacy. In B. Guzzetti, C. Hynd (Eds.), *Perspective on conceptual change* (pp. 55-76). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Atwood, R.K., & Atwood, V.A. (1995). Preservice elementary teachers' conceptions of what causes Night and Day. *School Science and Mathematics*, 95, 290-294.
- Atwood, R.K., & Atwood, V.A. (1996). Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 553-563.
- Atwood, R.K., & Atwood, V.A. (1997). Effects of Instruction on Preservice Elementary Teachers' conceptions of the causes of Night and Day and the Seasons. *Journal of Science Teacher Education*, 8(1), 1-13.
- Bailey, J. M., & Slater, T. F. (2004). A Review of Astronomy Education Research. *Astronomy Education Review (AER)*, 2(2), 20-45.
- Baxter, J. (1989). Children understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education* [special issue], 11, 502-513.
- Berg, T., & Brouwer, W. (1991). Teacher awareness of student alternate conceptions about rotational motion and gravity. *Journal of Research in science Teaching*, 28(1), 3-18.
- Berti, A.E. (2002). Cambiamento concettuale e insegnamento. *Scuola e città*, 1, 18-38.
- Brunsell, E., & Marcks, J. (2005). Identifying A Baseline for Teachers' Astronomy Content Knowledge. *The Astronomy Education Review*, 3(2), 38-46.
- Callison, P. L., & Wright, E. L. (1993). The effect of teaching strategies using models on preservice elementary teachers' conceptions about earth-sun-moon relationships. Paper presented at the *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Atalanta, G.A.
- Caravita, S., & Halldén, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Diakidoy, I.A., & Kendeou, P. (2001). Facilitating conceptual change in astronomy: a comparison of the effectiveness of two instructional approaches. *Learning and Instruction*, 11, 1-20.
- diSessa, A. (1998). Knowledge in Pieces. In G. Forman, P. B. Pufall, *Constructivism in the computer age* (pp. 49-70). Hillsdale, NJ: L. Erlbaum.
- Frede, V. (2006). Pre-service elementary teacher's conceptions about astronomy. *Advances in space research*, 38, 2237-2246.
- Frede, V., Nobes, G., Frappart, S., Panagiotaki, G., Troadec, B., & Martin, A. (2011). The acquisition of scientific knowledge: the influence of methods of questioning and analysis on the interpretation of children's conceptions of the Earth. *Infant and Child Development*, 20, 432-448.
- Gardner, H. (2005). *Educazione e sviluppo della mente: intelligenze multiple e apprendimento*. Trento: Erikson.
- Giordan, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris: Editions du Centurion (trad. it S. Calzolani, *Una didattica per le scienze sperimentali*, Armando, Roma 1981).
- Hannust, T., & Kikas, E. (2007). Children's knowledge of astronomy and its change in the course of learning. *Early Childhood Quarterly*, 22, 89-104.
- Harris, P., & Koenig, M. (2006). Trust in Testimony: How Children Learn About Science and Religion. *Child Development*, 77(3), 505-524.
- Hayer, B. K., Goodhew, A., Heit, E., & Gillan, J. (2003). The role of diverse instruction in conceptual change. *J. Experimental Child Psychology*, 86, 253-276.
- Jones, B., Linch, P., & Reesink, C., (1987). Children's conceptions of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education*, 9 (1), 43-53.
- Kikas, E. (2005). The development of children's knowledge: the sky, the Earth and the Sun in children's explanations. *Folklore*, 31, 31-56.

- Klein, C. A. (1982). Children's concepts of the earth and the sun: a cross-cultural study. *Science Education*, 66 (1), 95-107.
- Lanciano, N. (1996). *L'analisi delle concezioni e l'osservazione in classe: strumenti per la definizione degli obiettivi educativi e delle strategie pedagogiche per l'insegnamento dell'astronomia nella scuola elementare in Italia*. Geneve (Tesi di Dottorato).
- Lawrenz, F. (1986). Misconceptions of physical science concepts among elementary school teachers. *School Science and Mathematics*, 86, 654-660.
- Lelliot, A., & Rollnick, M. (2010). Big Ideas: a review of astronomy education research 1974-2008. *International Journal of Science Education*, 32(13), 1771-1799.
- Lightman, A., & Sadler, P. (1993). Teacher Predictions Versus actual Student Gains. *The Physics Teacher*, 31, 162-167.
- Mali, G. B., & Howe, A. (1979). Development of Earth and Gravity Concepts among Nepali Children. *Science Education*, 63(5), 685-691.
- Martínez Sebastià, B., & Martínez Torregrosa, J. (2005). Preservice Elementary Teachers' Conceptions of the Sun-Earth Model: A Proposal of a Teaching-Learning Sequence. *The Astronomy Education Review*, 4, 121-126.
- Murphy, P. K., & Mason, L. (2006) Changing knowledge and beliefs. In P. A. Alexander, P. H. Winne (Eds) *Handbook of Educational Psychology* (pp. 305-324). Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Nobes, G., Moore, D. G., Martin, A. E., Clifford, B. R., Butterworth, G., Panagiotaki, G., & Siegal, M. (2003). Children's understanding of the Earth in a multicultural community: mental models or fragmented knowledge? *Developmental Science*, 6(1), 72-85.
- Nobes, G., Martin, A. E., & Panagiotaki, G. (2005) The development of scientific knowledge of the Earth. *British Journal of developmental Psychology*, 23, 47-64.
- Nussbaum, J., & Novak, J. (1976). An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60 (4), 685-691.
- Nussbaum, J. (1979). Children's conceptions of the earth as a cosmic body: a cross-age study. *Science Education*, 63, 83-93.
- Nussbaum J., & Sharoni-Dagan, N. (1983). Changes in second grade children's preconceptions about the earth as a cosmic body resulting from a short series of audio-tutorial lessons. *Science Education*, 67 (1), 99-114.
- Panagiotaki, G. (2003). *Is the Earth Flat Or Round?: Knowledge Acquisition in the Domain of Astronomy*. Sussex: University of Sussex.
- Parker J., & Heywood, D. (1988). The Earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20, 503-520.
- Perucchini P., & Ronchi, C. (2008). Understanding of the Earth and the Sun: Comparison among children and teachers and teachers' expectation on primary pupils, In Labrell, F., Chasseigne, G. (2008). *Aspects du développement conceptuel et langagier* (pp. 87-114). Paris: Publibook.
- Piaget, J. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris: Alcan.
- Piaget, J. (1966). *L'image mentale chez l'enfant*. Paris: Presses universitaires de France.
- Plummer, J. (2008). Students' development of astronomy concepts across time. *Astronomy Education Review (AER)*, 7, 139-148.
- Ronchi, C. (2008). Le stagioni dalla Terra al cielo. Un possibile percorso didattico per collegare l'esperienza al sapere scientifico. *Giornale di Astronomia*, 34 (2), 34-39.
- Ronchi C., Perucchini P., & Musa, M. (2007). Se la Terra centrerebbe fosse piatta come una focaccia, il mondo non centrerebbe tutto. Analisi delle concezioni infantili sulla forma della Terra e la forza di gravità prima e dopo un intervento di istruzione. Poster presentato al Convegno Nazionale "Psicologia e scuola: forme di intervento e prospettive future". Milano, 28 maggio 2007.
- Ronchi C., & Perucchini, P. (2009). "Il Sole di notte sta sotto la Terra. (Mis)concezioni infantili, predizioni degli insegnanti e didattica dell'astronomia nella scuola primaria", relazione al Simposio "Gli ostacoli all'apprendimento disciplinare", I Convegno Nazionale "In classe ho un bambino

- che... *Apprendimento e aspetti relazionali nella scuola*", Firenze, Palazzo dei Congressi, 6-7 febbraio 2009, p. 27.
- Sadler, M. P., Coyle, H., Miller, J. L., Cook-Smith, N., Dussault, M., & Gould, R. R. (2010). The astronomy and space science inventory: development and validation of assessment instruments aligned with the K-12 National Science Standards. *Astronomy Educational Review (AER)*, 8, 1-26.
- Sharp, J. G. (2003). Children's ideas in astronomy and the 'chaos' of learning science. Paper presented to the *Research And The Quality Of Science Education Conference*. The Netherlands, 9-13 August, 2003.
- Shoon, K. J. (1995). The Origin and Extent of Alternative Conceptions in the Earth and Space Sciences: A Survey of Pre-service Elementary Teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7 (2), 27-46.
- Shultz, J., Saljo, R., & Wyndhamn, J. (2001). Heavenly talk: discourse, artifacts and children's understanding of elementary astronomy. *Human Development*, 44, 103-118.
- Siegal, M., Butterworth, G., & Newcombe, P. (2004). Culture and children's cosmology. *Developmental science* 7 (3), 308-324.
- Sneider, C. I., & Ohadi, M. M. (1998). Unraveling students' conceptions about the earth's shape and gravity. *Science Education*, 82 (2), 265-284.
- Spada, H. (1994). Commentary. Conceptual change or multiple representations?. *Learning and Instruction* 4, 113-116.
- Strike, K. S., & Posner, G.S. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L.H.T. West, A. Leon Pines (Eds.) *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press.
- Trumper, R. (2003). The need for change in elementary school teacher training—a cross-college age study of future teachers' conceptions of basic astronomy concepts. *Teaching and Teacher Education*, 19, 309-323.
- Trumper, R. (2005). Teaching Future Teachers Basic Astronomy Concepts—Seasonal Changes— at the time of Reform in Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (9), 879-906.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christofer, J. E. (2002). Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Moon Phases before and after Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (7), 633-658.
- Vega Navarro, A. (2001). Tenerife tiene seguro de sol (yde luna): representaciones del profesorado de primaria acerca del día la noche. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 31-44.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1987). Theories of Knowledge Restructuring in Development. *Review of Educational Research*, 57 (1), 51-67.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the Earth: a study of conceptual change, in childhood. *Cognitive Psychology* 24 (4), 535-586.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- Vosniadou, S. & Mason, L. (2012). Conceptual change induced by instruction: A complex interplay of multiple factors. In K. Harris, S. Graham, T. Urdan, S. Graham, J.M. Royer, M. Zeidner (eds.) *APA educational psychology handbook, Vol 2: Individual differences and cultural and contextual factors. APA handbooks in psychology* (pp. 221-246). Washington, DC, US: American Psychological Association.
- Yager R. E., & Ackay, H. (2008). Comparison of Student Learning Outcomes in Middle School Science Classes with an STS Approach and a Typical Textbook Dominated Approach. *RMLE Online*, 31 (7), 1-16.