

Lavorare con le
Big Ideas
dell'Educazione scientifica

a cura di Wynne Harlen

con Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi,
Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna,
Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell and Wei Yu

Edizione Italiana a cura di Anna Pascucci

iap

the global network of science academies

Publicato dallo Science Education Programme (SEP) dello IAP

www.interacademies.net/Publications/27784.aspx

IAP - c/o ICTP campus - Strada Costiera, 11 - 34151 - Trieste - Italy

www.interacademies.net

iap@twas.org

ISBN 9788894078428

© Wynne Harlen 2015

Copie e traduzioni possono essere realizzate senza costo o permessi ma con gli opportuni ringraziamenti.



INNOVEC

Innovación en la Enseñanza de la Ciencia A.C.

Lavorare con le *Big Ideas* dell'educazione Scientifica

Prefazione	1
Sintesi	4
1 Introduzione e motivazione	6
Introduzione	
Motivazione	
Sfide	
Benefici per gli individui e per la società	
2 Principi	11
3 Rivedere le <i>Big Ideas</i> : estensione, dimensione e identificazione	15
Estensione	
Dimensione	
Identificare le <i>Big Ideas</i>	
4 Progressione nello sviluppo delle <i>Big Ideas</i>	22
I modelli di progressione	
Descrizione della progressione nelle <i>Big Ideas</i>	
5 Lavorare con le <i>Big Ideas</i> in mente	39
Opportunità per tutti gli studenti	
I contenuti del curriculum	
Strategie pedagogiche	
Valutazione	
Sintesi delle implicazioni	
6 Implementare le <i>Big Ideas</i>	50
Le <i>Big ideas</i> nei documenti dei curriculum nazionali	
La comprensione delle <i>Big ideas</i> da parte degli insegnanti	
La valutazione formativa dell'insegnamento per le <i>Big ideas</i>	
Commenti conclusivi	
Profilo dei partecipanti	58
Bibliografia	63

Prefazione

Nel 2009 un gruppo di esperti nel campo dell'educazione scientifica ha partecipato a un seminario internazionale con l'obiettivo di individuare le idee chiave che gli studenti dovrebbero affrontare nel corso dell'educazione scientifica per comprendere, apprezzare e meravigliarsi del mondo naturale. Si attribuì anche a un curriculum scientifico frammentario e troppo denso di contenuti la percezione da parte degli studenti della scienza come una serie di informazioni disorganizzate e per loro poco significative. Per contribuire almeno in parte alla soluzione di questo problema furono formulati gli obiettivi dell'educazione scientifica non in termini di conoscenza di un insieme di fatti, fenomeni e teorie quanto, piuttosto, in termini di una progressiva comprensione di idee chiave - *Big Ideas* - significative per la vita degli studenti sia durante che dopo il loro percorso scolastico. Il seminario e il lavoro di gruppo che ne seguì ebbe come risultato la pubblicazione del testo *Principles and Big Ideas of Science Education*, distribuito gratuitamente, tradotto in diverse lingue e accolto con grande interesse in tutto il mondo.

Cinque anni dopo, alle ragioni allora identificate dal gruppo di lavoro, che spinsero alla pubblicazione delle *Big Ideas* nell'educazione scientifica, se ne sono aggiunte altre. Per rivedere il lavoro precedente, nel Settembre 2014, si è tenuto un secondo seminario internazionale al quale hanno partecipato lo stesso gruppo di esperti, più uno specialista in contenuti curriculari. Il seminario è stato finanziato da un consistente contributo del Ministero dell'educazione messicano, nell'ambito delle attività di collaborazione internazionale INNOVEC e grazie a fondi di privati e delle istituzioni di alcuni partecipanti. Tutti gli intervenuti hanno contribuito attivamente durante i due giorni e mezzo del seminario e nella fase di revisione e stesura finale della presente pubblicazione. Le relazioni e discussioni sono state dettagliatamente trascritte. Visto l'ampio spettro delle competenze e dei background culturali dei membri del gruppo, si auspica che, analogamente alla precedente, anche questa pubblicazione trovi ampi consensi e se ne favorisca la diffusione a livello internazionale.

Un sentito ringraziamento per lo sforzo congiunto va al gruppo di esperti: Derek Bell, Rosa Devès, Hubert Dyasi, Guillermo Fernandez de la Gaza, Louise Hayward, Pierre Lèna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell, Wei Yu; e Juliet Miller (elaboratrice delle trascrizioni).

Prefazione all'edizione italiana

Un testo visionario e versatile, con indicazioni chiare ed essenziali, spunti ricchissimi e strumenti preziosi che affronta, in un percorso elicoidale, alcune tematiche fondamentali dell'insegnamento e apprendimento delle Scienze a scuola: scelta dei contenuti, approccio didattico, valutazione, integrazione dei saperi, formazione docenti.

Working with Big Ideas of Science Education è stato scritto da Wynne Harlen insieme a scienziati ed esperti internazionali di Educazione scientifica attivi promotori di programmi innovativi per la diffusione dell'*IBSE – Inquiry Based Science Education* in molti paesi del mondo. Gran parte di essi ricopre o ha ricoperto, ruoli chiave in organismi quali lo IAP – Interacademy Panel o l'ALLEA - ALL European Academies, non noti in Italia anche per l'impegno indirizzato all'individuazione condivisa di assi prioritari sui quali costruire e sostenere programmi educativi innovativi. Esempio concreto di come la dimensione universale della Scienza e di alcuni aspetti nodali dell'Educazione scientifica possa permettere di contrastare la consueta polverizzazione di energie e investimenti e creare un *capitale globale condivisibile* al quale poter attingere. Operando opportune curvature contestuali, è dunque possibile anche in Italia, partire da questo capitale e organizzare i pezzi dei tanti fattori che compongono il puzzle dell'insegnamento e apprendimento della Scienza, troppo spesso disconnessi e pertanto disorientanti, in un quadro di senso per scienziati, educatori, insegnanti e studenti.

La ricchezza degli spunti o delle più ampie esplicitazioni contenute nel testo ne permette una lettura e un uso a diversi livelli, ma in ogni caso veicola una visione organica, coerente, funzionale e sinergica della Scienza e dell'Educazione scientifica a scuola. Nel documento, infatti, la selezione dei contenuti (cap.4), delle strategie pedagogiche (cap.5), delle modalità e degli strumenti di valutazione formativa e sommativa (cap.5 e 6) sono in risonanza e si sostengono vicendevolmente assumendo un potere raffinatamente pervasivo non rinchiuso nella singolarità degli specifici ambiti. Al lettore è rigorosamente *fornita*, e non semplicemente *dichiarata*, una visione olistica sulle scelte da operare relative al *cosa insegnare* dell'enorme, prorompente vastità dei contenuti scientifici del passato e del presente e del *come insegnarlo*, con quali strategie e strumenti e del *perché farlo così* e, a quale scopo, e soprattutto, del *come valutarne l'efficacia*.

Il linguaggio utilizzato è volutamente non specialistico sia nella trattazione delle parti più propriamente scientifiche che didattiche con l'intento di estendere la fruibilità del testo a lettori con background culturale e competenze diverse (insegnanti di ogni livello scolare e diversa formazione scientifica o pedagogica, formatori di insegnanti, scienziati) con l'intento di rendere accessibile una visione complessiva con punti nodali dai quali partire anche per una opportuna espansione. Il testo contiene, volutamente, messaggi ripetuti per fare in modo che prima o poi il lettore si imbatta in essi, ne sia colpito e inevitabilmente li ritenga. Nella edizione italiana, per lo stesso motivo, tali messaggi sono stati mantenuti. Essi sono disseminati lungo il percorso di chi legge, affiancati da qualcosa che si ritrova e altro che si vede per la prima volta. Come in un viaggio.

E allora quali le tappe proposte? Quali i sentieri tracciati? Quali i punti panoramici? E soprattutto, quali gli attrezzi? Quali mappe, bussole, scarponi e racchette sono fornite per utilizzare quel che si impara dal viaggio?

Di seguito l'accento solo ai principali elementi. Lascio al lettore il piacere della scoperta.

Quali contenuti scientifici? Perché identificare Big Ideas? Da dove partire nella loro acquisizione da parte degli studenti? E dove fermarsi? Con quale progressione partendo dagli studenti più piccoli della scuola primaria sino a quelli della secondaria di 2° grado? Le Big Ideas, termini volutamente non tradotti con quelli ben meno significativi in Italia, di "grandi idee", non sono solo "della" Scienza (1-10) ma anche "sulla" Scienza (11-14), sottolineando l'attenzione anche ai processi. Esse sono descritte nel cap.4 articolate in una dipanazione progressiva, espressa con la meraviglia del racconto dell'alzare pietra su pietra per scoprire i misteri, organizzate progressivamente per fasce di età con confini non rigidi per permetterne la curvatura contestuale. Ciascuna progressione verso una *Big Ideas* rivela la chiarezza degli obiettivi e l'attenzione agli strumenti cognitivi adeguati alla fascia di età, ma si muove coerentemente da quel che viene prima e verso quel che viene dopo. *Una bussola potente capace di dirigere selezioni nella molteplicità dei contenuti curricolari.* La visione del mondo Naturale che se ne ricava, leggendole, muta d'improvviso o lentamente, si creano inattese connessioni, si rinforzano, si saldano e si rappresentano le maglie decodificanti attraverso le quali viene osservato il mondo, si creano attrezzi solidi per filtrare le informazioni, per distinguere quelle scientifiche da quelle che non lo sono, per esprimere argomentate opinioni anche su questioni scientifiche globali che inevitabilmente interferiscono con la nostra vita e con quella dell'intera società nel presente come nel futuro.

Il potere formativo delle *Big Ideas* richiede però che esse siano ancorate e declinate nelle specificità dei curricula nazionali. A tal fine sono riportati nel cap.5, alcuni esempi di curricula scolastici di vari paesi. In Italia i documenti del curriculum nazionale (Indicazioni Nazionali per la scuola dell'infanzia e il 1° ciclo d'istruzione, Linee guida per i tecnici e i professionali, Indicazioni nazionali per i licei) pur nella diversità di impostazione, offrono anche interessanti spunti e tracce sulle quali lavorare verso le *Big Ideas*, ma essi sono percepiti dalla maggior parte dei docenti come "l'asfissiante montagna dei contenuti del programma" ai quali fa da contrappunto di consueto la solitudine del docente davanti ad essi. Rileggere i documenti del curriculum italiano alla luce delle *Big Ideas*, permette di illuminare la "montagna" e di individuare chiare piste per operare selezioni.

Quali strategie pedagogiche sono più efficaci alla luce delle Big Ideas? Anche in questo caso le indicazioni contenute nel testo sono chiare ed essenziali. *L'inquiry* è la *via maestra* ma, attenzione, esso non è una vernice che si spalma e colora di sé ogni attività del "fare con le mani" degli studenti e neppure ha le caratteristiche della singolarità, una volta e mai più. *L'inquiry* è un "habitus mentale" che, come la conoscenza scientifica, si acquisisce passo dopo passo, con accuratezza, rigore, fatica, perseveranza. Solo così diventa sostanza costituente dello scheletro del bagaglio cognitivo ed esperienziale di docenti e studenti. E solo così che l'acronimo, IBSE, sempre più diffuso anche in Italia, può prendere sostanza e forma in strumenti e modalità di uso, connettendosi strettamente ed in modo mutualmente funzionale alle selezioni dei contenuti. *L'inquiry* è in funzionale funzionale risonanza con le *Big Ideas*.

E infine, come si gestisce in questo puzzle che inizia a disegnare il quadro di sé, lo spettro, tale sovente è percepito in Italia, della *valutazione*? *Di cosa parliamo e con quale ruolo e finalità affrontiamo la valutazione formativa e sommativa in tale contesto?* Anche su questo tema, il gruppo di lavoro e soprattutto, ma non solo, la curatrice del testo, Wynne Harlen,

esperta internazionale di valutazione, (si veda tra gli altri il testo Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice <http://www.interacademies.net/File.aspx?id=21245>) offre una visione chiarificatrice e preziosissima per vastità di impostazione, finalità, strumenti e modalità di uso che suggerisce.

E' evidente infine, che la *formazione degli insegnanti* riveste un ruolo chiave, ed è certamente un tassello fondamentale che deve essere coerente e funzionale alla visione complessiva proposta nel testo. Nel cap.6 sono fornite indicazioni e suggerimenti. In particolare si pone l'accento sull'importanza, anche in base alle nuove ricerche sui meccanismi di apprendimento ai quali viene data costante attenzione in tutto il testo, della creazione di comunità di pari, della formazione continua sull'*inquiry*, accompagnata e realizzata in prima persona dai docenti, dello sviluppo di una solida o più solida conoscenza dei contenuti scientifici anche mediante l'interazione con la comunità scientifica.

Ben cosciente di tali esigenze, convinta del ruolo cruciale della formazione docente in qualunque processo d'innovazione scientifica efficace, pervasiva e duratura a scuola, impegnata da quasi un decennio in programmi di diffusione dell'IBSE in Italia, ecco i viaggiatori d'elezione (ma non i soli!) a cui è prioritariamente dedicata l'edizione italiana di *Working with Big Ideas of Science Education*: i formatori e gli insegnanti. E insieme ad alcuni di essi è stato fatto il lavoro di traduzione e accurata revisione di *Lavorare con le Big Ideas della Educazione scientifica*. Il mio sentito ringraziamento va perciò a *Antonella Alfano, Paola Bortolon, Mariangela Fontechiari e Giulia Forni*. Formatori e insegnanti, appassionati, laboriosi e visionari. Senza la loro competenza, professionalità, umiltà, sostegno, determinazione, passione per la Scienza e per il suo insegnamento non sarei riuscita a produrre questa versione, certamente ancora perfettibile, del testo.

Anna Pascucci

Luglio 2015

Sintesi

Lo scopo di questa pubblicazione è di aggiornare la discussione e le conclusioni sulle conoscenze scientifiche essenziali che ogni studente dovrebbe acquisire durante gli anni della scuola dell'obbligo. Essa è stata elaborata cinque anni dopo la pubblicazione di *Principles and Big Ideas of Science Education* prodotto in risposta alle diffuse preoccupazioni dovute al fatto che molti studenti ritenessero l'Educazione Scientifica poco interessante o poco significativa per la loro vita. Tale problema fu in parte attribuito a un curriculum troppo denso di contenuti, che appariva come un insieme disorganizzato d'informazioni da apprendere. Parte della soluzione al problema fu di considerare gli obiettivi dell'Educazione Scientifica non come un insieme di fatti e teorie da conoscere, ma come la progressiva comprensione d'idee chiave, le "grandi idee", rilevanti per la vita degli studenti sia durante sia dopo il percorso scolastico. Queste idee chiave sono denominate (anche nella presente traduzione in lingua italiana) *Big Ideas* e sono quelle che tutti gli studenti dovrebbero conoscere, indipendentemente dal genere, dal background culturale, dalle abilità, dal proseguire gli studi o dall'intraprendere una carriera scientifica. *Principles and Big Ideas of Science Education*¹ è stata la pubblicazione frutto di un seminario internazionale di esperti e formatori scientifici (2009), durante il quale si identificarono alcuni principi guida, dieci *Big Ideas della Scienza*, più quattro *sulla Scienza* e le sue applicazioni. La presente pubblicazione *Lavorare con le Big Ideas dell'Educazione scientifica* (il cui titolo originale è *Working with Big Ideas of Science Education*), è il risultato di un ulteriore seminario (2014) ed è prodotta dallo stesso gruppo di esperti, amplia il lavoro precedente, delinea con maggiore chiarezza e in modo più approfondito le motivazioni che spingono a lavorare verso le *Big Ideas* chiarendo che cosa questo comporti in relazione ai contenuti curricolari, alle strategie pedagogiche, alla valutazione degli studenti e alla formazione degli insegnanti.

Oltre ai fattori concernenti la percezione della Scienza da parte degli studenti e degli insegnanti che hanno dato origine al lavoro iniziale, sono stati identificati altri fattori, collegati ai possibili benefici per gli studenti e per la società in un'epoca di continue innovazioni. Ad esempio il vantaggio per gli studenti di essere in grado di cogliere i caratteri essenziali di eventi e fenomeni del mondo che li circonda, così da poter prendere decisioni consapevoli sulla propria e altrui salute e il relativo benessere. La società, a sua volta, trae beneficio da cittadini che sono in grado di decidere in maniera informata su questioni quali l'utilizzo dell'energia e la protezione dell'ambiente.

L'Educazione scientifica deve inoltre tener conto dei cambiamenti del mondo del lavoro che richiedono la capacità di collegare la Scienza con l'ingegneria, la tecnologia e la matematica (STEM), deve prestare particolare attenzione alle questioni globali, come le conseguenze dei cambiamenti climatici, deve considerare le ripercussioni positive e negative della valutazione degli studenti, e infine, il crescente contributo delle neuroscienze alla comprensione del processo di apprendimento. Tutte queste motivazioni si aggiungono alle

¹ *Principles and Big Ideas of Science Education* Editore Wynne Harlen con il contributo di Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell e Wei Yu. Pubblicato dall'Association for Science Education, 2010. ISBN 978 0 86357 4 313.

ragioni che hanno portato allo sviluppo delle *Big Ideas* allo scopo di fornire un quadro di riferimento che guidi le scelte riguardanti l'Educazione Scientifica.

Sebbene i molteplici obiettivi dell'Educazione Scientifica siano riconoscibili nei principi indicati, ci si concentra qui sulla comprensione concettuale, sulle capacità scientifiche e attitudini da sviluppare con strategie pedagogiche appropriate, anziché limitarsi a un semplice elenco di obiettivi. Le *Big Ideas della Scienza* e *sulla Scienza* sono proposte in forma descrittiva secondo una progressione verticale che si estende dall'inizio della scuola primaria fino al termine della secondaria.

Le implicazioni correlate all'utilizzo nella pratica dei principi e delle *Big Ideas* sono considerate in relazione ai contenuti, alle strategie pedagogiche, alla valutazione degli studenti e alla formazione degli insegnanti. Per quanto riguarda le strategie pedagogiche si sostiene che *l'inquiry* non solo occupi un ruolo centrale nello sviluppo della comprensione, ma che le *Big Ideas* della Scienza siano un necessario accompagnamento nel promuovere *l'Inquiry Based Science Education* – IBSE.

Nel capitolo finale si esaminano quali cambiamenti siano necessari nella pratica didattica, in particolare come le *Big Ideas* possano essere inserite nel curriculum di scienze, come debbano essere formati gli insegnanti e come debba essere valutato il loro insegnamento relativamente ad esse.

1 Introduzione e motivazione

Introduzione

Nei cinque anni trascorsi dalla pubblicazione di *Principles and Big Ideas of Science Education* si sono verificati rapidi mutamenti nell'Educazione in generale e in quella scientifica in particolare. Gli studenti utilizzano tecnologie digitali a scuola e al di fuori della scuola, sono stati implementati i quadri di riferimento nell'elaborazione dei curricula, l'uso del computer ha ampliato le modalità di valutazione, è migliorata la comprensione del processo di apprendimento e delle strategie per sostenerlo e incrementarlo.

Cambiamenti anche maggiori, con enormi ripercussioni sull'educazione, stanno avvenendo nel mondo del lavoro, nel quale la tecnologia ha soppiantato alcuni tipi di attività, oggi non più richieste. La domanda di lavoro manuale di medio livello è in diminuzione, sostituita da processi di automatizzazione, non applicabili invece per le occupazioni di basso e alto livello che richiedono abilità squisitamente umane. Per molti la capacità di inventare nuovi prodotti, di risolvere problemi e affrontare compiti complessi sarà, almeno per il momento, l'unico modo per evitare la disoccupazione con tutte le sue conseguenze sociali. La globalizzazione ha fornito opportunità ma lanciato anche sfide, in particolare a coloro che vivono in aree del mondo meno capaci di cambiare rapidamente rispetto a quanto siano in grado di fare i paesi altamente sviluppati.

Raggiungere il benessere in quest'epoca d'innovazioni richiede la capacità di cogliere gli aspetti essenziali delle diverse problematiche, di riconoscere modelli efficaci, di reperire ed applicare conoscenze adeguate. L'Educazione Scientifica ha le potenzialità per favorire lo sviluppo delle abilità e delle competenze richieste, focalizzandosi sullo sviluppo d'idee della Scienza di grande respiro e perciò definite "potenti", sulla natura della ricerca scientifica e delle sue applicazioni. Tale consapevolezza ha in parte costituito la base per rivedere le *Big Ideas* identificate nel 2009 e in particolare di riesaminare le loro implicazioni sul cambiamento nelle pratiche d'insegnamento scientifico necessario per la loro implementazione a scuola.

Infine, le grandi questioni globali, come i cambiamenti climatici, la salute e la crescita demografica, richiedono che i giovani posseggano almeno una conoscenza di base delle idee scientifiche più rilevanti, delle problematiche etiche, di quelle tecnologiche e le capacità cognitive necessarie per affrontarle.

In questa pubblicazione sono riportate le ragioni dell'importanza di identificare le *Big Ideas* evidenziandone le sfide e i benefici connessi.

Motivazione

Cinque anni fa sono state individuate dal gruppo di lavoro le ragioni, elencate di seguito, che hanno portato all'esplicitazione delle idee chiave, che dovrebbero essere considerate obiettivi prioritari dell'Educazione Scientifica:

- contrastare la percezione della Scienza da parte degli studenti come un insieme di fatti e teorie frammentarie e per loro poco significative, tramite la progressiva costruzione di idee organizzate in un quadro coerente su come funziona il mondo;
- fornire le basi per le attività in classe che aiutino gli studenti a spiegare i fatti e i fenomeni che essi ritengono significativi;
- fornire criteri per operare selezioni nella molteplicità dei contenuti curriculari;
- fornire informazioni sullo sviluppo di quadri di riferimento curriculari costruiti in modo da favorire la progressiva comprensione delle *Big Ideas*.

Oltre a questi motivi, tuttora validi, ne sono stati aggiunti altri, qui presentati in modo sintetico, ma ripresi in seguito. Essi derivano da tre considerazioni:

- l'ampia diffusione nell'Educazione Scientifica dell'approccio basato sull'*inquiry*;
- l'evidente connessione esistente nella vita quotidiana tra Scienza e altri ambiti delle STEM²;
- la maggiore comprensione, fornita dalle neuroscienze, delle condizioni che influenzano l'apprendimento.

Inquiry Based Science Education (IBSE)

Le strategie pedagogiche basate sull'*inquiry* sono universalmente accettate e, negli ultimi dieci anni, un crescente numero di ricerche ne ha mostrato l'efficacia. Apprendere la Scienza attraverso l'*inquiry*, grazie ad attività pratiche e mentali, coinvolge gli studenti nello sviluppo della conoscenza, partendo dalle idee che essi già possiedono e portandoli a sviluppare idee scientifiche più potenti per spiegare fatti e fenomeni nuovi, mediante la raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati. Tale approccio è in linea con la visione socio-costruttivista dell'apprendimento e coinvolge gli studenti in attività simili a quelle degli scienziati, favorendo una migliore comprensione dei processi della Scienza. Sebbene non

² Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica. Con esse intendiamo:

Scienza: le idee sul mondo naturale, giustificate dall'esperienza empirica, che si sono accumulate nel tempo e i processi attraverso i quali tali idee sono state generate.

Tecnologia: sistemi, processi e manufatti prodotti dagli esseri umani per rispondere ai propri bisogni o desideri.

Ingegneria: processo sistematico e iterativo, imbevuto di conoscenza scientifica, di progettazione di oggetti e sistemi per raggiungere soluzioni ai problemi umani.

Matematica: lo studio sistematico di modelli e relazioni tra quantità, numeri e spazio espressi simbolicamente sotto forma di numeri e forme, e giustificato da argomentazioni logiche.

tutto l'apprendimento scientifico possa avvenire, o sia necessario che avvenga, in questo modo, *l'inquiry* gioca un ruolo chiave nell'aiutare gli studenti a sviluppare la comprensione. Tuttavia, una sua implementazione efficace richiede molto tempo ed è pertanto necessario selezionare accuratamente argomenti e attività per utilizzare nel modo migliore il tempo a disposizione, sempre prezioso e limitato. La selezione di quali idee chiave siano più utili alla comprensione del mondo che ci circonda, è il naturale corollario per l'efficace adozione nella scuola dell'obbligo dell'IBSE nel processo d'insegnamento-apprendimento.

Connessioni con la vita quotidiana

Nelle situazioni della vita quotidiana, situazioni che catturano maggiormente l'interesse di molti studenti, le conoscenze scientifiche sono spesso utilizzate insieme a quelle di altre discipline, quali l'ingegneria, la tecnologia e la matematica. I cambiamenti nel mondo del lavoro e nella ricerca richiedono sempre più l'azione di gruppi multidisciplinari e transdisciplinari, in grado di affrontare un'ampia varietà di problemi che possono avere implicazioni per la società. I problemi e i contesti del mondo reale – come ad esempio la progettazione di sistemi per la produzione di energia sostenibile, l'ingegneria biomedica, la conservazione della biodiversità in aree nelle quali sorgono conflitti tra bisogni locali e globali - richiedono conoscenze, concetti ed abilità che afferiscono a più discipline. Tutti i cittadini devono potere comprendere le problematiche della nostra società e le relative implicazioni etiche, se esiste una volontà politica di mobilitarsi per la loro soluzione. È necessario pertanto assicurare a tutti gli studenti, un apprendimento che li renda partecipi e in grado di affrontare le sfide attuali. Queste considerazioni sollevano il problema di come assicurare un tal tipo di apprendimento. Ne consegue che essere in grado di cogliere le relazioni esistenti tra le diverse idee della Scienza, come di comprendere le *Big Ideas* e di come esse si sono sviluppate, gioca un ruolo importante per prepararsi ad affrontare il futuro personale e professionale. Un'educazione che aiuti gli studenti a collegare le conoscenze all'interno e tra i diversi ambiti disciplinari, favorisce la creatività e l'innovazione, prepara a partecipare, piuttosto che a subire passivamente, al rapido cambiamento del mondo del lavoro e della comunicazione, anche grazie al ricorso alle tecnologie sviluppate mediante l'ingegneria e con le applicazioni della Scienza.

Neuroscienze e ricerche nelle scienze cognitive

I progressi nella ricerca sull'attività cerebrale stanno rapidamente identificando i fattori che facilitano un apprendimento efficace. Una scoperta importante è che idee correlate sono utilizzate più prontamente in situazioni nuove rispetto a quanto avviene per idee che non sono in relazione tra loro. Questo supporta il lavoro indirizzato verso poche grandi idee che permettano la comprensione del mondo e delle nostre esperienze, piuttosto che fornire una serie di segmenti di conoscenza tra loro scollegati. Stabilire connessioni e individuare modelli ripetuti (patterns) permette agli studenti di identificare gli aspetti significativi di situazioni nuove. Attraverso le tecniche di visualizzazione del cervello umano, si evidenzia come la comprensione di nuove idee sia accompagnata da reazioni emotive positive, come il piacere. L'efficacia di strategie didattiche che prevedano l'apprendimento cooperativo o l'osservazione di chi è più esperto è confermata anche dalle scoperte sull'attività dei neuroni specchio. Anche se talvolta una scorretta interpretazione delle ricerche nel campo delle neuroscienze porta ad affermazioni piuttosto stravaganti e non verificate in ambito educativo, è probabile che contributi scientificamente più validi siano sempre più imminenti, con dirette applicazioni

nelle pratiche di classe, non solo limitate all'Educazione scientifica ma trasferibili anche ad altri ambiti disciplinari.

Sfide

Se da un lato si riconosce la necessità di focalizzare l'insegnamento sulle *Big Ideas*, dall'altro è importante tener presente alcune trasformazioni che negli ultimi anni hanno sollevato nuove sfide, o meglio ostacoli, nella realizzazione dei cambiamenti necessari per fare in modo che gli studenti abbiano un ruolo attivo nella costruzione della loro conoscenza. I due punti critici riguardano la valutazione degli studenti e la formazione degli insegnanti.

Valutazione degli studenti

In molti paesi si registra un costante aumento delle prove di verifica, i cui risultati sono utilizzati per fissare gli obiettivi che insegnanti e scuole devono raggiungere, nell'errata convinzione che in tal modo si migliori l'apprendimento. Le prove di verifica tradizionali e gli esami finali propongono una serie di quesiti o di problemi tra loro scollegati, il che troppo spesso porta a privilegiare nell'insegnamento la trattazione superficiale di argomenti scarsamente correlati tra loro. Se si vuole sostenere in modo efficace e valutare un reale avanzamento verso le *Big Ideas*, è necessario attuare un radicale cambiamento nel modo in cui sono prodotte, raccolte e usate le informazioni su quello che gli studenti sono capaci di fare. Senza questo cambiamento le ricadute della valutazione sui contenuti e sulle modalità di insegnamento limiterà o addirittura renderà vani i tentativi di aiutare gli studenti a sviluppare le abilità chiave e la comprensione.

Formazione degli insegnanti

Quando si pianifica una lezione, è importante che gli insegnanti abbiano ben presente in che modo gli obiettivi delle singole lezioni s'inseriscano in un quadro più ampio di idee significative che possano aiutare gli studenti a dare senso ad una molteplicità di fenomeni ed eventi tra loro correlati. Avere ben presente questo orientamento generale indirizza gli insegnanti sul cosa osservare nei comportamenti, nelle domande e nei discorsi degli studenti e, al tempo stesso, fornisce loro indicazioni sul feedback da fornire agli studenti e in che modo adattare il proprio insegnamento attraverso la valutazione formativa per migliorare il successivo apprendimento degli studenti. Questa è una sfida soprattutto per i docenti della scuola primaria, che insegnano tutte le discipline, ma lo è anche per i docenti della scuola secondaria che, pur insegnando più ambiti scientifici, potrebbero averne studiato in modo approfondito solo alcuni. La formazione scientifica seguita da molti docenti nel loro percorso scolastico è stata priva di attività laboratoriali e non sempre ha dato loro la possibilità di sviluppare le *Big Ideas*. La formazione degli insegnanti dovrebbe invece prevedere tali esperienze se si vuole che essi siano adeguatamente preparati per aiutare gli studenti nel raggiungere una comprensione progressiva delle grandi idee.

Benefici per gli individui e per la società

Se si riusciranno ad affrontare queste sfide, vi saranno importanti benefici sia per gli studenti sia per la società. I vantaggi per gli studenti sono quelli che derivano da un programma di studi ben strutturato. In ambito scientifico, tali benefici includono la soddisfazione che deriva dall'essere capace di dare un significato al mondo e di apprezzare le attività scientifiche e il loro impatto sulla vita delle persone. L'altro vantaggio prodotto dallo sviluppo d'idee "potenti", che presentino cioè un'ampia varietà di applicazioni in situazioni esperienziali diverse, deriva dall'essere in grado di cogliere i tratti essenziali di fatti o fenomeni anche se non se ne conoscono tutti i dettagli. Comprendere gli aspetti del mondo che ci circonda, aiuta i singoli a prendere decisioni sulla salute, sull'utilizzo dell'ambiente, sulle scelte lavorative. L'abitudine di fare domande, di ricercare prove e risposte e di condividere i personali punti di vista, contribuisce anche a creare fiducia e rispetto per se stessi e per gli altri. Inoltre, la soddisfazione di essere in grado di individuare strutture analoghe in situazioni diverse e di riuscire a trovare connessioni tra di esse motiva l'apprendimento in contesti educativi formali e non formali.

I benefici per la società derivano dalla comprensione da parte dei giovani delle idee chiave, che permettono di fare scelte consapevoli nel presente e nel futuro, come ad esempio quelle riguardanti la dieta, l'esercizio fisico, l'uso dell'energia e la protezione dell'ambiente. Questo, oltre ad avere un impatto sulla loro vita attuale, avrà più ampie implicazioni sulla loro vita futura e su quella degli altri, per gli effetti dell'attività umana sull'ambiente.

Capire come la Scienza sia utilizzata in molti aspetti della vita, è necessario per apprezzarne l'importanza e per garantire che la conoscenza scientifica sia utilizzata in modo appropriato. Gli studenti devono sapere come, sia oggi sia nel passato, l'applicazione delle conoscenze scientifiche nell'ingegneria e nella tecnologia possa avere un impatto sociale positivo, ma anche negativo. L'Educazione Scientifica riveste un ruolo unico nello stimolare la comprensione e la volontà di affrontare le problematiche che sono responsabili delle disuguaglianze economiche, lavorative, sanitarie e educative presenti nel mondo.

2 Principi

Alcuni principi dell'Educazione Scientifica costituiscono le motivazioni che hanno portato a individuare le idee chiave della Scienza. Renderli espliciti chiarisce i valori e i riferimenti che hanno guidato le scelte riguardanti le *Big Ideas* e su come applicarle. Rivedendo i principi identificati in *Principles and Big Ideas of Science Education* non si è ritenuto necessario apportare cambiamenti sostanziali. Si è concluso, tuttavia, che possa essere utile riformularli in modo sintetico in questa pubblicazione ponendo maggiore attenzione alla loro applicazione in aspetti peculiari dell'Educazione Scientifica.

Principi applicabili alle finalità dell'Educazione Scientifica

Durante la formazione obbligatoria, la scuola dovrebbe, attraverso i programmi di Educazione scientifica, mirare sistematicamente a sviluppare e sostenere la curiosità degli allievi verso il mondo, il piacere dell'attività scientifica e la comprensione di come i fenomeni naturali possano essere spiegati.

L'Educazione Scientifica dovrebbe fornire a ciascuno studente e in ugual modo opportunità che gli permetta di partecipare in maniera consapevole alle decisioni e all'assunzione di comportamenti adeguati rispetto a problematiche che riguardano il benessere personale, quello degli altri e la salvaguardia ambientale.

L'Educazione Scientifica dovrebbe mirare a sviluppare:

- **comprensione di un insieme di *Big Ideas* che includa idee della Scienza e idee sulla Scienza e le sue applicazioni;**
- **capacità scientifiche relative alla raccolta di evidenze e al loro utilizzo;**
- **mentalità e attitudini scientifiche**

L'Educazione Scientifica dovrebbe accrescere negli studenti la curiosità, lo stupore e l'abitudine a porre domande, facendo leva sulla naturale inclinazione a cercare il significato e la comprensione del mondo che ci circonda. L'*inquiry scientifico* dovrebbe essere proposto e attuato nella scuola da tutti, studenti compresi. I ragazzi dovrebbero "fare" in prima persona esperienze di scoperta e trovare relazioni tra esperienze vecchie e nuove, e non solo per provare piacere e soddisfazione, ma anche per rendersi conto che la loro conoscenza può essere accresciuta mediante un *inquiry* attivo. Sia il processo sia il prodotto di un'attività scientifica possono essere uno stimolo emotivo positivo che a sua volta motiva l'apprendimento.

L'Educazione Scientifica dovrebbe, inoltre, aiutare gli allievi a sviluppare conoscenze, capacità di ragionamento e atteggiamenti che permettano loro di condurre una vita fisicamente e psicologicamente sana e gratificante. Essa dovrebbe consentire, sia a livello individuale sia collettivo, di fare scelte consapevoli, per evitare, ad esempio, lo spreco di energia o di altre risorse, l'inquinamento, le conseguenze di una carente alimentazione o della mancanza di esercizio fisico o dell'uso improprio di farmaci.

Attraverso l'Educazione Scientifica gli studenti dovrebbero capire le *Big Ideas* relative a oggetti, fenomeni, materiali e alle correlazioni esistenti nel mondo naturale. L'Educazione Scientifica dovrebbe anche sviluppare *Big Ideas* riguardanti l'*inquiry scientifico*, il ragionamento e il modo di lavorare, nonché idee sul rapporto tra Scienza, tecnologia, società e ambiente. Sebbene le *Big Ideas della Scienza* (quelle che derivano dall'attività scientifica) e *sulla Scienza* (come noi percepiamo e utilizziamo la Scienza) costituiscano il cuore di questa pubblicazione, le finalità dell'Educazione Scientifica dovrebbero includere anche lo sviluppo di capacità e attitudini scientifiche.

Principi per la selezione delle attività di apprendimento

I programmi di studio dovrebbero indicare in modo chiaro la progressione verso gli obiettivi dell'Educazione Scientifica sulla base delle recenti ricerche e delle conoscenze sui processi di apprendimento. Tale progressione verso le *Big Ideas* dovrebbe derivare anche dalla conoscenza di quali sono gli argomenti interessanti e rilevanti per gli studenti, qualunque sia il loro background. Le diversità tra gli studenti dovrebbero essere usate per favorire l'apprendimento di tutti.

Le attività di apprendimento dovrebbero permettere agli studenti di sperimentare la Scienza e l'*inquiry scientifico* in modo conforme alle attuali teorie scientifiche e educative. Dovrebbero, inoltre, rinforzare la comprensione profonda delle idee della Scienza e, allo stesso tempo, mirare ad altri obiettivi, come lo sviluppo di attitudini e capacità.

Gli studenti portano a scuola le idee sul mondo come le hanno apprese attraverso l'esperienza, le osservazioni e i ragionamenti sviluppati nella quotidianità. Queste idee devono costituire il punto di partenza per lo sviluppo di quelle conoscenze profonde, di quelle capacità e attitudini che costituiscono gli obiettivi dell'Educazione Scientifica. Studenti con differenti background dovrebbero avere l'opportunità di imparare attraverso attività interessanti per loro e rilevanti per la loro vita.

Per raggiungere questi obiettivi è indispensabile sapere in cosa consiste e come si realizzi tale progressione; cioè ciò che ci si aspetta che gli studenti sappiano, comprendano, sappiano fare e argomentino nelle diverse fasi della loro Educazione scientifica.

Gli studenti trovano molto complicato apprendere da attività per loro non significative. Imparano in modo più efficace quando possono mettere in relazione esperienze nuove con ciò che già conoscono; sono motivati dalla curiosità a cercare risposte alle domande. Le attività dovrebbero coinvolgere gli studenti con situazioni e problemi reali. E' pertanto necessario che i programmi d'insegnamento e apprendimento siano sufficientemente flessibili, così da consentire esperienze diversificate e correlate ai diversi contesti, in modo che gli interessi degli studenti e le loro domande siano usate come punto di partenza verso obiettivi comuni.

La Scienza dovrebbe essere esperita dagli studenti come un mezzo e al fine di una conoscenza profonda, non come una raccolta di fatti e teorie delle quali occorre dimostrare la correttezza. La conoscenza scientifica dovrebbe essere veicolata come un insieme di spiegazioni dei fenomeni naturali che si basano sulle evidenze disponibili. Essa dovrebbe infine essere riconosciuta come il frutto dell'impegno umano realizzato con creatività e immaginazione, accanto ad una rigorosa raccolta e interpretazione di dati.

Principi per la valutazione degli studenti

La valutazione riveste un ruolo chiave nell'Educazione scientifica e dovrebbe sempre essere finalizzata a migliorare l'apprendimento.

La valutazione formativa dell'apprendimento degli studenti e la valutazione sommativa dei loro progressi devono riguardare tutti gli obiettivi.

La valutazione formativa dovrebbe essere utilizzata durante tutto il processo d'insegnamento-apprendimento, per aiutare gli studenti a riconoscere gli obiettivi di un'attività, a verificare il grado di raggiungimento e a orientare i loro sforzi in maniera efficace. *La valutazione sommativa*, anche se più correlata al controllo e alla rendicontazione di che cosa e di quanto gli studenti hanno imparato, dovrebbe essere condotta in maniera tale da essere comunque finalizzata a favorire un ulteriore apprendimento, evitando quelle ripercussioni negative troppo spesso associate a rigidi pacchetti di test.

Poiché ciò che è individuato e valutato si assume sia quello che è importante imparare, è essenziale che non vengano individuati specifici contenuti semplicemente perché facilmente e velocemente testabili. Per raccogliere e interpretare le evidenze dell'apprendimento dovrebbe essere utilizzata un'ampia gamma di tecniche e di strumenti, così da permettere agli studenti di dimostrare cosa sono in grado di fare rispetto ai diversi obiettivi. Bisognerebbe anche tener presente che, per ragioni diverse e inevitabili (come la possibilità di campionare sempre e solo il risultato o a causa di limiti degli strumenti di valutazione), la valutazione dei risultati dell'apprendimento è sempre un'approssimazione.

Principi applicabili a insegnanti e scuole

I programmi di studio per gli studenti, la formazione iniziale e lo sviluppo professionale degli insegnanti dovrebbero essere coerenti con i metodi d'insegnamento-apprendimento richiesti per raggiungere i molteplici obiettivi dell'Educazione Scientifica.

Per raggiungere questi obiettivi, i programmi scolastici di Scienze dovrebbero promuovere la cooperazione tra gli insegnanti, il coinvolgimento della comunità, includendo la partecipazione degli scienziati.

Sia i corsi di formazione iniziale sia quelli in servizio dovrebbero considerare gli insegnanti come studenti che necessitano di pratica sperimentale e di trattazioni adeguate al loro livello di conoscenza. I corsi dovrebbero includere occasioni per realizzare tipi diversi di *inquiry* scientifico ed essere seguiti da momenti di riflessione sui contesti e sul ruolo del docente nel favorire la comprensione sia *della* Scienza che *sulla* Scienza.

Sarebbe necessario operare affinché gli insegnanti cooperino tra loro e con la comunità locale e, in particolare, con la comunità scientifica. La sfida al miglioramento dell'Educazione Scientifica richiede cooperazione tra educatori e scienziati. Agli insegnanti, inoltre, dovrebbe essere data l'opportunità di migliorare la loro conoscenza scientifica, attraverso, per esempio, seminari che prevedano la partecipazione di scienziati o mediante corsi e conferenze che favoriscano la condivisione delle reciproche competenze. Spesso molte informazioni sulle applicazioni scientifiche possono essere fornite da chi opera all'interno della comunità, in industrie locali o in attività di tipo scientifico. Permettere agli studenti universitari o agli scienziati di fornire aiuto on-line o di visitare le scuole per lavorare direttamente con gli studenti a integrazione del loro apprendimento e per aiutare gli insegnanti grazie alla loro conoscenza disciplinare, permette alla comunità scientifica di contribuire al miglioramento dell'Educazione Scientifica e allo stesso tempo fornisce a essa la possibilità di imparare strategie pedagogiche che sono efficaci a tutti i livelli nell'Educazione Scientifica.

3 Rivisitare le *Big Ideas*: estensione, dimensione e identificazione

La Scienza è complessa. Che cosa fare perché gli studenti inizino a capire l'enorme quantità d'idee, teorie e principi necessari per affrontare questa complessità? Un indizio arriva ascoltando gli esperti scientifici quando spiegano come funziona il mondo a chi esperto non è. Essi identificano le idee chiave (di solito pochissime) necessarie a spiegare un fenomeno eliminando ogni dettaglio che possa "distrarre". Per esempio un fisico è in grado di mostrare in che modo due sole idee (la seconda legge di Newton e la legge di gravitazione universale) possano spiegare come i satelliti e le astronavi si mantengano in orbita intorno alla Terra e come calcolare la velocità necessaria per farli rimanere in orbita o per riportarli sulla Terra. Questo non significa che le idee chiave si possano insegnare direttamente o negare che costruire idee significative comporti metterne insieme tante più piccole che si sono formate attraverso una gamma di esperienze. Si è convinti che garantire che queste esperienze di apprendimento siano legate a idee chiave rende consapevoli gli studenti che bisogna dare un senso a ciò che si osserva nel mondo. Questa comprensione, inoltre, permette loro di padroneggiare le basi scientifiche su cui si fondano le scelte che riguardano il benessere proprio ed altrui.

Per realizzare tutto ciò è cruciale l'individuazione delle idee secondo due considerazioni chiave:

Estensione – Se includere attitudini e inclinazioni verso la Scienza e quelle che vengono in vario modo definite abilità, competenze o capacità, oltre alle idee scientifiche fondamentali.

Dimensione – L'ampiezza dei fenomeni che queste idee dovrebbero essere in grado di spiegare, considerando che quanto più generale è l'idea tanto più è distante da un fenomeno particolare e tanto più viene percepita come astratta.

Estensione

Oltre alle idee che spiegano come funziona il mondo, l'Educazione Scientifica ha altre finalità tra cui:

- la comprensione della natura della Scienza
- le competenze necessarie per svolgere un'attività scientifica
- l'acquisizione di attitudini scientifiche e atteggiamenti consapevoli nei confronti della scienza
- le connessioni della Scienza con altre discipline, in particolare la tecnologia, l'ingegneria e la matematica

Pur riconoscendo che l'Educazione Scientifica ha tutte queste finalità, si è deciso di focalizzare l'attenzione sulle *Big Ideas della Scienza* e *sulla Scienza* perché si ritiene che queste giochino un ruolo centrale in ogni aspetto dell'Educazione Scientifica: le competenze nell'*inquiry scientifico*, le abilità scientifiche e gli atteggiamenti si sviluppano attraverso attività il cui contenuto riguarda profonde conoscenze scientifiche.

Per quanto si possano enfatizzare e rinforzare attitudini relative, per esempio, a una cauta interpretazione dei dati o a ciò che è necessario per pianificare un'indagine scientifica, l'attività sarà comunque connessa anche a una o più idee scientifiche, poiché tali attitudini non sono sviluppate in modo disconnesso dai contenuti scientifici. E' dunque innegabile l'importanza di stabilire una lista di attitudini e abilità e di lavorare esplicitamente verso il loro raggiungimento, unitamente allo sviluppo di profonde conoscenze concettuali.

Comprendere la natura della Scienza

Gli studenti devono comprendere i processi dell'attività scientifica; oltre alle idee devono sapere come si sia arrivati a queste idee che spiegano il mondo. In realtà, è difficile immaginare di separare la conoscenza dell'attività scientifica da quella delle *idee scientifiche*. Senza sapere come queste conoscenze si siano sviluppate, l'apprendimento della Scienza richiederebbe cieca accettazione di molte teorie che sembrano in contrasto con il senso comune. Inoltre in un mondo che dipende sempre più dalle applicazioni scientifiche ci si sentirebbe impotenti senza uno strumento, seppur minimo, per valutare informazioni. Nella Scienza questa valutazione si applica ai metodi utilizzati per raccogliere, analizzare e interpretare i dati. Mettere in discussione le basi delle idee consente di rigettare le affermazioni fondate su dati non sperimentali e di riconoscere quando questi sono usati in maniera strumentale per sostenere scopi particolari. La capacità di valutare le evidenze, al fine di prendere decisioni, è un aspetto fondamentale della conoscenza scientifica, si pensi ad esempio all'uso delle risorse naturali.

La capacità di coinvolgere nell'inquiry scientifico

La partecipazione all'*inquiry* scientifico permette agli studenti di conoscere le idee *sulla Scienza* e come esse si siano sviluppate attraverso l'attività scientifica. La caratteristica chiave dell'*inquiry scientifico* è il tentativo di rispondere a domande delle quali gli studenti non conoscono la risposta o di spiegare qualcosa che non capiscono. Può trattarsi di interrogativi sollevati dagli studenti, ma poiché non è realistico che tutti gli studenti lavorino sempre sulle loro domande, rientra nell'abilità dell'insegnante introdurre le domande in maniera tale che gli studenti le riconoscano come proprie. La risposta ad alcune domande può essere trovata direttamente attraverso una prima indagine, per altre gli studenti hanno bisogno di informazioni provenienti da altre fonti. In entrambi i casi è importante che i dati siano utilizzati per verificare le idee in modo che la comprensione che ne deriva dipenda dalle evidenze raccolte e dalle loro interpretazioni.

Pertanto le capacità degli insegnanti nel condurre un *inquiry scientifico* giocano un ruolo chiave nello sviluppo delle idee e le strategie pedagogiche che supportano lo sviluppo delle *Big Ideas* devono anche promuovere lo sviluppo di competenze e dimestichezza nell'*inquiry*. Si svilupperà questo aspetto nella sezione 5.

Il contesto STEM

Il problema della relazione tra scienza, tecnologia, ingegneria e matematica (discipline STEM) nasce dal fatto che per comprendere le situazioni della vita quotidiana, spesso è richiesto l'apporto combinato di queste discipline; in realtà molto di quello che è comunemente definito "Scienza" potrebbe essere meglio descritto come tecnologia oppure ingegneria. Una maggiore integrazione delle STEM nei programmi scolastici darebbe l'opportunità di una più stretta convergenza tra insegnamento\apprendimento e le attività del mondo del lavoro e dei laboratori scientifici e riuscirebbe inoltre a stimolare l'interesse e il coinvolgimento degli studenti. Un'altra argomentazione a favore di una certa integrazione delle STEM è fornita dalla ricerca cognitiva che suggerisce che la conoscenza costruita creando connessioni è applicata più prontamente rispetto a frammenti di conoscenza separati. Tuttavia alcuni studi sugli effetti dell'integrazione della scienza con altre discipline suggeriscono che a livello scolastico può essere controproducente operare queste connessioni quando ancora gli studenti non padroneggiano le idee dei singoli ambiti disciplinari. Piuttosto che provare a insegnare le discipline STEM in maniera integrata, i vantaggi di integrarle potrebbero essere meglio assicurati da una pianificazione curricolare che coordina temi e argomenti correlati.

Dimensione

La questione dell'interdisciplinarietà solleva una domanda: quanto dovrebbero essere grandi queste *Big Ideas*? Possiamo definire le *Big Ideas della Scienza* come quelle che possono essere utilizzate per spiegare e formulare ipotesi riguardo a una gamma di fenomeni correlati presenti nel mondo naturale. Le idee esplicative possono essere di portata diversa: per ogni idea applicabile a pochi fenomeni ne esiste di solito una più grande relativa a un numero maggiore di fenomeni correlati che, a sua volta, può essere inglobata in un'idea ancora più grande che la comprende. Per esempio, il fenomeno per cui una sostanza si scioglie in un'altra, come lo zucchero che si scioglie nell'acqua, viene 'spiegata' dai bambini piccoli in termini di sparizione dello zucchero. Questa idea ingenua ha bisogno poi di essere adattata per giustificare che lo zucchero non scompare, ma è ancora nell'acqua. Successivamente quest'idea diventa 'più grande', per poter spiegare perché alcune cose non si sciolgono nell'acqua ed alcune la colorano ma non si possono distinguere da essa. Allora, l'idea di 'scioglimento' si deve ancora ampliare così da poter essere applicata ad altri liquidi e solidi. Questa spiegazione potrebbe poi intrecciare relazioni con i fenomeni spiegati in termini d'interazioni a livello molecolare.

Il processo di collegare le idee l'una all'altra per formarne una più grande potrebbe continuare, in teoria, fino a un ristrettissimo numero di concetti onnicomprensivi o, addirittura, fino a un unico concetto che spieghi ogni cosa. Tali idee risulterebbero necessariamente astratte, distanti dalle esperienze sensoriali e meno utili ad essere spiegate rispetto a quelle idee più direttamente legate ad eventi e fenomeni particolari. Questo tipo d'idee non solo attraversa i confini delle singole discipline, come le idee interdisciplinari, ma abbatte completamente i confini delle singole discipline: sono transdisciplinari. Idee di questo tipo sono quelle di sistema, simmetria, causalità, forma e funzione, modello.

La decisione di collocare le grandi idee a livello di quelle interdisciplinari, quindi a un livello inferiore rispetto a quello dei concetti onnicomprensivi transdisciplinari, è stata presa

considerando i bisogni sia degli studenti sia degli insegnanti. Discutere le idee transdisciplinari potrebbe essere adatto a studenti di 18 anni, più capaci, ma comunque è più adatto a laureati ed oltre. Per lo studente della scuola dell'obbligo, che non necessariamente continuerà la propria carriera nell'ambito delle scienze, sono più significative quelle idee più generali con legami più ovvi con la sua esperienza. Sono queste le *Big Ideas* che l'insegnamento delle scienze dovrebbe trasmettere agli studenti, tenendo ben presente la differenza tra gli obiettivi e i mezzi per perseguirli. Sarebbe possibile un'ulteriore riduzione di tali idee in idee più piccole, ma si rischierebbe di perdere quelle connessioni tra le piccole idee che ne permettono la loro confluenza in una *Big Idea* coerente.

Identificare le Big Ideas

Rispetto alle idee pubblicate in *Principi e Big Ideas dell'Insegnamento delle Scienze*, non si sono apportati cambiamenti perché continuano a essere validi i criteri utilizzati per la scelta.

Le *Big Ideas* dovrebbero:

- essere in grado di spiegare un'ampia gamma di oggetti, eventi e fenomeni che gli studenti incontrano nella loro vita, all'interno ed al di fuori del loro percorso scolastico
- fornire strumenti per comprendere questioni quali, per esempio, l'uso dell'energia, che implicano decisioni relative al benessere ed alla salute propria ed altrui e all'ambiente
- indurre piacere e soddisfazione perché si è capaci di trovare una risposta o risposte al genere di domande che le persone si fanno su se stesse e sul mondo naturale
- essere culturalmente significative - per esempio far riflettere sulla condizione umana - ragionando sulle conquiste nella storia della scienza, sull'influenza che deriva dallo studio della natura e sull'impatto dell'attività umana sull'ambiente.

Appare chiaro che c'è ancora molta strada da fare prima che questo approccio sia utilizzato nella pratica e nella formazione degli insegnanti. Occorre più attenzione a come lavorare concretamente con le *grandi idee* e alle implicazioni che queste avranno sui contenuti curricolari, sulle strategie pedagogiche e sulla valutazione degli studenti.

Sebbene sarebbe stato possibile proporre una scelta di idee diversa da quella precedente, è sembrato poco opportuno apportare cambiamenti ora che queste idee cominciano ad essere utilizzate. Inoltre, anche se in modo leggermente differente da come le *Big Ideas* sono state presentate, si trovano forti somiglianze con i programmi scolastici ufficiali di molti paesi. Per queste ragioni, rivisitati i criteri selettivi utilizzati e discusso sulle alternative, sono stati apportati cambiamenti minimi e solo nella stesura delle idee identificate, mentre la scelta delle dieci idee *della* Scienza e delle quattro *sulla* Scienza è stata confermata.

L'elenco che segue riassume brevemente le idee che tutti gli studenti dovrebbero avere l'opportunità di apprendere durante la scuola dell'obbligo.

Nella Sezione 4 le *Big Ideas* sono presentate in modo più approfondito in una forma narrativa che ne descrive la progressione lungo l'arco degli anni della scuola dell'obbligo.

Idee della Scienza

1 Tutta la materia dell'Universo è costituita da particelle piccolissime

Gli atomi sono i mattoni di tutta la materia, vivente e non vivente. Il comportamento e la disposizione degli atomi spiega le proprietà dei diversi materiali. Nelle reazioni chimiche gli atomi si riorganizzano per formare nuove sostanze. Ciascun atomo ha un nucleo che contiene neutroni e protoni, circondati da elettroni. Le cariche elettriche opposte dei protoni e degli elettroni si attraggono, mantenendo insieme gli atomi e determinando la formazione dei composti.

2 Gli oggetti agiscono a distanza su altri oggetti

Tutti gli oggetti influenzano gli altri, anche senza toccarsi. In alcuni casi l'effetto si trasmette dalla fonte al ricevente sotto forma di radiazione (es. la luce visibile). In altri casi l'azione a distanza si spiega in termini di esistenza di un campo di influenza, come per esempio di un campo magnetico, elettrico o gravitazionale. La gravità è una forza universale di attrazione tra tutti gli oggetti, grandi e piccoli, che mantiene i pianeti in orbita intorno al Sole e fa sì che gli oggetti terrestri siano attratti verso il centro della Terra.

3 Il movimento di un oggetto cambia quando su di esso agisce una forza

La forza che agisce su un oggetto non è direttamente visibile, ma può essere individuata attraverso il suo effetto sul movimento o sulla forma dell'oggetto. Se l'oggetto non è in movimento le forze che agiscono su di esso sono uguali e contrarie: si equilibrano. Poiché la gravità agisce su tutti gli oggetti della Terra, quando un oggetto è in quiete esiste sempre un'altra forza che si oppone alla gravità. Forze non in equilibrio provocano un movimento nella direzione della forza risultante. Quando forze opposte che agiscono su un oggetto non sono allineate provocano una rotazione o una deformazione dell'oggetto. Quest'effetto è utilizzato in alcune macchine semplici.

4 La quantità totale di energia nell'Universo è sempre la stessa ma una forma di energia può trasformarsi in un'altra

Molti processi o eventi comportano dei cambiamenti che per verificarsi richiedono una fonte di energia. L'energia può essere trasferita da un corpo o da un gruppo di corpi a un altro in vari modi. Durante questi processi una parte dell'energia assume una forma meno facile da utilizzare. L'energia non si può né creare, né distruggere. Durante la combustione di risorse energetiche fossili, una parte dell'energia non è più disponibile in una forma utilizzabile.

5 La composizione della Terra e della sua atmosfera e i processi che avvengono al loro interno "modellano" la superficie terrestre ed il clima

La radiazione solare riscalda la superficie terrestre e provoca correnti convettive nell'aria e negli oceani determinando i climi. Sotto la superficie, il calore all'interno della Terra provoca movimenti nella roccia fusa che a loro volta fanno muovere le placche che costituiscono la crosta terrestre. Così si originano vulcani e terremoti. La superficie solida è in costante mutamento attraverso la formazione e la disgregazione delle rocce.

6 Il nostro sistema solare è una parte molto piccola di una tra i miliardi di galassie dell'Universo

Il nostro Sole, gli otto pianeti e altri corpi più piccoli che gli orbitano intorno costituiscono il sistema solare. Il dì e la notte e le stagioni si spiegano con l'orientamento e la rotazione della Terra che si muove intorno al Sole. Il sistema solare è parte di una galassia fatta di stelle, gas e polveri, una dei miliardi di galassie dell'Universo che si trovano a distanze enormi tra loro. Sembra che molte stelle abbiano pianeti.

7 Gli organismi sono costituiti da cellule ed hanno una vita limitata nel tempo

Tutti gli organismi sono costituiti da una o più cellule. Gli organismi pluricellulari hanno cellule che si differenziano a secondo della loro funzione. Tutte le funzioni vitali sono il risultato di quello che accade all'interno delle cellule. La crescita è il risultato di divisioni cellulari multiple.

8 Gli organismi hanno bisogno di energia e di materia e per esse spesso stabiliscono relazioni di dipendenza o competizione con altri organismi

Il cibo fornisce materia organica ed energia perché gli organismi possano svolgere le loro funzioni vitali e crescere. Le piante verdi e alcuni batteri riescono ad utilizzare l'energia solare per produrre molecole complesse di cibo. Gli animali ricavano l'energia dalla scomposizione delle molecole complesse del cibo e per queste dipendono fondamentalmente dalle piante verdi. In ogni ecosistema le specie sono in competizione per le risorse energetiche e la materia di cui hanno bisogno per vivere e riprodursi.

9 Le informazioni genetiche degli organismi si trasmettono da una generazione alla successiva

Le informazioni genetiche in una cellula sono contenute nella molecola del DNA. I geni determinano lo sviluppo e la struttura degli organismi. Nella riproduzione asessuata tutti i geni della prole provengono dall'unico genitore. Nella riproduzione sessuata i geni provengono al cinquanta per cento da ciascun genitore.

10 La diversità degli organismi, viventi ed estinti, è il risultato dell'evoluzione

Tutte le forme di vita che oggi conosciamo discendono direttamente da un antenato universale comune, un semplice organismo unicellulare. Nel corso d'innunerevoli generazioni i cambiamenti derivanti dalla naturale diversità all'interno di una specie, portano alla selezione degli individui più adatti a sopravvivere in determinate condizioni. Le specie incapaci di rispondere adeguatamente ai cambiamenti dell'ambiente in cui vivono si estinguono.

Idee sulla Scienza

11 La Scienza si occupa di trovare la causa o le cause dei fenomeni del mondo naturale

Scienza è ricercare per spiegare e comprendere i fenomeni del mondo naturale. Non esiste un unico metodo scientifico; la diversità dei fenomeni naturali richiede una diversità di metodi e strumenti per trovare spiegazioni scientifiche e verificarle. Spesso la spiegazione s'identifica con i fattori che devono essere presenti, affinché il fenomeno avvenga, come dimostrano le evidenze derivanti da osservazioni ed esperimenti. In altri casi le evidenze si basano sulle correlazioni messe in luce da modelli durante un'osservazione sistematica.

12 Spiegazioni scientifiche, teorie e modelli sono quelli che meglio si adattano alle evidenze disponibili al momento

Le teorie scientifiche o i modelli che rappresentino le relazioni tra le variabili di un fenomeno naturale devono essere coerenti con le osservazioni disponibili al momento e portare a ipotesi che possano essere verificate. Qualunque modello teorico è provvisorio e soggetto a revisione alla luce di nuovi dati anche se esso ha portato a previsioni in accordo con i dati del passato.

13 La conoscenza prodotta dalla Scienza trova applicazione nel campo dell'ingegneria e delle tecnologie

L'applicazione delle idee scientifiche nel campo dell'ingegneria e delle tecnologie ha prodotto cambiamenti notevoli in molti aspetti dell'attività umana. A loro volta i progressi tecnologici consentono nuove attività scientifiche; a sua volta questo aumenta la conoscenza del mondo naturale. In alcune aree delle attività umane la tecnologia anticipa le idee scientifiche, in altre la conoscenza scientifica precede la tecnologia.

14 Le applicazioni scientifiche hanno spesso implicazioni etiche, sociali, economiche e politiche

L'utilizzo della conoscenza scientifica nel campo delle tecnologie rende possibili molte innovazioni. Se alcune applicazioni della Scienza siano auspicabili, o meno è una questione che non può riguardare solo la Scienza. Possono essere necessari giudizi etici e morali, formulati sulla base di considerazioni legate alla sfera della giustizia, dell'equità, della sicurezza o che tengano conto dell'impatto sulle persone e sull'ambiente.

4 Progressione nello sviluppo delle *Big Ideas*

La comprensione delle *Big Ideas* della Scienza è un processo graduale e progressivo che si sviluppa durante l'intero percorso scolastico e oltre. Si parte da idee *piccole*, circoscritte e legate al contesto, che si costruiscono attraverso lo studio di determinati fenomeni; esse implicano il pensiero induttivo e deduttivo. L'osservazione di schemi che si ripetono (*pattern*) fa nascere domande sul fenomeno, le cui risposte possibili derivano dalle ipotesi tratte da esperienze precedenti; spesso è necessario un salto creativo per mettere in relazione le osservazioni precedenti con quelle nuove. Poiché gli studenti utilizzano le idee ricavate da un'esperienza per spiegarne una correlata, le loro idee diventano più funzionali se forniscono spiegazioni che possono essere applicate in contesti diversi. Man mano che le idee si svincolano dal contesto inevitabilmente diventano più astratte.

Ogni studente parte da specifiche idee iniziali relative alle sue esperienze precedenti e arriva progressivamente a idee più 'potenti' in grado di spiegare un'ampia gamma di fenomeni correlati. Esistono molte ricerche sulle idee degli studenti. Tali ricerche mettono in luce che all'inizio del loro percorso scolastico gli studenti possiedono specifiche idee sul mondo e che molte di queste spesso non hanno riscontro nelle conoscenze scientifiche. E' improbabile che il percorso verso l'acquisizione di idee più scientifiche sia lo stesso per ciascuna persona, in quanto esso dipende dall'esperienza individuale e dall'aiuto che lo studente ha ricevuto per dare un senso alle sue esperienze. E' importante che nello sviluppo del curriculum, accanto all'utilizzo di valutazioni che aiutino e registrino l'apprendimento, si fornisca un'accurata descrizione della progressione delle idee, cioè di come si siano modificate nel tempo. Più di ogni altra cosa è importante però che gli insegnanti vedano la connessione tra le esperienze di apprendimento nei vari momenti del percorso scolastico e l'obiettivo generale della comprensione delle *Big Ideas*.

I modelli di progressione

In quali termini si può descrivere la progressione delle idee, da quelle che gli studenti possiedono quando iniziano la scuola fino alle *Big Ideas* di cui dovranno avere padronanza quando la lasciano? Sono stati identificati tre modelli principali di progressione nelle idee secondo i modi diversi nei quali gli obiettivi di apprendimento sono espressi nei quadri di riferimento curricolari.

Il primo modello è il più diffuso e identifica la progressione con una scala, un procedere gradino dopo gradino, in cui ogni fase, cioè ogni gradino, deve essere completata prima di passare alla fase successiva. Gli obiettivi di apprendimento saranno dunque le conoscenze necessarie per completare ciascuna fase, la cui portata sarà variabile e potrà essere di un anno o più anni o fasi. Quest'approccio dà l'impressione di uno sviluppo lineare fisso nel quale la progressione consiste in una serie di fasi separate ciascuna delle quali possiede un obiettivo in sé, ma non è necessariamente connesso alla comprensione delle *Big Ideas* generali. In questo caso è probabile che gli studenti non comprendano lo scopo e la rilevanza delle loro esperienze scientifiche.

Il secondo modello descrive solo il punto d'arrivo finale complessivo, che può essere raggiunto in tanti modi diversi, come tessere di un puzzle che possano essere organizzate in qualunque ordine. Questo modello ha lo svantaggio di fornire all'insegnante poche indicazioni nella scelta di appropriate esperienze di apprendimento.

Il terzo modello scompone gli obiettivi generali in diversi "filoni". All'interno di ciascun filone, le idee sono sviluppate gradualmente nel tempo, spesso attraverso un curriculum a spirale. In questo caso vi è il rischio di perdere di vista le connessioni tra idee contenute nei diversi filoni che ne permettono l'associazione in idee più grandi.

Ciascun modello presenta vantaggi e svantaggi e probabilmente è necessario attingere da tutti e tre, poiché la natura e la gamma di esperienze necessarie per svilupparle varia da *idea* a *idea*. Per esempio, in qualche caso, idee precedenti differenti portano gli studenti a spiegazioni diverse dello stesso fenomeno, se incontrato in contesti diversi (per esempio l'esposizione all'aria e al sole fa asciugare il bucato, mentre le pozzanghere scompaiono perché l'acqua filtra attraverso il suolo). Gli studenti hanno dunque bisogno di essere guidati nel creare connessioni e vedere che in ogni situazione si applica un'idea più scientifica (puzzle). In altri casi le idee degli studenti si basano su un'esperienza limitata ("il legno galleggia"), essa deve essere ampliata per portare a un'idea che sia applicabile in contesti più ampi (spirale). È possibile che il ragionamento degli studenti sia limitato per cui essi notano solo i dati che confermano le loro idee, oppure può accadere che essi rimangano nella propria idea, nonostante le evidenze la contraddicano, per mancanza di un'idea alternativa che non è stata ancora introdotta (la scala).

Descrizione della progressione verso le **Big Ideas**

L'approccio utilizzato dal gruppo di lavoro è stato quello di fornire una descrizione, una sorta di racconto, di come le idee cambiano, da quelle piccole fino a quelle grandi, identificate nella Sezione 3; la narrazione evolve dalle idee iniziali fino a quelle più ampie ed astratte che consentono la comprensione di oggetti, fenomeni e relazioni del mondo naturale (Idee 1-10). Allo stesso modo si descrive come queste conoscenze sono state raggiunte, cioè le idee *sulla* Scienza (Idee 11-14)

Sotto ogni titolo, dove possibile, s'inizia con *idee piccole* e contestualizzate che i bambini della scuola primaria possono comprendere, attraverso appropriate attività guidate dall'insegnante. Queste idee sono seguite da quelle che gli studenti della scuola secondaria di 1° grado possono sviluppare grazie alla loro maggiore capacità di astrazione che li rende capaci di cogliere anche le connessioni tra eventi e fenomeni. Poiché l'esplorazione del mondo naturale si amplia negli anni successivi durante la scuola secondaria di 2° grado, la prosecuzione nella creazione di tali sequenze (pattern) e associazioni permette agli studenti di comprendere le relazioni e i modelli che possono essere usati nella spiegazione di un'ampia gamma di esperienze nuove e già note.

Nel descrivere la progressione verso le *Big ideas* è stata utilizzata una barra laterale per indicare il range di idee appropriate ai diversi stadi del percorso scolastico corrispondenti a fasce di età; inoltre sono state intenzionalmente utilizzate range sovrapposti in quanto non si possono identificare confini rigidi tra ciò che è appropriato alle varie fasce di età. Ciò che è importante è la direzione complessiva della progressione verso quadri esplicativi costruiti su una comprensione solida a ciascuno stadio. Le idee sviluppate in tutti gli stadi devono essere viste come un contributo a tale sviluppo progressivo. Per ciascuno stadio l'obiettivo è di "andare un po' più avanti" verso una grande idea, non quello di creare un legame tra

ogni attività e la forma più sofisticata dell'idea. Quanto gli studenti possano procedere in questa direzione, in ogni momento, dipende da numerose variabili contestuali, non ultime le strategie pedagogiche che essi esperiscono, come si discuterà nella Sezione 5.

1 Tutta la materia dell'Universo è costituita da particelle piccolissime

Gli atomi sono i mattoni di tutta la materia, vivente e non vivente. Il comportamento e la disposizione degli atomi spiega le proprietà dei diversi materiali. Nelle reazioni chimiche gli atomi si riorganizzano per formare nuove sostanze. Ciascun atomo ha un nucleo che contiene neutroni e protoni, circondati da elettroni. Le cariche elettriche opposte dei protoni e degli elettroni si attraggono, mantenendo insieme gli atomi e determinando la formazione dei composti.

5-7

Tutte le "cose" che si incontrano nella vita quotidiana, compresa l'aria, l'acqua ed i diversi tipi di solidi, sono chiamati materia perché hanno una massa e dunque un peso sulla Terra ed occupano uno spazio. I diversi materiali sono riconoscibili per le loro proprietà alcune delle quali si utilizzano per classificarli in solidi, liquidi o gassosi.

7-11

Quando alcune sostanze si combinano, formano una o più sostanze nuove con proprietà diverse da quelle originarie. Altre volte, invece, semplicemente si mescolano senza modificarsi in modo permanente e possono essere separate di nuovo. A temperatura ambiente alcune sostanze si presentano allo stato solido, altre allo stato liquido, altre ancora allo stato gassoso. Lo stato di molte sostanze può essere modificato riscaldandole o raffreddandole. La quantità di materia non cambia quando un solido fonde o un liquido evapora.

11-14

Se una sostanza potesse essere scomposta in parti sempre più piccole si scoprirebbe che essa è costituita da particelle piccolissime, invisibili al microscopio. Queste particelle non sono nella sostanza, esse sono la sostanza. Tutte le particelle di una sostanza particolare sono uguali e diverse da quelle delle altre sostanze. Queste particelle non sono statiche ma si muovono in direzioni casuali. La velocità alla quale si muovono determina la temperatura del materiale. Le differenze tra le sostanze allo stato solido, liquido e gassoso possono essere spiegate in termini di velocità ed estensione del movimento delle particelle e dalla distanza e forza di attrazione tra particelle vicine. Quanto maggiore è la forza di attrazione tra le particelle tanta più energia bisogna trasferire alla sostanza per separare le particelle, per passare ad esempio dallo stato solido a quello liquido o da quello liquido a quello gassoso. E' per questo che le sostanze hanno punti diversi di fusione e di ebollizione.

Tutti i materiali, ovunque nell'universo, viventi e non viventi, sono costituiti da un enorme numero di 'mattoni' chiamati atomi, dei quali esistono circa un centinaio di tipi diversi. Le sostanze costituite da atomi di un solo tipo sono chiamate elementi. Gli atomi di elementi diversi possono combinarsi tra loro e formare un gran numero di composti. Una reazione chimica comporta una nuova disposizione degli atomi delle sostanze reagenti così da costituire nuove sostanze, mentre la quantità di materia resta la stessa. Le proprietà dei diversi materiali possono essere spiegate in termini di comportamento degli atomi e dei gruppi di atomi dei quali esse sono costituite.

14-17

Gli atomi stessi possiedono una struttura interna, che consiste di un nucleo pesante formato da protoni e neutroni, circondato da elettroni leggeri. Gli elettroni e i protoni possiedono una carica elettrica. Quella dell'elettrone è definita negativa e quella del protone positiva. Gli atomi sono neutri: le cariche si bilanciano esattamente. Gli elettroni si muovono rapidamente nella materia, generando correnti elettriche e forze magnetiche. Il loro effetto è una forza di attrazione che tiene insieme atomi e molecole nei composti. Quando gli atomi perdono o acquistano elettroni, diventano carichi positivamente o negativamente e sono chiamati ioni.

In alcuni atomi il nucleo è instabile e può emettere una particella; questo processo, che è chiamato radioattività, comporta il rilascio di radiazioni e di una quantità di energia molto superiore a qualunque altra reazione tra gli atomi. Il comportamento della materia a livello di nuclei, atomi e molecole è diverso da quello osservato a livello dell'esperienza comune.

2 Gli oggetti agiscono a distanza su altri oggetti

Tutti gli oggetti influenzano gli altri, anche senza toccarsi. In alcuni casi l'effetto si trasmette dalla fonte al ricevente sotto forma di radiazione (es. la luce visibile). In altri casi l'azione a distanza si spiega in termini di esistenza di un campo di influenza, come per esempio di un campo magnetico, elettrico o gravitazionale. La gravità è una forza universale di attrazione tra tutti gli oggetti, grandi e piccoli, che mantiene i pianeti in orbita intorno al Sole e fa sì che gli oggetti terrestri siano attratti verso il centro della Terra.

7-11

Gli oggetti possono agire sugli altri anche senza contatto. Per esempio la luce, sia quella proveniente da sorgenti vicine, come lampadine o fiamme, che quella che arriva dal Sole e da altre stelle assai distanti, si vede perché colpisce gli oggetti che raggiunge, inclusi i nostri occhi. Queste fonti emettono una luce che viaggia in direzioni diverse ed è percepita quando raggiunge i nostri occhi. Gli oggetti che vediamo o emettono o riflettono la luce che gli occhi umani percepiscono. Il suono arriva da cose che vibrano e può essere percepito lontano dalla sorgente perché questa fa vibrare l'aria o altri oggetti intorno. I suoni si sentono quando le vibrazioni nell'aria entrano nelle nostre orecchie. Altri esempi di oggetti che agiscono su altri oggetti senza toccarli sono le interazioni tra i magneti o i campi elettrici e l'effetto della gravità che fa sì che le cose cadano verso la Terra.

11-14

La gravità è l'attrazione universale tra tutti gli oggetti, grandi e piccoli, sebbene essa sia visibile solo quando uno degli oggetti è molto grande. L'attrazione gravitazionale mantiene i pianeti in orbita intorno al Sole, la Luna intorno alla Terra e le lune di altri pianeti intorno ad essi. Sulla Terra il risultato è che tutto viene attirato verso il suo centro. Chiamiamo questa attrazione verso il basso il peso di un oggetto. L'oggetto attira la Terra e la Terra attira l'oggetto, ma poiché la massa della Terra è molto più grande, noi osserviamo il movimento risultante dell'oggetto, non quello della Terra. Sulla Luna l'effetto della gravità su un oggetto è inferiore che sulla Terra perché la massa della Luna è inferiore a quella della Terra, quindi una persona sulla Luna pesa meno che sulla Terra nonostante la sua massa sia la stessa. L'attrazione della Terra sulla Luna la mantiene in orbita intorno alla Terra, mentre l'attrazione della Luna sulla Terra origina le maree.

14-17

La luce visibile è un esempio di radiazione, che si propaga in maniera simile alle onde nell'acqua. Non sono visibili all'occhio umano altri tipi di radiazioni, come le onde radio, le microonde, gli infrarossi, l'ultravioletto, i raggi X e i raggi gamma che differiscono l'uno dall'altro per la lunghezza d'onda. Tutte possono propagarsi nel vuoto. Pensare alle radiazioni in termini di onde può aiutare a spiegare il loro comportamento. Sebbene il suono si propaghi come un'onda, non può viaggiare nel vuoto; deve esserci un materiale continuo, allo stato solido, liquido o gassoso tra la fonte ed il ricevente perché le vibrazioni possano trasmettersi.

Quando una radiazione colpisce un oggetto, questa può essere riflessa, assorbita o rifratta, può passarci attraverso o può esserci una combinazione di tutti questi fenomeni. Una radiazione resta la stessa quando viene riflessa da uno specchio o trasmessa attraverso un materiale trasparente, ma quando è assorbita da un oggetto cambia e provoca un innalzamento di temperatura dell'oggetto.

Alcuni casi di azione a distanza non si spiegano in termini di radiazione da una fonte a un ricevente. Un magnete, per esempio, può attrarre o respingere un altro magnete ed entrambi giocano un ruolo simile. Allo stesso modo l'attrazione o la repulsione tra due cariche elettriche è reciproca. L'idea di campo è utile per pensare a questo tipo di situazioni. Un campo è la regione dello spazio in cui un oggetto esercita la sua influenza intorno a sé, la forza del campo diminuisce con l'aumentare della distanza dall'oggetto. Un altro oggetto che entri nel campo è soggetto alla stessa forza di attrazione o repulsione. La gravità e le interazioni elettriche e magnetiche possono essere descritte in termini di campi.

3 Il movimento di un oggetto cambia quando su di esso agisce una forza

La forza che agisce su un oggetto non è direttamente visibile, ma può essere individuata attraverso il suo effetto sul movimento o sulla forma dell'oggetto. Se l'oggetto non è in movimento le forze che agiscono su di esso sono uguali e contrarie: si equilibrano. Poiché la gravità agisce su tutti gli oggetti della Terra, quando un oggetto è in quiete, esiste sempre un'altra forza che si oppone alla gravità. Forze non in equilibrio provocano un movimento nella direzione della forza risultante. Quando forze opposte che agiscono su un oggetto non sono allineate provocano una rotazione o una deformazione dell'oggetto. Quest'effetto è utilizzato in alcune macchine semplici.

5-7

Le forze possono spingere, tirare o deformare gli oggetti, facendo loro cambiare posizione o forma. Le forze agiscono in direzioni particolari. Forze uguali che agiscono in direzioni opposte sulla stessa linea si annullano l'una con l'altra e si definiscono in equilibrio. Il movimento di oggetti muta se le forze che agiscono su di essi non sono in equilibrio.

7-11

La velocità di un oggetto in movimento è una misura dello spazio che l'oggetto percorre in un certo tempo. Quanto velocemente vari la velocità di un oggetto dipende dalla forza che agisce su di esso e dalla massa dell'oggetto. Maggiore è la massa dell'oggetto tanto più tempo sarà necessario per accelerarlo o rallentarlo. Questa proprietà della massa si chiama inerzia.

11-14

Tutti gli oggetti sulla Terra sono soggetti a forze gravitazionali. Un oggetto in quiete sulla superficie terrestre ha una o più forze che agiscono su di esso che controbilanciano la forza di gravità. Un libro su un tavolo non cade perché gli atomi del tavolo spingono sul libro con una forza uguale e contraria alla forza di gravità. Un oggetto galleggia in un liquido o in aria perché una forza verso l'alto bilancia la forza di gravità che spinge verso il basso. La forza verso l'alto è uguale al peso del fluido spostato quindi gli oggetti pesanti possono galleggiare se sono vuoti e spostano una grande massa di acqua.

14-17

Quando le forze che agiscono su un oggetto non sono uguali e vanno in direzioni opposte, l'effetto risultante è la variazione del movimento dell'oggetto, (accelerazione o decelerazione). Spesso non si riconosce una forza come tale e s'immagina che un oggetto in movimento, una palla che rotola, per esempio, rallenti automaticamente. In realtà il suo movimento è gradualmente rallentato dalla forza di attrito. In tutti i casi, il cambiamento del movimento è provocato da forze non in equilibrio. Se non agisce alcuna forza il movimento non cambia; l'oggetto resterà in quiete o, se in movimento, proseguirà sempre in linea retta. La variazione di moto sarà nella direzione della forza risultante; non è possibile un moto ad angolo retto. I satelliti restano in orbita intorno alla Terra perché sono lanciati con una forza tale da raggiungere l'altezza alla quale la loro traiettoria curva intorno alla Terra a causa della forza di gravità che varia di continuo la direzione del movimento e non c'è la resistenza dell'aria che li fa decelerare.

Quando due forze opposte che agiscono su di un solido non sono allineate, lo fanno ruotare o lo deformano. L'effetto di rotazione di una forza dipende dalla sua distanza dall'asse intorno al quale gira. Maggiore è la distanza dal punto di rotazione minore è la forza necessaria. Ciò trova molte applicazioni in strumenti e macchine nelle quali una piccola forza che agisce a grande distanza è utilizzata per contrastare una grande forza applicata a breve distanza.

La pressione è la misura della quantità di forza che agisce su una determinata superficie. Una forza distribuita su un'area più estesa produce una pressione minore rispetto alla stessa forza distribuita su un'area minore. Questa relazione trova molte applicazioni, dalle racchette da neve alle puntine da disegno. La pressione in un punto particolare di un fluido (liquido o gas) dipende dal peso del fluido al di sopra di quel punto, dunque la pressione dell'aria sulla Terra diminuisce con l'aumento dell'altitudine e la pressione in un liquido aumenta con la profondità.

4 La quantità totale di energia nell'Universo è sempre la stessa ma una forma di energia può trasformarsi in un'altra

Molti processi o eventi comportano dei cambiamenti che per verificarsi richiedono una fonte di energia. L'energia può essere trasferita da un corpo o da un gruppo di corpi a un altro in vari modi. Durante questi processi una parte dell'energia assume una forma meno facile da utilizzare. L'energia non si può né creare, né distruggere. Durante la combustione di risorse energetiche fossili, una parte dell'energia non è più disponibile in una forma utilizzabile.

5-7

Esistono molti modi per provocare un evento o per modificare oggetti e materiali. Gli oggetti possono cambiare il loro movimento spingendoli o tirandoli. Il riscaldamento può provocare un cambiamento, come per esempio quando si cucina, fondendo i solidi o trasformando l'acqua in vapore. L'elettricità fa illuminare le lampadine. Il vento fa ruotare le pale delle turbine eoliche.

7-11

In tutti questi cambiamenti l'energia viene trasferita da un oggetto, che è la fonte di energia o risorsa, ad un altro. I combustibili come petrolio, gas e carbone e legno sono risorse di energia. Alcune risorse energetiche sono rinnovabili, come quelle prodotte dal vento, dalle onde, dalla luce solare e dalle maree, altre sono non rinnovabili, come quelle prodotte dalla combustione di combustibili fossili con l'ossigeno.

11-14

Gli oggetti possono avere un'energia immagazzinata (che è la capacità di cambiare le cose) o in virtù della propria composizione chimica (come i combustibili fossili e le batterie) o in virtù del loro movimento, temperatura, posizione in un campo gravitazionale o di altri campi, o in virtù della compressione o distorsione di un materiale elastico. L'energia può essere immagazzinata sollevando un oggetto più in alto del suolo. Quando questo è rilasciato e cade, l'energia è immagazzinata nel suo moto e si trasforma in energia cinetica. Quando un oggetto è riscaldato, possiede più energia di quando è freddo.

Un oggetto a una temperatura superiore riscalda l'ambiente circostante o gli oggetti più freddi con i quali è a contatto fino a quando essi non raggiungono la stessa temperatura. Quanto velocemente questo accada, dipende dal tipo di materiale che è riscaldato e dai materiali che si trovano tra loro (quanto siano isolanti o conduttori). Le sostanze chimiche presenti nelle celle di una batteria immagazzinano energia che è poi rilasciata quando la batteria è connessa a un flusso di corrente elettrica, trasferendo energia agli altri componenti del circuito ed all'ambiente. L'energia può essere trasferita tramite radiazione, come il suono nell'aria o la luce nell'aria o nel vuoto.

Molti processi e fenomeni si descrivono in termini di scambi di energia, dalla crescita delle piante al tempo meteorologico. Il trasferimento di energia che permette che le cose accadano ha di solito come risultato che una parte dell'energia venga condivisa in maniera più ampia, riscaldando più atomi e molecole o diffondendosi per conduzione o irraggiamento. Il processo non è reversibile e l'energia del movimento casuale delle particelle non può essere facilmente utilizzata. Pertanto una certa quantità di energia si disperde.

14-17

L'energia non può essere creata né distrutta. Quando l'energia è trasferita da un oggetto ad altri la quantità totale di energia nell'universo resta la stessa; la quantità che un oggetto perde è la stessa che guadagna l'altro oggetto. Quando il Sole riscalda la Terra, il Sole gradualmente perde energia attraverso radiazioni che riscaldano la Terra e gli altri pianeti. La massa degli atomi è una forma di energia immagazzinata, chiamata energia nucleare. Gli atomi radioattivi rilasciano quest'energia che può diventare disponibile sotto forma di calore. La richiesta di energia è in continuo aumento in tutto il mondo, poiché la popolazione umana è in crescita e gli stili di vita moderni richiedono più energia, in particolare nella forma di energia elettrica. I combustibili fossili, frequentemente utilizzati nei generatori e nelle centrali elettriche, sono una risorsa limitata e la loro combustione contribuisce al riscaldamento globale e ai cambiamenti climatici. Pertanto bisogna cercare altri modi per generare elettricità e al tempo stesso ridurre la richiesta e migliorare l'efficienza dei processi nei quali la utilizziamo.

5 La composizione della Terra e della sua atmosfera e i processi che avvengono al loro interno “modellano” la superficie terrestre ed il clima.

La radiazione solare riscalda la superficie terrestre e provoca correnti convettive nell'aria e negli oceani determinando i climi. Sotto la superficie, il calore all'interno della Terra provoca movimenti nella roccia fusa che a loro volta fanno muovere le placche che costituiscono la crosta terrestre. Così si originano vulcani e terremoti. La superficie solida è in costante mutamento attraverso la formazione e la disgregazione delle rocce.

5-7

L'aria circonda tutta la superficie terrestre ma diminuisce man mano che ci allontaniamo verso l'alto. Il tempo meteorologico è determinato dalle condizioni e dal movimento dell'aria. La temperatura, la pressione, la direzione, la velocità del movimento e la quantità di vapore acqueo nell'aria si combinano per determinare il tempo atmosferico. Misurare queste caratteristiche nel corso del tempo permette di trovare modelli che possono essere utilizzati per prevedere il tempo atmosferico a breve termine. I modelli di tempo atmosferico a lungo termine sono definiti climi delle differenti parti del mondo.

7-11

Gran parte della superficie solida della Terra è coperta da suolo, che è un miscuglio di pezzi di roccia di misure diverse e resti di organismi. Il suolo fertile contiene anche aria, acqua, elementi chimici provenienti dalla degradazione di organismi, soprattutto piante e altri viventi come insetti, vermi e batteri. Il materiale solido al di sotto del suolo è roccia. Esistono molti tipi di roccia con composizione e proprietà differenti. Vento e acqua gradualmente erodono la roccia e la frammentano - la sabbia è formata da piccole parti di roccia e sedimenti ancora più piccoli. Circa i due terzi della superficie terrestre è ricoperta di acqua in forma liquida, essenziale per la vita. L'acqua è costantemente riciclata attraverso processi che includono l'evaporazione degli oceani e di altre superfici, come suolo e piante, la condensazione nelle nubi e le precipitazioni sotto forma di pioggia, neve o grandine.

11-14

Lo strato d'aria sulla superficie terrestre si lascia attraversare dalla maggior parte delle radiazioni provenienti dal Sole. La radiazione assorbita a livello della superficie è la fonte esterna dell'energia terrestre. Il decadimento radioattivo di materiale all'interno della Terra sin dalla sua formazione rappresenta una sorgente interna di energia. Le radiazioni del Sole forniscono l'energia che permette alle piante che contengono clorofilla di produrre glucosio attraverso il processo di fotosintesi. La radiazione del Sole assorbita dalla Terra riscalda la superficie che emette radiazioni di lunghezza d'onda maggiore (infrarosso) che non attraversano l'atmosfera, ma sono assorbite, mantenendo la Terra calda. Questo è chiamato effetto serra perché è simile al modo con il quale una serra è riscaldata dal Sole.

14-17

L'ossigeno dell'atmosfera, prodotto dalle piante durante la fotosintesi, protegge indirettamente la Terra dalle radiazioni solari ad onda corta (ultravioletto), dannose per molti organismi. L'azione delle radiazioni ultraviolette sull'ossigeno degli strati superiori dell'atmosfera produce ozono, che assorbe queste radiazioni pericolose. La temperatura della superficie terrestre è il risultato di un delicato equilibrio, che può essere turbato dall'aggiunta di gas all'atmosfera. Le attività umane producono diossido di carbonio e metano, che aumentano l'effetto serra e portano al riscaldamento globale e ai mutamenti climatici.

Sotto la crosta terrestre solida c'è uno strato caldo chiamato mantello. Il mantello, solido quando è sotto pressione, si fonde (ed è chiamato magma) quando la pressione si riduce. In alcuni luoghi ci sono delle spaccature (o regioni sottili) della crosta che permettono al magma di salire in superficie, per esempio durante le eruzioni vulcaniche. La crosta terrestre è costituita da un certo numero di placche solide che si muovono l'una accanto all'altra, trasportate dal movimento del mantello. Laddove le placche si scontrano si formano le catene montuose e si crea una faglia lungo il confine della placca; qui è possibile che si verifichino terremoti e ci sia attività vulcanica. La superficie terrestre cambia lentamente nel corso del tempo, le montagne sono erose e ne nascono di nuove quando la crosta è spinta verso l'alto.

6

Il nostro sistema solare è una parte molto piccola di una tra i miliardi di galassie dell'Universo

Il nostro Sole, gli otto pianeti e altri corpi più piccoli che gli orbitano intorno costituiscono il sistema solare. Il dì e la notte e le stagioni si spiegano con l'orientamento e la rotazione della Terra che si muove intorno al Sole. Il sistema solare è parte di una galassia fatta di stelle, gas e polveri, una dei miliardi di galassie dell'Universo che si trovano a distanze enormi tra loro. Sembra che molte stelle abbiano pianeti.

5-7

Le posizioni del Sole nei diversi momenti del dì e l'aspetto della Luna notte dopo notte variano ripetendosi ciclicamente.

7-11

La Terra gira intorno al Sole e impiega circa un anno per completare un'orbita. La Luna gira intorno alla Terra e impiega circa quattro settimane per completare un'orbita. Il Sole, che è al centro nel sistema solare, è l'unico corpo del sistema solare che è fonte di luce visibile. La Luna riflette la luce del Sole e poiché essa gira intorno alla Terra se ne vedono solo le parti illuminate dal Sole. La Terra ruota intorno ad un asse che si estende da Nord a Sud e questo movimento fa sembrare che Sole, Luna e stelle girino intorno alla Terra. La rotazione provoca il dì e la notte poiché alcune parti della superficie terrestre sono rivolte verso il Sole e altre no. La Terra impiega un anno per girare intorno al Sole. L'asse terrestre è inclinato rispetto al piano della sua orbita intorno al Sole e dunque la lunghezza del dì varia secondo la posizione della superficie terrestre e del periodo dell'anno, dando origine alle stagioni.

11-14

La Terra è uno degli otto pianeti (finora noti) del nostro sistema solare, che con molti altri corpi più piccoli ruotano intorno al Sole con orbite più o meno circolari a distanza diversa dal Sole e che impiegano tempi diversi per completare un'orbita. Le distanze tra questi corpi sono enormi, Nettuno dista 4,5 miliardi di km dal Sole, 30 volte la distanza della Terra. Visti dalla Terra i pianeti si muovono in relazione alle posizioni delle stelle che appaiono fisse (l'una rispetto all'altra). E' possibile esplorare il sistema solare a distanze brevi dalla Terra attraverso missioni di robot o di esseri umani.

14-17

Occasionalmente un grosso pezzo di roccia in orbita intorno al Sole entra nel campo gravitazionale terrestre e accelera attraverso l'atmosfera dove l'attrito tra l'aria e la superficie della roccia ne provoca il riscaldamento e il brillio: è quella che comunemente chiamiamo 'stella cadente'. Una meteora è una roccia che s'infiama quando entra nell'atmosfera e, se una parte raggiunge la superficie terrestre, diviene un meteorite. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, i movimenti degli oggetti all'interno del sistema solare sono regolari e prevedibili. Le stesse leggi scientifiche – generalizzazioni sul comportamento degli oggetti - che valgono per la Terra valgono anche per tutto l'Universo. Esistono prove derivanti dalle esplorazioni spaziali, che dimostrano che ci sono stati dei cambiamenti sulla superficie dei pianeti da quando si sono formati. Non è stata (ancora) scoperta la vita su nessun pianeta al di fuori di quella terrestre.

Il nostro Sole è una delle molte stelle che costituiscono l'Universo ed è essenzialmente costituito da idrogeno. L'energia che il Sole e le altre stelle irradiano proviene dalle reazioni nucleari che avvengono al loro interno. Il Sole è una dei milioni di stelle che insieme costituiscono una galassia chiamata Via Lattea. La stella più vicina dista più del pianeta più lontano, Nettuno. Le distanze tra le galassie e all'interno delle galassie stesse sono talmente grandi che sono misurate in 'anni luce', cioè la distanza che la luce percorre in un anno. Esistono miliardi di galassie nell'Universo a distanze inimmaginabili tra loro e che sembrano allontanarsi rapidamente l'una dall'altra. Questo movimento delle galassie indica che l'Universo è in espansione dopo un evento, chiamato 'Big Bang', avvenuto 13,7 miliardi di anni fa.

7 Gli organismi sono costituiti da cellule ed hanno una vita limitata nel tempo

Tutti gli organismi sono costituiti da una o più cellule. Gli organismi pluricellulari hanno cellule che si differenziano a secondo della loro funzione. Tutte le funzioni vitali sono il risultato di quello che accade all'interno delle cellule. La crescita è il risultato di divisioni cellulari multiple.

5-7

Gli esseri viventi presentano una straordinaria varietà: ci sono piante e animali. Gli organismi si distinguono dai non viventi per la capacità di muoversi, riprodursi e reagire agli stimoli. Per sopravvivere hanno bisogno di acqua, aria, cibo, di liberarsi delle scorie e infine di un ambiente che mantenga la temperatura entro determinati limiti. Sebbene alcuni organismi sembrano inattivi, tutti, in qualche stadio, svolgono funzioni vitali come la respirazione, la riproduzione, la nutrizione, l'escrezione, la crescita, lo sviluppo e tutti alla fine moriranno.

7-11

11-14

Tutti gli organismi sono costituiti da una o più cellule, che possono essere osservate solo al microscopio. Tutti i processi vitali sono il risultato di ciò che avviene all'interno delle cellule. Le cellule si dividono per sostituire quelle invecchiate e per produrne nuove durante la crescita e la riproduzione. Per svolgere questa e altre funzioni hanno bisogno di una fonte di cibo. Alcune cellule degli organismi pluricellulari, oltre ad espletare queste funzioni comuni a tutte le cellule, si sono specializzate; per esempio le cellule dei muscoli, del sangue e le cellule nervose svolgono funzioni particolari all'interno dell'organismo.

Spesso le cellule si aggregano in tessuti, i tessuti in organi, gli organi in sistemi. Nel corpo umano i sistemi svolgono funzioni essenziali come la respirazione, la digestione, l'eliminazione dei prodotti di rifiuto e il controllo della temperatura. Il sistema circolatorio porta in tutto il corpo il materiale necessario alle cellule e rimuove le scorie solubili veicolandole all'apparato urinario. Le cellule staminali, cellule non specializzate, sono in grado di riparare i tessuti, poiché sono programmate per diverse funzioni. Le cellule funzionano meglio in determinate condizioni. Sia gli organismi unicellulari che quelli pluricellulari sono dotati di meccanismi che mantengono la temperatura e l'acidità entro i limiti che permettono all'organismo di sopravvivere.

14-17

All'interno delle cellule esistono diversi tipi di molecole, che interagiscono tra loro per svolgere le funzioni cellulari. Negli organismi pluricellulari le cellule comunicano tra loro mediante il rilascio di sostanze alle cellule vicine per coordinarne le attività. La membrana che circonda ciascuna cellula gioca un ruolo importante nel regolare ciò che può entrare o uscire dalla cellula. L'attività all'interno dei diversi tipi di cellule è regolata dagli enzimi. Gli ormoni rilasciati da tessuti e organi specializzati regolano l'attività di altri organi e di altri tessuti ed influenzano il funzionamento generale dell'organismo. Negli esseri umani la maggior parte degli ormoni è trasportata dal sangue. Molti farmaci funzionano accelerando o rallentando i meccanismi regolatori di enzimi e ormoni. Anche il cervello e il midollo spinale contribuiscono a regolare l'attività della cellula inviando messaggi attraverso le cellule nervose sotto forma di segnali elettrici, che viaggiano velocemente tra le cellule.

Poste su un substrato adatto, le cellule degli organismi si possono coltivare in vitro, cioè al di fuori dell'organismo. Queste colture sono utilizzate dagli scienziati per studiare le funzioni cellulari ed hanno applicazioni in campo medico, come la produzione di vaccini, la selezione di farmaci e la fecondazione in vitro. La coltura dei tessuti di piante è ampiamente utilizzata in agronomia e in orticoltura.

La maggior parte delle cellule è programmata per un numero limitato di divisioni cellulari. Le malattie, generate dall'attacco di microorganismi, da condizioni ambientali o dalla programmazione difettosa di una cellula, generalmente determinano un danno funzionale delle cellule. Gli organismi muoiono se le loro cellule sono incapaci di ulteriori divisioni.

8 Gli organismi hanno bisogno di energia e di materia e per esse spesso stabiliscono relazioni di dipendenza o competizione con altri organismi

Il cibo fornisce materia organica ed energia perché gli organismi possano svolgere le loro funzioni vitali e crescere. Le piante verdi ed alcuni batteri riescono ad utilizzare l'energia solare per produrre molecole complesse di cibo. Gli animali ricavano l'energia dalla scomposizione delle molecole complesse del cibo e per queste dipendono fundamentalmente dalle piante verdi. In ogni ecosistema le specie sono in competizione per le risorse energetiche e la materia di cui hanno bisogno per vivere e riprodursi.

5-7

Tutti gli esseri viventi hanno bisogno di cibo come fonte di energia, oltre che di aria, acqua e di adeguate condizioni di temperatura. Le piante che contengono clorofilla possono utilizzare la luce del sole per produrre il cibo del quale necessitano e sono in grado di immagazzinare quello che non utilizzano. Gli animali hanno bisogno di cibo che sono in grado di scomporre; esso proviene direttamente dalle piante (animali erbivori) o da animali che hanno mangiato piante o altri animali (i carnivori). Gli animali fundamentalmente dipendono per la loro sopravvivenza dalle piante. Le relazioni tra gli organismi possono essere rappresentate attraverso catene e reti alimentari.

7-11

Alcuni animali dipendono dalle piante anche per soddisfare altre esigenze, per esempio trovare un riparo e nel caso degli esseri umani per l'abbigliamento e per il carburante. Le piante dipendono dagli animali in modi differenti; per esempio molte piante da fiore dipendono dagli insetti per l'impollinazione e da altri animali per la dispersione dei semi.

11-14

Organismi interdipendenti che vivono insieme in particolari condizioni ambientali costituiscono un ecosistema. In un ecosistema stabile esistono produttori di cibo (le piante), consumatori (gli animali) e decompositori (batteri e funghi che si nutrono di resti organici e di organismi morti). I decompositori producono sostanze che aiutano le piante a crescere, dunque le molecole sono costantemente riutilizzate. Al tempo stesso le risorse energetiche circolano nell'ecosistema. Quando gli organismi utilizzano il cibo per i processi vitali, una parte dell'energia si disperde sotto forma di calore, ma è rimpiazzata nell'ecosistema dall'energia solare che è utilizzata dalle piante per produrre cibo.

In qualunque ecosistema esiste una competizione tra le specie per la materia e l'energia necessarie per vivere. La stabilità di un ecosistema dipende dalla continua disponibilità nell'ambiente di risorse di materia ed energia. Le specie vegetali sono capaci di adattarsi per ricavare acqua, luce, minerali e lo spazio di cui hanno bisogno per crescere e riprodursi in determinate condizioni climatiche, geologiche e idriche. Se tali condizioni cambiano, le popolazioni vegetali possono cambiare con conseguente modifica delle popolazioni animali.

14-17

L'attività umana che controlla la crescita di alcune piante e animali provoca dei cambiamenti in un ecosistema. La selvicoltura, che favorisce la crescita di alcuni tipi di alberi piuttosto che di altri, fa mancare il cibo ad alcuni tipi di animali e quindi riduce la diversità delle specie che dipendono da quelle piante e di altri organismi della catena alimentare. L'agricoltura moderna è strutturata in modo da ridurre la biodiversità creando condizioni adatte a particolari tipi di animali e piante per nutrire la popolazione umana. Il diffuso utilizzo di pesticidi per preservare un tipo di raccolto ha effetti anche sugli insetti impollinatori dai quali dipendono molte altre piante. Questo tipo d'intervento umano crea un ecosistema impoverito ed innaturale che limita la biodiversità e si traduce in una perdita di paesaggio e di fauna selvatica culturalmente preziosi.

9 Le informazioni genetiche degli organismi si trasmettono da una generazione alla successiva

Le informazioni genetiche in una cellula sono contenute nella molecola del DNA. I geni determinano lo sviluppo e la struttura degli organismi. Nella riproduzione asessuata tutti i geni della prole provengono dall'unico genitore. Nella riproduzione sessuata i geni provengono al cinquanta per cento da ciascun genitore.

5-7

Gli organismi generano una prole simile, ma non identica ai genitori o agli altri membri della stessa specie. Le piante e gli animali, compresi gli esseri umani, assomigliano per molte caratteristiche ai loro genitori perché le informazioni si trasmettono da una generazione alla successiva. Altri tratti, come le abilità e il comportamento, non si trasmettono allo stesso modo e devono essere appresi.

7-11

11-14

All'interno del nucleo delle cellule animali e vegetali esistono strutture chiamate cromosomi che posseggono grandi e complesse molecole di DNA. Quando le cellule si dividono, le informazioni necessarie per formare le nuove cellule si trasmettono sotto forma di un codice, rappresentato dal modo in cui le parti della molecola di DNA sono assemblate. Un gene è un segmento di DNA e un singolo cromosoma contiene centinaia o migliaia di geni. Nel corpo umano la maggior parte delle cellule contiene 23 coppie di cromosomi per un totale di circa ventimila geni.

Quando una cellula si divide, come avviene nel processo di crescita o di sostituzione delle cellule morte, l'informazione genetica è copiata cosicché ogni nuova cellula è una riproduzione della cellula madre. In qualche caso si verifica un errore nel processo di replicazione provocando una mutazione, che può essere dannosa o meno per l'organismo. Variazioni nei geni possono essere causate da condizioni ambientali, come radiazioni o sostanze chimiche. Questi cambiamenti possono manifestarsi nell'individuo, ma interessano la prole solo quando si verificano nelle cellule uovo o negli spermatozoi.

Nella riproduzione sessuata uno spermatozoo maschile si unisce ad una cellula uovo femminile. Spermatozoi e ovuli sono cellule specializzate, ognuna delle quali possiede una delle due versioni di ciascun gene portato dal genitore e selezionato casualmente. Quando spermatozoo e ovulo si combinano, metà del patrimonio genetico dell'ovulo fecondato proviene dallo spermatozoo e metà dall'ovulo. Quando l'ovulo fecondato inizia a dividersi, questo materiale genetico è duplicato in ogni nuova cellula. La suddivisione e ricombinazione del materiale genetico, quando si formano e poi si uniscono spermatozoi e ovuli, porta ad un'immensa varietà di possibili combinazioni di geni e a differenze che si trasmettono da una generazione all'altra. Questa ricchezza fornisce il potenziale per la selezione naturale come il risultato di quelle variazioni che rendono gli organismi più adatti a sopravvivere in determinate condizioni ambientali.

14-17

La riproduzione asessuata, che avviene naturalmente in un gran numero di organismi tra cui alcuni batteri, insetti e piante, porta a popolazioni con patrimonio genetico identico. Le biotecnologie hanno reso possibile la produzione di organismi geneticamente identici attraverso la clonazione artificiale in diverse specie, mammiferi inclusi.

La sequenza complessiva dei geni di un organismo prende il nome di genoma. Di continuo impariamo cose nuove sul patrimonio genetico attraverso la mappatura dei genomi delle diverse specie di organismi. Quando le sequenze dei geni sono note è possibile modificare artificialmente il materiale genetico per ottenere determinate caratteristiche in un organismo. Nella terapia genica si utilizzano tecniche particolari per inserire nelle cellule umane dei geni che stanno contribuendo notevolmente alla cura di malattie.

10 La diversità degli organismi, viventi ed estinti, è il risultato dell'evoluzione

Tutte le forme di vita che oggi conosciamo discendono direttamente da un antenato universale comune, un semplice organismo unicellulare. Nel corso d'innomerevoli generazioni i cambiamenti derivanti dalla naturale diversità all'interno di una specie, portano alla selezione degli individui più adatti a sopravvivere in determinate condizioni. Le specie incapaci di rispondere adeguatamente ai cambiamenti dell'ambiente in cui vivono si estinguono.

5-7

Oggi esistono molti tipi diversi di piante e animali, molti altri, invece, si sono estinti. Li conosciamo attraverso i fossili. Piante e animali sono classificati in gruppi e sottogruppi sulla base delle loro somiglianze. Per esempio all'interno del gruppo di animali chiamati uccelli, ci sono famiglie come i passeri e tipi differenti (specie) all'interno di una famiglia, per esempio il passero domestico, il passero montano e il passero maggiore. Gli organismi della stessa specie si riproducono quasi allo stesso modo. Specie diverse non possono incrociarsi o generare una specie che possa, a sua volta, riprodursi. Sebbene gli organismi della stessa specie siano molto simili, essi differiscono leggermente l'uno dall'altro. Uno delle conseguenze della riproduzione sessuata è che la prole non assomiglia mai esattamente ai genitori.

7-11

11-14

Gli esseri viventi esistono in un determinato ambiente perché hanno le caratteristiche che permettono loro di sopravviverci. Quest'adattamento all'ambiente è determinato dalle piccole variazioni che derivano dalla riproduzione e dunque alcuni individui sono più adatti a un ambiente rispetto ad altri. Nella competizione per le risorse di materia ed energia, gli organismi più adattati all'ambiente hanno più probabilità di sopravvivere e di trasmettere queste caratteristiche alla prole. Quelli meno adatti a un determinato ambiente è più probabile che muoiano prima di riprodursi, quindi le successive generazioni saranno costituite da un maggior numero di individui meglio adattati. Ciò vale solo per i cambiamenti (le mutazioni) che avvengono a livello delle cellule riproduttive, le mutazioni che si verificano in altre cellule non vengono trasmesse. Con il passare del tempo queste mutazioni possono accumularsi fino al punto in cui i sopravvissuti diventano specie diverse.

La selezione naturale di organismi con determinate caratteristiche che permettono loro di sopravvivere in particolari condizioni ambientali va avanti dalla prima forma di vita apparsa sulla Terra circa 3,5 miliardi di anni fa. I semplici organismi unicellulari furono i primi ad apparire nella storia della vita. Circa 2 miliardi di anni fa alcuni di essi si sono evoluti in organismi pluricellulari che hanno dato origine ai grandi animali, alle piante e ai funghi di oggi. Altre forme sono rimaste unicellulari.

14-17

Quando si verificano mutamenti climatici, geologici o di popolazione, i vantaggi di particolari caratteristiche ereditate possono aumentare o diminuire. Il processo di adattamento, che avviene naturalmente e molto lentamente, può essere accelerato dall'intervento dell'uomo, che seleziona per la riproduzione gli animali o piante con caratteristiche adatte a funzioni o ambienti particolari.

L'attività umana può cambiare l'ambiente più rapidamente di quanto gli organismi possano rispondere adattandosi. L'inquinamento dell'acqua, del suolo e dell'aria così come le colture intensive possono provocare effetti sull'ambiente di grande portata ed hanno già prodotto cambiamenti dannosi per molti organismi. Il tasso attuale di estinzione a seguito delle attività umane è centinaia di volte superiore a quanto sarebbe se gli esseri umani non esistessero. Una riduzione della biodiversità può portare a un significativo degrado dell'ecosistema e alla perdita della capacità di rispondere ai cambiamenti dell'ambiente.

L'evoluzione della vita sulla Terra è solo un aspetto limitato di quella che è chiamata 'evoluzione cosmica'. Essa si riferisce ai cambiamenti graduali delle condizioni fisiche e chimiche delle galassie, come la comparsa dell'atomo di carbonio, che ha portato a condizioni favorevoli per l'esistenza della vita, almeno sulla Terra.

11 La Scienza si occupa di trovare la causa o le cause dei fenomeni del mondo naturale

Scienza è ricercare per spiegare e comprendere i fenomeni del mondo naturale. Non esiste un unico metodo scientifico; la diversità dei fenomeni naturali richiede una diversità di metodi e strumenti per trovare spiegazioni scientifiche e verificarle. Spesso la spiegazione s'identifica con i fattori che devono essere presenti affinché il fenomeno avvenga, come dimostrano le evidenze derivanti da osservazioni ed esperimenti. In altri casi le evidenze si basano sulle correlazioni messe in luce da modelli durante un'osservazione sistematica.

7-11

La Scienza si occupa della ricerca di spiegazioni sul perché le cose accadono, come accadono o perché esse prendono una forma particolare, partendo dal presupposto che ogni evento o fenomeno abbia una o più cause e che ci sia una ragione che spiega la forma che prende. La spiegazione non è l'ipotesi; una spiegazione deve essere supportata da fatti. Esistono vari modi per scoprire cosa fa funzionare le cose o perché esse accadono. Un'osservazione attenta, che dove possibile include misurazioni, può suggerire cosa è probabile che stia accadendo. In altri casi è possibile fare qualcosa per operare un cambiamento e osservare cosa accade. In questo caso è importante controllare che le altre variabili restino le stesse cosicché il risultato possa essere l'effetto prodotto dal cambiamento di quell'unica variabile.

11-14

Osservazioni attente e sistematiche e descrizioni accurate di ciò che si osserva sono fondamentali nell'indagine scientifica. Quello che ci si aspetta che accada può influenzare ciò che viene osservato, quindi è buona pratica che le osservazioni siano fatte da più persone separatamente e che i risultati siano riportati in modo sufficientemente chiaro da poter essere verificati da altri.

Molti tipi di fenomeni naturali si spiegano in maniera diversa. In alcuni casi una possibile spiegazione (ipotesi) indica il fattore variabile che si ritiene sia la causa del fenomeno. Per verificare un'ipotesi di norma si prevede ciò che accadrà cambiando la variabile identificata come causa probabile del fenomeno e poi si osserva se quanto accade coincide con la previsione. Se il risultato collima con la previsione e si verifica che nessun altro cambiamento ha prodotto lo stesso risultato, allora il fattore viene accettato come la causa che spiega l'osservazione.

14-17

Quando non è possibile manipolare sperimentalmente, come nel caso del movimento dei pianeti nel sistema solare, il fenomeno può essere studiato osservandolo sistematicamente in diverse occasioni e per un lungo periodo di tempo. Trovare nei dati raccolti sequenze ripetute può rivelare che esiste una correlazione tra i fattori: se uno cambia, lo fa anche un altro con regolarità.

Si può utilizzare una correlazione per formulare un'ipotesi, utile per fare previsioni, anche se coinvolge aspetti che non possono essere osservati direttamente o cambiati. Tuttavia una correlazione non può, di norma, essere presa come prova finale che il cambiamento di un fattore sia la causa del cambiamento di un altro perché potrebbe esistere qualche altro fattore (finora non identificato) che li provoca entrambi. Scoprire che una cosa è la causa di un effetto non è lo stesso che spiegare il meccanismo attraverso il quale avviene l'effetto. Per questo sarà necessario un modello delle relazioni basato su principi scientifici.

I fenomeni che si sono verificati nel passato, come le trasformazioni delle rocce o l'evoluzione della specie, possono essere sottoposti al processo di verifica delle ipotesi. In tali casi è la coerenza di tutte le ipotesi in accordo con tutti gli elementi noti e i principi scientifici che forniscono la migliore spiegazione possibile.

12 Spiegazioni scientifiche, teorie e modelli sono quelli che meglio si adattano alle evidenze disponibili al momento

Le teorie scientifiche o i modelli che rappresentino le relazioni tra le variabili di un fenomeno naturale devono essere coerenti con le osservazioni disponibili al momento e portare a ipotesi che possano essere verificate. Qualunque modello teorico è provvisorio e soggetto a revisione alla luce di nuovi dati anche se esso ha portato a previsioni in accordo con i dati del passato.

5-7

Tutti possono porsi domande sui fenomeni naturali e possono fare qualcosa per trovare risposte che aiutino a spiegare cosa sta accadendo.

7-11

Nella Scienza si possono cercare spiegazioni o mediante un'indagine sistematica che preveda una raccolta di dati ricavati dall'osservazione o dalla misurazione delle caratteristiche degli oggetti che si stanno studiando o attraverso l'utilizzo di dati provenienti da altre fonti. Se si possa o no ottenere una spiegazione efficace dipende da quali dati sono stati raccolti e questo, solitamente, si fa guidati da una teoria o da un'ipotesi su quanto potrebbe accadere.

11-14

Gli scienziati creano dei modelli per rappresentare ciò che ipotizzano stia accadendo, in modo da essere facilitati nella spiegazione delle osservazioni e di cosa fa accadere le cose. A volte si tratta di modelli concreti, come un planetario - modello meccanico del sistema solare nel quale sono utilizzati vari oggetti per rappresentare il Sole, la Luna, la Terra e gli altri pianeti - o un modello realizzato con palline e bastoncini per rappresentare come si pensa che gli atomi siano disposti in una sostanza. Altri modelli sono teorici, più astratti, per esempio la rappresentazione della luce come un movimento ondulatorio o di relazioni come formule matematiche. I modelli computerizzati permettono di simulare i fenomeni e di modificare rapidamente le variabili per studiarne gli effetti. Alcuni modelli sono saldamente fondati su teorie che sono state dimostrate senza alcuna contraddizione in tutti i contesti finora incontrati. Altri sono più incerti e suscettibili di essere modificati in futuro. Ci può essere più di un modello possibile e l'evidenza di quale funzioni meglio non è definitiva; in altri casi, non si possiede ancora un modello esplicativo soddisfacente.

14-17

I modelli ci permettono di spiegare i fenomeni in termini di relazioni tra le parti di un sistema. Essi sono elaborati attraverso un continuo processo di comparazione tra ciò che prevedono e ciò che si osserva nella realtà. Il ragionamento basato sui modelli va oltre ciò che si può osservare direttamente, pur mantenendo il legame con le evidenze attraverso il confronto del modello con la realtà.

Le spiegazioni scientifiche interpretano eventi o fenomeni in termini di teoria o di modello. Le spiegazioni non emergono direttamente dai dati, ma nascono da un processo che spesso coinvolge intuizione, immaginazione e ipotesi fondate. Una teoria scientifica è una spiegazione ben documentata di qualche aspetto del mondo naturale, basata su una serie di fatti che sono stati ripetutamente confermati dall'osservazione e dalla sperimentazione e dunque fondati.

Se si aggiungono nuovi elementi che non collimano con le idee fin'allora sostenute, allora occorre che questi concetti vengano modificati o sostituiti da idee nuove. Anche le teorie o i modelli su cui si nutre grande fiducia e supportati da previsioni ripetutamente confermate dalle evidenze - dunque considerati ormai dati di fatto - non possono mai essere considerati definitivamente 'corretti' perché c'è sempre la possibilità che nuovi dati entrino in conflitto con loro o perché si trova una nuova teoria che fornisce anch'essa una spiegazione plausibile. Dunque alcune idee scientifiche utilizzate oggi per spiegare la realtà circostante sono diverse da quelle accettate nel passato e alcune nel futuro potranno essere differenti.

13 La conoscenza prodotta dalla Scienza trova applicazione nel campo dell'ingegneria e delle tecnologie

L'applicazione delle idee scientifiche nel campo dell'ingegneria e delle tecnologie ha prodotto cambiamenti notevoli in molti aspetti dell'attività umana. A loro volta i progressi tecnologici consentono nuove attività scientifiche; a sua volta questo aumenta la conoscenza del mondo naturale. In alcune aree delle attività umane la tecnologia anticipa le idee scientifiche, in altre la conoscenza scientifica precede la tecnologia.

5-7

La tecnologia è nata con lo scopo di fornire le cose di cui si ha bisogno o che si possono utilizzare, ad esempio il cibo, gli utensili, i vestiti, un posto dove vivere e sistemi per comunicare. Intorno a noi esistono esempi di come i materiali siano cambiati così da poter essere utilizzati per scopi definiti.

7-11

Le tecnologie si sono sviluppate utilizzando l'ingegneria, che implica l'identificazione dei problemi e l'uso delle idee scientifiche per progettare e sviluppare la migliore soluzione possibile. Ci sono sempre diversi approcci ai problemi, quindi è necessario sperimentare diverse possibilità. Per decidere quale sia la soluzione migliore è necessario aver chiaro il risultato da raggiungere e come può essere valutato il successo. Ad esempio la soluzione al problema di riuscire a vedere la parte posteriore della propria testa, sarebbe diversa se un criterio di successo fosse quello di lasciare le mani libere di muoversi.

11-14

Individuare la soluzione a un problema generalmente consiste nella preparazione di un progetto di un modello. I modelli fisici, matematici o computerizzati permettono di verificare gli effetti che si ottengono modificando i materiali o il disegno progettuale in modo da testare e migliorare la soluzione. Ci sono di solito molti fattori da prendere in considerazione per ottimizzare una soluzione, per esempio i costi, la disponibilità dei materiali e l'impatto sugli utenti e sull'ambiente; questi criteri potrebbero limitare le scelte.

14-17

Scienza, ingegneria e tecnologia sono strettamente interconnesse. L'applicazione della Scienza nella creazione di nuovi materiali è un esempio di come la conoscenza scientifica ha portato a progressi tecnologici ed ha fornito agli ingegneri una scelta più ampia nella progettazione edilizia. Allo stesso tempo il progresso tecnologico ha contribuito allo sviluppo scientifico affinando gli strumenti per l'osservazione e la misurazione, automatizzando processi che sarebbero stati altrimenti troppo pericolosi o lunghi da realizzare e questo è accaduto in particolare grazie ai computer.

La tecnologia, dunque, aiuta il progresso scientifico, che a sua volta può essere applicato per progettare e creare oggetti che possono essere usati. Nel passato i prodotti tecnologici si sono spesso sviluppati empiricamente, in anticipo rispetto alle idee scientifiche, mentre oggi generalmente la conoscenza scientifica viene prima o contemporaneamente. L'applicazione della Scienza nella progettazione e nella realizzazione di nuovi strumenti e macchine ha reso possibile la produzione di massa, dunque più persone hanno accesso a una vasta gamma di prodotti utili.

Alcuni prodotti tecnologici presentano vantaggi e svantaggi. L'utilizzo di materiali artificiali favorisce una minore richiesta di quei materiali naturali che scarseggiano, tuttavia molti di questi materiali artificiali non si degradano come quelli naturali e dunque rappresentano un problema per lo smaltimento. Alcuni dispositivi tecnologici come cellulari e computer utilizzano metalli che esistono sulla Terra solo in piccole quantità e presto potrebbero esaurirsi. Questi esempi rispecchiano un problema più ampio, quello della necessità di riciclare i materiali per preservare le risorse e ridurre l'inquinamento. Quando esistono effetti negativi sull'ambiente, che poi si riflettono sulla vita delle persone, scienziati e tecnici devono collaborare per comprendere il problema e trovare soluzioni.

14 Le applicazioni scientifiche hanno spesso implicazioni etiche, sociali, economiche e politiche

L'utilizzo della conoscenza scientifica nel campo delle tecnologie rende possibili molte innovazioni. Se alcune applicazioni della Scienza siano auspicabili, o meno è una questione che non può riguardare solo la Scienza. Possono essere necessari giudizi etici e morali, formulati sulla base di considerazioni legate alla sfera della giustizia, dell'equità, della sicurezza o che tengano conto dell'impatto sulle persone e sull'ambiente.

7-11

La conoscenza del mondo naturale che si è sviluppata attraverso la Scienza ci permette di spiegare come funzionano alcune cose e come avvengono alcuni fenomeni. Questa conoscenza spesso serve per cambiare o costruire oggetti e per risolvere problemi. Se da un lato le soluzioni tecnologiche hanno migliorato la vita e la salute di molte persone nei paesi di tutto il mondo, dall'altro bisogna riconoscere che a volte utilizzano materiali che in natura scarseggiano o che possono essere dannosi per l'ambiente.

11-14

Generalmente le applicazioni scientifiche hanno conseguenze sia positive sia negative. Alcuni impatti negativi possono essere previsti, ma altri emergono solo in seguito. Acqua pulita, cibo adeguato e farmaci più efficaci hanno aumentato l'aspettativa di vita, ma allo stesso tempo la conseguente crescita della popolazione ha incrementato la domanda di risorse e di spazio sulla Terra per una maggiore produzione di cibo, di abitazioni e per lo smaltimento dei rifiuti. Questo è stato spesso dannoso per i paesi in via di sviluppo ed ha portato alla distruzione di habitat e viventi, provocando l'estinzione di varie specie.

Ci sono molti esempi di come il progresso tecnologico e ingegneristico abbia avuto conseguenze non intenzionali. La maggiore velocità e facilità nei trasporti, in particolare per via aerea, brucia carburante che produce diossido di carbonio, uno dei gas dell'atmosfera che provoca il riscaldamento della Terra attraverso l'effetto serra. L'aumento di questi gas nell'atmosfera aumenta la temperatura terrestre. Anche un lieve aumento della temperatura terrestre può avere effetti di ampia portata, provocando cambiamenti nei ghiacciai polari, sul livello dei mari e sul clima. Se gli effetti dannosi sono noti, il compromesso tra i vantaggi e gli svantaggi dell'applicazione della scienza richiede un attento esame.

14-17

Tutte le innovazioni consumano risorse di un qualche tipo, incluse quelle finanziarie, quindi occorre prendere delle decisioni quando ci sono proposte che competono l'una con l'altra. Sia che avvengano a livello governativo, locale o individuale, le decisioni sull'azione da intraprendere dovrebbero tener conto anche dei valori e dei bisogni e non solo delle evidenze scientifiche. Così quando si progetta un sistema o un prodotto nuovo, i tecnici devono considerare i valori etici, politici ed economici oltre la scienza e la tecnologia.

La conoscenza scientifica può aiutare a identificare le implicazioni di determinate applicazioni, ma la decisione di intraprendere o no certe azioni richiede giudizi morali ed etici che non sono forniti dalla conoscenza scientifica. Esiste una differenza importante tra la conoscenza fornita dalla Scienza - per esempio relativa al bisogno di preservare la biodiversità, ai fattori che portano a cambiamenti climatici e agli effetti negativi di sostanze e stili di vita dannosi - e le azioni che possono o non possono essere intraprese in relazione a questi problemi. Si possono avere opinioni diverse rispetto alle azioni da intraprendere, ma gli argomenti basati su evidenze scientifiche non dovrebbero essere opinabili.

5 Lavorare con le *Big Ideas* in mente

Da molti anni si richiede una maggiore profondità e una minore ampiezza e disorganicità concettuale nella formulazione degli obiettivi dell'educazione scientifica. La pubblicazione di *Principles and Big Ideas of Science Education* ha risposto a questa richiesta identificando un numero relativamente ridotto di idee che l'educazione scientifica dovrebbe promuovere in tutti gli studenti. Il feedback ricevuto – dai molti paesi nei quali la pubblicazione è stata tradotta e utilizzata - non ha indicato la necessità di apportare sostanziali variazioni, se non correzioni marginali e lievi modifiche nella descrizione delle idee identificate.

Ciò che serve è una maggiore esperienza e discussione sulle implicazioni pratiche dell'operare alla luce di queste *Big Ideas* e, in particolare, su quali siano i fattori per individuare gli elementi chiave delle esperienze di apprendimento degli studenti, cioè i contenuti curriculari, la didattica e la valutazione degli studenti.

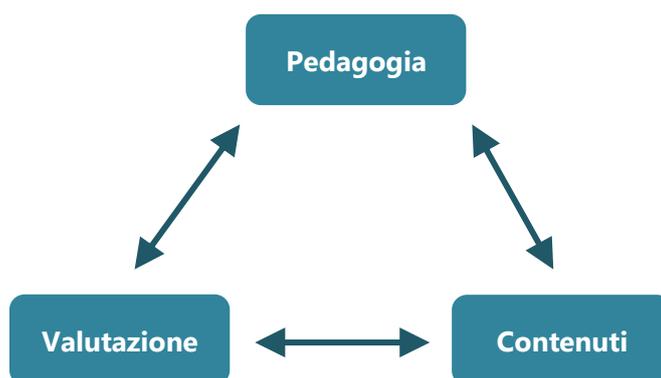


Figura 1
Interazioni tra aspetti dell'esperienza degli studenti

Tali elementi chiave, rappresentati nella Figura 1, non sono indipendenti l'uno dall'altro. Come indicato dalle frecce, la modifica di uno di essi ha effetto sugli altri. Queste interazioni sono importanti, poiché è inutile suggerire che i contenuti dovrebbero essere mirati alle *Big Ideas* se le valutazioni richiedono, invece, la memorizzazione di molte informazioni o la didattica non crea quei collegamenti necessari a dare forma alle *Big Ideas*. È inutile raccomandare l'utilizzo di una didattica basata sull'*inquiry* se esiste un sistema dominante basato su verifiche sommative (sia da parte di valutatori esterni, sia degli insegnanti) o su un curriculum eccessivamente denso di contenuti. Non ci si può aspettare nemmeno che gli studenti siano responsabili del proprio apprendimento se l'insegnamento non dà loro il tempo per riflettere, né concede spazio alla creatività; al tempo stesso non si può sperare in

atteggiamenti positivi nei confronti della Scienza se i contenuti curricolari appaiono agli studenti lontani dai loro interessi e dalla loro esperienza.

Opportunità per tutti gli studenti

Quando si considerano le opportunità di apprendimento, offerte dai contenuti curricolari, dalla didattica e dalla valutazione, è importante non dimenticare il principio chiave dell'equità (pagina 11), cioè il fatto che a tutti gli studenti, in ugual misura, siano date le opportunità necessarie per prepararsi alla vita nel complesso mondo contemporaneo. La convinzione che tutti gli studenti siano in grado di imparare è confermata dalla ricerca; in moltissimi paesi però si registrano ancora marcate differenze nel raggiungimento degli obiettivi, in base al genere, al contesto culturale e alla condizione socio-economica degli studenti.

I numerosi fattori implicati in queste differenze sono di primaria importanza per la Scienza e per le possibilità di apprendimento, sia a scuola sia al di fuori di essa. Sebbene gli studenti imparino sempre più al di fuori dell'ambiente scolastico, che non è più il luogo principale di conoscenza, la scuola, pur con delle differenze, continua a restare il contesto istituzionale ufficiale dell'apprendimento formale. Rispetto a ragazzi provenienti da contesti sociali più svantaggiati, gli studenti provenienti da contesti più favorevoli potranno probabilmente frequentare scuole con buone dotazioni per l'insegnamento scientifico, avranno la possibilità di portare a termine il percorso scolastico e di proseguire gli studi.

E' molto probabile inoltre che gli istituti scolastici con un gran numero di studenti provenienti da ambienti svantaggiati tendano a colmare le carenze di questi ultimi privilegiando la lingua e la matematica, piuttosto che altre discipline, come le scienze. In queste scuole sono spesso presenti docenti con limitate esperienze e vi sono scarse risorse per l'insegnamento delle scienze. Di conseguenza i loro studenti sono privati di quelle esperienze essenziali per acquisire la conoscenza delle idee e delle prassi scientifiche con i benefici che ne derivano.

L'individuazione del problema ne suggerisce le soluzioni. Le scuole hanno bisogno di insegnanti, di attrezzature scientifiche e di guide necessarie ad assicurare a tutti gli studenti pari opportunità di apprendimento. Questo potrebbe comportare una redistribuzione di risorse umane e materiali, ma anche la necessità di verificare che la valutazione sia utilizzata per favorire l'apprendimento e che i metodi di verifica non danneggino gli studenti dalle scarse abilità linguistiche o che utilizzano in casa una lingua diversa da quella usata a scuola. E' ugualmente importante che la diversità tra gli studenti rappresenti una risorsa, in accordo con i principi per la scelta delle attività (pagina 12), facendo in modo che le esperienze e le idee degli studenti costituiscano le basi per lo sviluppo personale delle idee scientifiche.

I contenuti del curriculum

Con il termine 'contenuti curricolari' si intendono particolari argomenti o tematiche disciplinari studiati dai ragazzi come mezzo per acquisire idee, competenze e atteggiamenti previsti dai programmi di studi ufficiali. Poiché esistono numerosi contesti per lo sviluppo di concetti come, ad esempio, quello di forza e velocità, di catena alimentare o di proprietà isolanti di diversi materiali, sono necessari dei criteri di scelta dei possibili argomenti e delle

attività. I principi enunciati nella Sezione 2 suggeriscono alcuni criteri per operare tali scelte. Gli argomenti e le attività dovrebbero: promuovere il piacere dell'esperienza scientifica, sostenere la curiosità, essere percepiti dagli studenti come interessanti e significativi per la loro vita, sviluppare conoscenze, competenze e attitudini. Uno dei motivi essenziali dell'individuazione delle *Big Ideas* è, inoltre, quello di consentire agli studenti di fare esperienze di come la Scienza permetta di capire come funziona il mondo.

Ricavare i contenuti dal mondo reale

Gli insegnanti in genere riconoscono naturalmente la necessità di catturare l'interesse dei loro studenti e sanno che il miglior modo per farlo è quello di selezionare contenuti correlati a esperienze reali o possibili o ipotizzabili. Gli insegnanti di studenti più piccoli sono esperti nell'inventare una storia o nel proporre una situazione immaginaria come occasione per l'investigazione – ad esempio costruiscono in classe una casa con scatole da scarpe, come situazione per esplorare i diversi materiali utilizzati nell'edilizia, o chiedono come si possa stare caldi su una montagna fredda e ventilata come occasione per verificare le proprietà isolanti dei diversi tessuti. Per gli studenti più grandi la situazione potrebbe essere integrata da attività reali, ad esempio da visite a centrali elettriche, a impianti di depurazione dell'acqua, a centri di riciclaggio, tali visite accrescono l'interesse degli studenti e offrono l'opportunità di vedere le applicazioni della Scienza.

Gli argomenti legati al mondo reale risultano interessanti e motivanti. La motivazione è importante, soprattutto in un'età nella quale i bambini hanno accesso immediato al divertimento sia mediante la tv sia grazie ai cellulari. Le situazioni e i fenomeni del mondo che ci circonda sono generalmente troppo complessi perché gli studenti riescano a capirne il funzionamento interagendo direttamente con essi. Sebbene il ricorso a situazioni tratte dal mondo reale presenti molti vantaggi, esistono fenomeni che, per la loro complessità, hanno bisogno di essere studiati accuratamente nel contesto, anche se questo può disorientare. I numerosi dettagli delle situazioni reali possono far passare in secondo piano o celare le caratteristiche che è necessario identificare per sviluppare idee applicabili anche in altri contesti.

Gli studenti devono pertanto essere guidati a prestare attenzione alle caratteristiche fondamentali (e non a quelle irrilevanti) di un problema complesso, senza ritenere che essi siano in grado di individuarne autonomamente relazioni significative ed applicabili. Per evitare la complessità del lavoro svolto esclusivamente sul campo, l'essenza dei problemi considerati è affrontata in classe o in laboratorio, dove le idee possono essere direttamente sviluppate e verificate. Anche se una storia o una visita motivano gli studenti, la Scienza si apprende analizzando situazioni semplificate della realtà da realizzare in classe o in laboratorio, dove le condizioni possono essere tenute sotto controllo e le variabili misurate.

In questo processo è comunque importante non perdere il contatto con il mondo che ci circonda. Se non si mantiene il legame con la realtà, si corre il rischio che le attività fatte in classe siano dimenticate. È pertanto necessario un equilibrio tra la gran quantità di informazioni e questioni associate al mondo reale e lo studio di aspetti specifici opportunamente selezionati che aiutino a creare connessioni tra situazioni e fenomeni diversi. E' anche importante discutere sistematicamente di come le scoperte fatte in classe si colleghino al contesto iniziale che ha motivato lo studio a scuola. Molto importanti per lo sviluppo di idee più complesse sono le sfide nell'applicazione di tali idee che via via emergono a situazioni nuove e nel connetterle con le idee usate per spiegarle.

Modalità di coinvolgimento tramite i contenuti

Esistono alcuni argomenti che si prestano meglio all'*inquiry* altri sono invece più adatti ad essere presentati sotto forma di resoconto di una scoperta scientifica o sotto forma di discussione su esperimenti o scoperte di interesse. Tutti questi argomenti dovrebbero essere inclusi tra i contenuti da selezionare per lo sviluppo delle *Big Ideas*. E' importante che gli studenti abbiano l'opportunità di discutere su come alcune idee siano cambiate nel corso della storia della Scienza e sulle ragioni di questi cambiamenti. Estendere queste discussioni alle investigazioni realizzate dagli studenti li aiuta a riconoscere il ruolo delle evidenze nello sviluppo della conoscenza, facendoli progredire nell'acquisizione delle *Big Ideas* sulla natura della Scienza e le sue applicazioni. Ciò è ulteriormente favorito dalle discussioni su come le applicazioni scientifiche abbiano portato, ad esempio, a progressi nella medicina, nelle comunicazioni e nei trasporti. Tali argomenti di solito catturano l'interesse degli studenti e li motivano nello sviluppo delle loro idee sui fatti e i fenomeni del mondo che li circonda.

Progressione nel coinvolgimento tramite i contenuti

E' possibile studiare gli stessi fatti, ambienti naturali e fenomeni in momenti diversi della scuola dell'obbligo, purché il modo nel quale i contenuti sono affrontati rifletta la progressione nel tempo degli studenti verso lo sviluppo delle idee rilevanti. Come osservato nella Sezione 4, la velocità di tale progressione varia da studente a studente a seconda delle opportunità di apprendimento pregresse, sia all'interno del percorso scolastico sia al di fuori di esso, per cui una descrizione precisa del progresso, valida per tutti gli studenti, appare poco realistica. Esistono tuttavia andamenti comuni che permettono una generica descrizione di cosa ci si potrebbe aspettare dagli studenti nelle fasi che si susseguono dalla scuola dell'infanzia fino al termine della scuola secondaria. Queste tappe includono:

- una maggiore consapevolezza che devono essere considerati più fattori se si vogliono spiegare i fenomeni;
- un maggiore uso di osservazioni quantitative, utilizzando la matematica per affinare le relazioni e approfondire la conoscenza;
- lo sviluppo dell'abilità nel considerare come le proprietà possano essere spiegate attraverso caratteristiche non direttamente osservabili;
- un utilizzo più efficace di modelli fisici, mentali e matematici.

I riferimenti a un aumento delle osservazioni e dei modelli di relazioni mettono in luce l'importante ruolo svolto dalla matematica nello sviluppo delle idee *della* Scienza attraverso l'*inquiry*. La matematica aiuta ad andare oltre la descrizione verbale. Organizzare i dati mediante rappresentazioni grafiche, diagrammi e tabelle consente agli studenti di riconoscere regolarità, di individuare connessioni che sviluppano la loro riflessione sull'associazione tra variabili e di formulare ipotesi su cause che possono essere verificate. Analizzare statisticamente i dati permette loro di fare inferenze sulla probabilità di relazioni e previsioni. Esiste un mutuo beneficio nel coordinare l'insegnamento della Scienza con quello della matematica; gli strumenti matematici aiutano a comprendere la Scienza e allo stesso tempo usare i dati tratti da osservazioni scientifiche aiuta ad apprezzare la varietà e la possibilità di applicazione di questi strumenti.

Strategie pedagogiche

Quando gli studenti cercano di fornire una spiegazione relativa a una esperienza nuova, sia in classe che fuori dalla classe, partono sempre da idee che già posseggono, come fanno gli scienziati quando cercano di spiegare i fenomeni e accrescono la loro comprensione di come le cose si verificano nel mondo. Nella Scienza la conoscenza del mondo naturale e antropico si sviluppa cercando risposte alle domande, raccogliendo dati, ragionando e riesaminando le evidenze alla luce di quello che si è scoperto e di quello che è già noto, traendo conclusioni e comunicando i risultati. La fonte dei dati può essere la manipolazione diretta dei materiali, l'osservazione dei fenomeni o l'utilizzo di fonti secondarie che includono libri, internet, media e persone. L'interpretazione dei dati per verificare le idee può coinvolgere un dibattito con gli altri studenti o con l'insegnante per giungere a scoprire quanto gli esperti hanno già scoperto. In tutto questo è implicito che gli studenti stanno prendendo parte ad attività simili a quelle alle quali si dedicano gli scienziati per raggiungere la conoscenza. Rendere gli studenti consapevoli di tali attività permette loro di sviluppare le idee *sulla* Scienza.

Sviluppare le Idee attraverso l'inquiry

Il processo tramite il quale le idee sono sviluppate in questo modo è definito *inquiry*: utilizzare le investigazioni di tipo scientifico e le capacità utilizzate dagli scienziati per comprendere il mondo che ci circonda. Nella Figura 2 è riportato un modello semplificato e schematico di che cosa questo processo implichi nella pratica didattica.

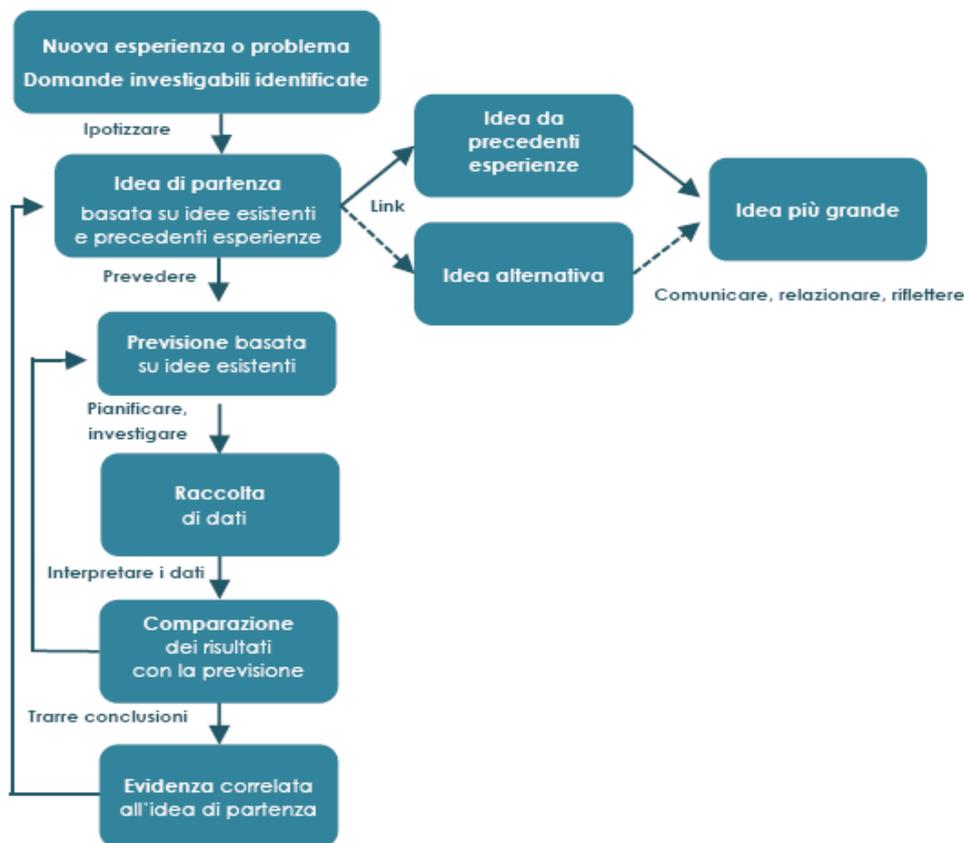


Figura 2
Un modello di apprendimento attraverso l'inquiry

L'*inquiry* inizia con un'esperienza nuova che stimola una domanda alla quale possa essere data una risposta. L'esplorazione iniziale di una nuova esperienza rivela delle caratteristiche che la collegano a idee già esistenti che possono portare a una spiegazione. E' possibile che esistano più idee in grado di fornire possibili spiegazioni (o ipotesi), per cui è necessario verificarle per scoprire quale, eventualmente, fornisca una risposta accettabile. In ciascun caso la verifica consiste nel vedere se esistano evidenze che sostengono la previsione che si basa su quell'idea. Le evidenze si raccolgono pianificando e conducendo un'investigazione, il che può comportare la raccolta e l'interpretazione di nuovi dati, l'osservazione sistematica o la consultazione di fonti secondarie. E' possibile che esista più di una previsione da verificare e dunque la sequenza previsione, pianificazione e interpretazione andrà ripetuta. La conclusione tratta dai nuovi dati mostra se vi è un'evidenza che sostiene la spiegazione e l'idea sulla quale tale spiegazione si basa. Se questo accade, l'idea diventa più grande perché spiega una maggior quantità di fenomeni. Anche nel caso che essa non "funzioni" ed è necessario testare un'idea alternativa, l'esperienza è stata d'aiuto per ridefinire quell'idea. E' importante che gli studenti condividano con altri l'intero processo pratico e di ragionamento, cosicché tutti possano trarre beneficio dalla discussione critica e imparare da ciò che non funziona e da ciò che, invece, funziona.

Sviluppare capacità di *inquiry*

Le frecce nella Figura 2 indicano le azioni necessarie per spostarsi da un riquadro al successivo. I risultati dell'*inquiry* dipendono da come tali azioni sono eseguite, cioè da come gli studenti formulano un'ipotesi, pianificano un'investigazione per verificarla, interpretano i dati e traggono le conclusioni. Lo sviluppo delle idee scientifiche dipende dalla raccolta e dall'interpretazione dei dati, operazioni da svolgere con rigore scientifico. In caso contrario potrebbero essere accettate idee che devono, invece, essere rifiutate e gli studenti continuerebbero a essere convinti delle loro idee non scientifiche. Ne consegue che uno dei compiti essenziali richiesti alla pedagogia per lo sviluppo della comprensione è di aiutare gli studenti a sviluppare le capacità necessarie all'investigazione scientifica, in accordo con i principi espressi a pag. 11. Questo avviene in modo eccellente nell'ambito di attività *inquiry*, che inducono ad acquisire alcune conoscenze sul mondo circostante, tali da motivare e rendere evidente la scelta di determinate azioni con attività di *inquiry*. Il valore dell'*inquiry* va oltre la semplice possibilità di trovare una risposta a una determinata domanda; esso contribuisce sia alla comprensione delle *Big Ideas*, che non si limitano alla spiegazione dello specifico evento o fenomeno, sia allo sviluppo di capacità e attitudini che favoriscono un ulteriore apprendimento, quali, ad esempio, l'acquisizione di sicurezza nel porre domande e nel cercare risposte o la capacità di apprendere collaborando con altri o l'apertura a nuove idee.

Introdurre idee alternative

Le idee usate dagli studenti per cercare di spiegare gli eventi non sono sempre - in realtà molto spesso non lo sono - quelle che sopravvivono alla verifica e che quindi "si accrescono" diventando idee più scientifiche. E' necessario, nella maggior parte dei casi, proporre un'idea alternativa più scientifica. Per esempio gli studenti potrebbero sostenere che sono in grado di vedere un oggetto che non è una fonte di luce perché è l'occhio che dirige verso di esso un fascio luminoso. Verificare quest'idea (ad esempio cercando di vedere un oggetto al buio) mostra che essa non fornisce una spiegazione adeguata. Il ruolo chiave dell'insegnante è allora quello di favorire la formulazione d'idee alternative e di supportare gli studenti nel verificarle.

Le idee alternative possono essere proposte da altri studenti, da fonti di informazione o dall'insegnante stesso che suggerisce analogie o collegamenti con esperienze alle quali gli studenti non hanno pensato. Verificare queste spiegazioni con ipotesi alternative, che non sono quelle inizialmente formulate dagli studenti, richiede un'azione di guida da parte dell'insegnante, che fornisce supporto nel cercare un'idea indipendentemente dal fatto che essa sia quella giusta e suggerendo, ad esempio, "Cosa accadrebbe se...?" o "Supponiamo che..." o "Cosa ci aspetteremmo se...?". Con questo sostegno gli studenti raccolgono evidenze che consentono di decidere se un'idea, per loro nuova, fornisce una spiegazione soddisfacente. Se questo accade, allora l'idea che è stata introdotta, diventa "più grande" perché è in grado di fornire spiegazioni migliori rispetto all'idea precedente ed essa diviene parte dello sviluppo della comprensione degli studenti.

***Inquiry* e attività pratica**

Talvolta la Scienza basata sull'*inquiry* è equiparata a "attività pratica" o "attività sperimentale". Questa è una visione troppo riduttiva dell'*inquiry*. Naturalmente buona parte dell'*inquiry* consiste nel lavorare con materiali e strumentazioni per scoprire cosa accade quando certe variabili cambiano e per fornire una spiegazione teorica del perché qualcosa avvenga. Le esperienze dirette permettono agli studenti di vedere in prima persona se le loro idee e spiegazioni funzionano. Gli insegnanti, tuttavia, devono fare attenzione a uno *pseudo-inquiry*, nel quale esiste molta attività pratica fatta di osservazione, misurazione e registrazione dei dati, ma manca il coinvolgimento degli studenti nel dare senso a fenomeni o eventi del mondo naturale. Questo può accadere perché l'insegnante fornisce egli stesso interpretazioni al posto degli studenti oppure gli studenti seguono istruzioni precise senza riflettere sulle finalità di quello che stanno facendo. La valutazione dell'insegnamento, come suggerito nella Sezione 6, può aiutare ad identificarne il motivo in casi particolari.

***Inquiry* nel contesto**

Come abbiamo osservato nella Sezione 3, l'*inquiry* implica che gli studenti costruiscano la propria conoscenza attraverso una personale investigazione su domande delle quali non conoscono la risposta e che vogliono trovare. Le domande possono essere quelle che essi stessi hanno sollevato o quelle introdotte dall'insegnante in maniera tale da far sì che gli studenti le sentano come proprie. Poche investigazioni, nelle quali gli studenti riflettono partendo da una domanda che essi stessi considerano importante, saranno più utili per lo sviluppo delle *Big Ideas* rispetto a quanto avviene con la risoluzione di numerosi esercizi routinari.

L'*inquiry* non è l'unica strategia didattica che i ragazzi incontrano nella loro educazione scientifica, poiché vi sono aspetti e conoscenze che devono essere imparati, quali, ad esempio, la capacità di usare strumenti, nomi, convenzioni e simboli. Nella scuola superiore, inoltre, è necessario che siano proposte quelle idee astratte e complesse alle quali non è possibile accedere solo mediante l'*inquiry*, anche se vi saranno continuamente occasioni nelle quali l'*inquiry* contribuirà a dare un significato all'esperienza, pur non essendo l'unico approccio utilizzato. L'*inquiry* permette di comprendere come alcune idee sono in grado di spiegare i fenomeni, ma non è di per sé la fonte di quelle idee; poiché esse non emergono dalle osservazioni attraverso un semplice processo induttivo. L'abilità dell'insegnante nell'introdurre idee scientifiche a un livello appropriato e nel sostenerne l'utilizzo da parte degli studenti, è un aspetto fondamentale dell'*Inquiry Based Science Education* (IBSE).

Questo implica che l'insegnante deve possedere una buona conoscenza delle *Big Ideas* e al tempo stesso del percorso di progressione che permette di raggiungerle.

Valutazione

Nel contesto di costruzione delle *Big Ideas*, la valutazione degli studenti persegue due importanti obiettivi

- fornire un feedback che aiuti l'insegnante a calibrare l'insegnamento e aiuti gli studenti a dirigere i loro sforzi in maniera più efficace (valutazione formativa);
- monitorare il progresso degli studenti verso i vari obiettivi dell'educazione scientifica (valutazione sommativa).

E' importante sottolineare che non si tratta di due tipi diversi di valutazione, ma piuttosto di due obiettivi diversi, ma ugualmente importanti, per i quali essa viene utilizzata. Il modo con il quale i dati dell'apprendimento sono utilizzati porta a distinguere i due tipi di valutazione, indipendentemente da come e quando tali dati sono raccolti.

Valutazione formativa

L'uso formativo della valutazione è un processo ciclico e continuo nel quale le informazioni sulle idee e capacità degli studenti forniscono indicazioni su come procedere nell'insegnamento e facilitano il coinvolgimento attivo nell'apprendimento. La valutazione è parte integrante dell'insegnamento e una caratteristica delle pratiche efficaci in tutti gli ambiti disciplinari. La valutazione formativa prevede che insegnante e studenti raccolgano dati e li utilizzino per decidere quali siano le fasi successive da raggiungere nell'apprendimento e in che modo queste vadano raggiunte. Le fasi successive sono quelle che conducono verso gli obiettivi specifici di una lezione. Un aspetto importante della valutazione formativa è che gli insegnanti condividano tali obiettivi con gli studenti così che essi possano rendersi conto dello scopo del loro lavoro, cioè di cosa potranno imparare con esso. Esplicitare i criteri qualitativi che saranno utilizzati per giudicare il lavoro, aiuta a dirigere gli sforzi in maniera efficace. Allo stesso tempo l'insegnante è consapevole del come tali obiettivi a breve termine di una lezione portino gli studenti a raggiungere gli obiettivi a lungo termine, inclusa la comprensione delle *Big Ideas*.

Il feedback, sia per gli insegnanti sia per gli studenti, riveste un ruolo chiave nella valutazione formativa, perchè costituisce il mezzo che permette di utilizzare i risultati dell'apprendimento in atto per aiutare nell'apprendimento futuro. Il feedback dell'insegnante dovrebbe fornire agli studenti quelle informazioni che essi possono utilizzare per apprendere ulteriormente. Ricerche su contenuti e forme di feedback fatte dagli insegnanti indicano che queste sono più efficaci se agli studenti sono forniti commenti specifici su come procedere, piuttosto che giudizi o voti che indicano solo in che misura il lavoro risulti positivo o negativo. Il feedback nell'insegnamento rappresenta un meccanismo importante tramite il quale gli insegnanti possono utilizzare le osservazioni e il lavoro degli studenti per calibrare le sfide successive da proporre loro. Verificare l'abilità degli studenti nel raggiungere specifiche fasi permette di calibrare il processo di insegnamento, in modo che le attività successive proposte non siano né troppo complesse, tanto da essere al di fuori della portata degli studenti, né troppo semplici, tanto da non risultare stimolanti.

Che cosa è dunque richiesto agli insegnanti perché la valutazione formativa serva a sviluppare le *Big Ideas*? Si possono raccogliere dati sulle idee degli studenti ponendo loro domande che li incoraggino a esplicitare il proprio pensiero, piuttosto che domande-quiz, alle quali ci si aspetta venga data la "risposta giusta" (cioè proporre domande del tipo "Cosa tu pensi sia...?" piuttosto che "Cos'è...?"). Le risposte a questo tipo di domande, proposte durante le attività, possono essere orali o scritte, o espresse sotto forma di un disegno, di una mappa concettuale, ecc. Interpretare i risultati in termini di progresso verso gli obiettivi dell'apprendimento permette all'insegnante di decidere i passi successivi da compiere e fornisce agli studenti il feedback su come procedere. Il coinvolgimento degli studenti in questo processo, aiutandoli a comprendere gli obiettivi del lavoro e gli standard richiesti, li responsabilizza.

Valutazione sommativa

Il secondo scopo della valutazione che è necessario prendere in considerazione è quello di registrare e relazionare sul livello di apprendimento in periodi specifici. La valutazione sommativa si riferisce al raggiungimento degli obiettivi a lungo termine, non ai singoli obiettivi di una lezione, che sono oggetto invece della valutazione formativa. Essa è usata come resoconto dell'apprendimento con il quale informare i genitori, gli altri insegnanti e gli stessi studenti in relazione agli obiettivi e agli standard. La valutazione sommativa è usata inoltre dalle scuole per registrare e monitorare il progresso dei singoli e dei gruppi. Quando è ben condotta, fornisce modelli e definizioni operative di cosa significhi comprendere le idee e al tempo stesso di come tale comprensione si manifesti attraverso l'applicazione di quanto è stato appreso in modi diversi. I criteri applicati nella valutazione rendono chiari agli studenti, agli insegnanti e ai genitori gli standard e le aspettative. La valutazione sommativa dovrebbe anche aiutare ad apprendere nel lungo periodo, a differenza di quanto avviene per quella formativa che dà indicazioni per il raggiungimento degli obiettivi a breve termine.

La valutazione sommativa è strettamente connessa ai contenuti curricolari e alla didattica e, quando non è ben condotta, il suo ruolo può essere riduttivo. Si hanno impatti negativi quando gli strumenti di valutazione non corrispondono adeguatamente agli obiettivi - per esempio mirano a testare la conoscenza di fatti quando l'obiettivo è di verificare l'applicazione di idee. L'impatto è ancor più grave quando gli esiti delle verifiche (o dei test), di solito espresse sotto forma di punteggi, sono utilizzati in modo inopportuno per la valutazione degli insegnanti e delle scuole. Questo spinge gli insegnanti a "insegnare in funzione del test" ('teach to the test') e limita fortemente i tentativi di focalizzare i contenuti curricolari sulle *Big Ideas*, poiché esse stesse non sono oggetto delle verifiche. La correttezza nell'utilizzo delle verifiche richiede l'uso di misurazioni le più affidabili possibili. D'altra parte la richiesta di un'alta affidabilità porta a limitare quello che è valutato e ne compromette la validità stessa. La ricerca ha dimostrato che quando la valutazione della performance diventa il fattore dominante in classe, la valutazione sommativa prende il posto di quella formativa.

Ampliare i metodi della valutazione sommativa

I passi da fare affinché la valutazione sommativa sia utile allo sviluppo delle *Big Ideas* includono l'ideazione e l'adozione di metodi di valutazione che forniscano informazioni chiare sul livello di comprensione degli studenti. Sono in atto tentativi per sviluppare

metodi di valutazione più adeguati agli obiettivi dell'insegnamento delle scienze basato sull'*inquiry*, anche se vi è ancora molto da fare per essere certi che la valutazione sommativa sia coerente con la didattica e i processi di apprendimento volti a promuovere le *Big Ideas*. Le prove PISA per le Scienze hanno ampliato quanto era possibile testare con le prove scritte, ma, allo stesso tempo, ne hanno rivelato i limiti per la valutazione dei singoli studenti. In diversi paesi, per l'accesso alle facoltà universitarie e ai college, si stanno utilizzando altri strumenti di verifica, impiegati da soli o insieme a prove scritte. Esempi sono il portfolio, le prove pratiche, i progetti, le presentazioni e i colloqui. Il crescente utilizzo di quesiti computerizzati e di prove pratiche (come quelle che si stanno sviluppando per le prove PISA) ne conferma le notevoli potenzialità nel valutare l'applicazione delle idee.

Alcuni di questi approcci sono legati al grado di coinvolgimento e al giudizio degli insegnanti e sono poco presenti negli esami tradizionali condotti da valutatori esterni. Se i nuovi approcci alla valutazione sommativa forniranno dati sufficientemente affidabili, dovranno essere adottate misure atte a ridurre la parzialità e gli errori di giudizio degli insegnanti. Esistono modi efficaci per migliorarne l'affidabilità da questo punto di vista; i principali sono: l'effetto moderatore della valutazione di gruppo, l'utilizzo di esempi di lavori valutati; l'utilizzo di un test di riferimento come controllo. L'effetto moderatore del gruppo, nel quale gli insegnanti s'incontrano per discutere sui lavori degli studenti, è efficace non solo per migliorare l'affidabilità delle valutazioni, ma anche come una forma di sviluppo professionale. L'esperienza permette agli insegnanti di approfondire la loro conoscenza sui criteri utilizzati nella valutazione e sulla valutazione stessa, con il vantaggio di migliorare anche la valutazione formativa. Operare la valutazione in questo modo fa sì che le evidenze derivanti da una valutazione formativa possano contribuire a quella sommativa, creando armonia piuttosto che conflitto tra le due forme di valutazione.

Senza dubbio sono necessarie strategie e strumenti per la valutazione sommativa che si correlino con i contenuti e con la didattica necessari per lo sviluppo delle *Big Ideas*. Ma oltre a questo, in molti paesi, una migliore pratica valutativa richiede un cambiamento delle politiche relative al come sono valutate la qualità dell'insegnamento e le strategie didattiche che facilitano l'apprendimento. L'utilizzo dei risultati dei test degli studenti come unico criterio della qualità dell'insegnamento e dell'efficacia delle scuole, senza alcun attenzione alle differenze tra gli studenti, dovrebbe essere sostituito da metodi di valutazione più validi, adeguati agli attuali obiettivi dell'educazione e sostenuti dall'utilizzo di coerenti strumenti di valutazione. Senza il cambiamento delle politiche scolastiche anche le procedure di verifica più valide sono minate e indebolite dalla pressione di soddisfare le aspettative e questo porta ad una interpretazione ristretta di pratiche e criteri, che risultano ingiustificatamente influenzati dal cosa può essere testato.

Sintesi delle implicazioni

Si è visto dunque come il problema del modo con il quale si lavora verso le *Big Ideas* influenzerà le esperienze di apprendimento degli studenti, considerando i contenuti curricolari, la pedagogia e la valutazione. Sebbene l'insegnamento delle Scienze basato sull'*inquiry* e la valutazione formativa siano già presenti nella pratica scolastica, bisogna aggiungere molto altro affinché gli studenti traggano beneficio dalla comprensione delle *Big Ideas*. Volendo sintetizzare quanto espresso in precedenza, si riportano di seguito alcune caratteristiche chiave del lavorare con le *Big Ideas* in testa.

Contenuto

- Gli insegnanti sono in grado di spiegare come gli obiettivi delle singole lezioni e attività si rapportino alle *Big Ideas* e di giustificare il tempo necessario per realizzare tali attività.
- Gli insegnanti sono consapevoli dei successivi passi da adottare per sviluppare idee “più grandi”.
- Gli studenti lavorano su argomenti selezionati perché questi hanno, secondo gli insegnanti e un qualunque osservatore, una chiara relazione con una o più *Big Ideas*.
- La discussione sulle investigazioni, proprie, dei compagni e degli scienziati, del passato e attuali, permette agli studenti di comprendere come si utilizzino le evidenze per sviluppare le idee.
- Attraverso le loro attività, gli studenti sono in grado di sviluppare la conoscenza a un livello appropriato nella progressione verso *Big Ideas*.

Strategie pedagogiche

- Gli insegnanti aiutano gli studenti a sviluppare le capacità e le attitudini necessarie per raccogliere evidenze utili a verificare le idee e a rispondere alle domande, adottando l'*inquiry*.
- Gli studenti hanno l'opportunità di osservare, e dove possibile, di esplorare eventi e fenomeni in prima persona.
- Gli studenti hanno l'opportunità di porre domande e di trovare risposte attraverso l'*inquiry* e di riflettere su come questo li porti a idee più grandi e utili.
- Gli insegnanti aiutano gli studenti a rendersi conto di come le idee che emergono da attività *inquiry* realizzate in classe si relazionino alle cose della vita quotidiana e a riconoscere le connessioni tra esperienze nuove e pregresse e tra idee nuove e idee note.
- Gli studenti hanno il tempo per riflettere sulle loro investigazioni e su come le loro idee possano cambiare in seguito alla raccolta e all'utilizzo delle evidenze.
- Gli insegnanti aiutano gli studenti a riconoscere che le affermazioni riguardanti le cause di un fenomeno devono essere sostenute da prove credibili e che la conoscenza scientifica non è una questione di opinione, sebbene possa cambiare o affinarsi alla luce di nuove evidenze.

Valutazione

- Gli insegnanti utilizzano la valutazione formativa per promuovere il coinvolgimento attivo degli studenti nel loro apprendimento, assicurandosi che comprendano gli obiettivi del proprio lavoro e di come ne giudichino la qualità.
- Gli insegnanti utilizzano le osservazioni in itinere sull'apprendimento degli studenti, per promuovere quello successivo, fornendo loro feedback su come migliorare il lavoro e procedere alla fase successiva nella progressione verso l'acquisizione delle *Big Ideas*.
- Gli insegnanti utilizzano i risultati dei progressi degli studenti per calibrare gli obiettivi e il ritmo di lavoro, così da assicurare un apprendimento significativo e la progressione nelle idee.
- I metodi di valutazione sommativa permettono agli studenti di dimostrare la loro comprensione delle idee, utilizzandole per spiegare eventi e fenomeni del mondo che li circonda.

6 Implementare le *Big Ideas*

Esistono molti aspetti politici e pratici che influenzano i cambiamenti in materia d'istruzione. Si considerano qui tre aspetti che influenzano particolarmente l'implementazione delle *Big Ideas*:

- la forma e il contenuto dei curricula nazionali o locali, che influenzano la scelta dei contenuti, delle strategie didattiche e della valutazione;
- il ruolo chiave delle conoscenze disciplinari e pedagogiche degli insegnanti, cruciali nel determinare le opportunità di apprendimento degli studenti;
- la valutazione formativa dell'insegnamento e delle attività degli studenti in classe che fornisce indicazioni su come migliorare la pratica didattica e utilizzare al meglio le risorse per lo sviluppo professionale.

Le *Big Ideas* nei documenti del curriculum nazionale

I curricula nazionali stabiliscono gli obiettivi dell'apprendimento e le linee guida che dovrebbero condurre al loro raggiungimento, ma non indicano le attività da attuare, cioè quali unità didattiche o moduli proporre. L'intento di aiutare tutti gli studenti a sviluppare le *Big Ideas* ha implicazioni sul modo con il quale gli obiettivi sono formulati. Sebbene i quadri di riferimento specifichino gli obiettivi dell'apprendimento, ad esempio lo sviluppo di abilità nell'*inquiry* scientifico, l'interesse principale risiede nel modo con il quale sono espresse le idee *della* Scienza, che dovrebbero risultare comprensibili a tutti – non solo agli insegnanti, ai ricercatori e agli scienziati, ma anche ai genitori e a chiunque si occupi dell'educazione degli studenti. La descrizione dettagliata ed esemplificativa di come sviluppare progressivamente le *Big Ideas* (vedi Sezione 4) fornisce un buon esempio di come far comprendere che l'obiettivo fondamentale da raggiungere è la consapevolezza delle relazioni e non una serie di fatti o una raccolta di "piccole idee". I documenti dei curricula dovrebbero inoltre chiarire che la comprensione è un processo continuo e ininterrotto. L'obiettivo degli insegnanti, dei genitori e degli altri portatori d'interesse dovrebbe essere quello di identificare come avviene lo sviluppo progressivo verso le *Big Ideas* per individuare come specifiche attività contribuiscano a tale sviluppo.

Esprimere le *Big Ideas della Scienza*

Oggi esistono esempi di curricula scolastici nazionali che indicano finalità sotto forma di *Big Ideas*, che sebbene non siano esattamente le 10 qui identificate, sono sufficientemente simili e perseguono scopi analoghi. Per esempio le linee guida che si stanno sviluppando in Francia per il curriculum degli studenti di 9 anni (K-9) includono tra le finalità:

conoscere che:

L'universo è strutturato in maniera scalare, dalla dimensione più grande (galassie, stelle, pianeti,) a quella più piccola (particelle, atomi e molecole).

L'aspetto cruciale è l'enunciazione chiara di come questi obiettivi generali sono declinati in

sotto-obiettivi calibrati secondo l'età degli studenti o i livelli scolastici, per garantire continuità nello sviluppo graduale delle *Big Ideas*.

Le *Big Ideas* dovrebbero essere sviluppate in maniera longitudinale e dovrebbero essere descritti gli obiettivi lungo l'intero percorso di apprendimento. Per appropriarsi però del senso della progressione non è sufficiente affermare cosa è necessario imparare in termini di argomenti o concetti quali 'forza', 'elettricità' o 'materiali'. Per essere realmente utili le affermazioni dovrebbero indicare il grado di conoscenza o di relazioni e le connessioni previste in specifiche fasi di sviluppo. La maggior parte dei curricula ufficiali, oltre a stabilire i concetti che dovrebbero essere appresi, elenca le abilità dell'*inquiry scientifico* (*science inquiry skills*) o le attività che devono essere sviluppate nei vari livelli. Di solito questi due tipi di obiettivi sono elencati separatamente, ma recentemente alcuni quadri di riferimento per i curricula enunciano, al termine di ogni stadio o anno scolastico, gli obiettivi come un'integrazione di conoscenze e abilità. I curricula scozzesi, ad esempio, formulano gli obiettivi di apprendimento in termini di 'Io sono in grado di ...', come risulta da quanto riportato dai risultati attesi per la fine del quarto anno relativamente alle *Big Ideas* della biodiversità e della interdipendenza :

Io sono in grado di contribuire a pianificare un esperimento per scoprire di cosa le piante hanno bisogno per sopravvivere e crescere. Io sono in grado di osservare e registrare le mie scoperte e da quello che ho imparato, riesco a far crescere le piante a scuola.

Il quadro di riferimento del livello 12 anni (K-12) per l'insegnamento delle Scienze negli USA enuncia i risultati in termini di "che cosa sanno fare gli studenti che dimostrano di aver capito", tramite una serie di affermazioni che associano pratiche e concetti generali, per esempio:

Investigare sulle forze tra due o più magneti per identificare regolarità (pattern).

Utilizzare modelli per spiegare gli effetti di forze in equilibrio o non in equilibrio su un sistema.

La forma di questi enunciati indica che la comprensione delle idee deve essere sviluppata attraverso l'*inquiry* e l'investigazione e, allo stesso tempo, che le capacità di *inquiry* sono sviluppate e utilizzate in relazione a contenuti scientifici. Tuttavia, sebbene gli enunciati presi in esame ovviamente non limitino la combinazione di capacità e contenuti, esiste comunque una certa arbitrarietà su quali capacità e quali contenuti sono legati tra loro. La complessità degli enunciati inoltre può complicare la relazione tra le idee presenti per ciascun livello e le *Big Ideas* generali.

Grado di dettaglio

I curricula scolastici nazionali sono alquanto diversi tra loro riguardo agli intervalli temporali nei quali devono essere raggiunti certi obiettivi e compiute particolari esperienze di apprendimento. In alcuni casi gli obiettivi da perseguire sono specificati per ogni singolo anno, in altri, invece, sono presi in considerazione intervalli più lunghi, di due o tre anni, e gli obiettivi sono enunciati solo in termini di esperienze e risultati. Un curriculum eccessivamente dettagliato rischia di trasformare le attività scientifiche in routine per rispondere alle richieste del programma, non utilizzando invece il tempo per assicurare la

comprensione profonda. L'eccesso di dettagli limita la possibilità degli insegnanti di tener conto degli interessi degli studenti. Inoltre, quanto più dettagliati sono gli enunciati, tanto più è difficile stabilirne la sequenza esatta e maggiore è il rischio di perdere di vista gli obiettivi generali, cioè lo sviluppo delle *Big Ideas* e delle capacità di *inquiry* scientifico. Gli enunciati sulle idee e le capacità specifiche da far raggiungere in particolari momenti dovrebbero essere presentati secondo un percorso graduale verso i grandi obiettivi generali, aspetto particolarmente importante nel passaggio dalla scuola primaria alla scuola secondaria. Quando la verticalizzazione non avviene, i contenuti curriculari possono sembrare una selezione arbitraria di cosa deve essere insegnato, in sintonia con la prassi tradizionale o in base a ciò che è più facile valutare.

Includere le idee sulla Scienza

Nei curricula nazionali ufficiali varia l'attenzione data alle *Big Ideas sulla Scienza*. Quando sono prese in considerazione le idee 11 e 12 sulla Natura della Scienza, si presuppone che queste possano svilupparsi attraverso il coinvolgimento nell'investigazione e cioè che le opportunità date per sviluppare competenze scientifiche siano anche opportunità per riflettere su come la conoscenza scientifica si costruisca mediante tali attività. Tuttavia, senza alcun altro riferimento specifico, come avviene nei curricula nazionali inglesi dove, per esempio, si parla di "lavorare scientificamente", è facile osservare come queste opportunità possano essere perdute nella pianificazione dei programmi di studio.

Nel caso delle *Big Ideas* 13 e 14, sulla relazione tra la Scienza, le altre discipline STEM e le applicazioni della Scienza, esistono vari modi con cui tali discipline possono essere coinvolte. In alcuni casi questo avviene fornendo riferimenti incrociati, generalmente tra i programmi di scienze e quelli di matematica. Questi collegamenti tra le discipline tendono tuttavia a essere considerati facoltativi durante la fase di stesura della programmazione della classe, stesura che abitualmente è fatta da un solo insegnante o da insegnanti dello stesso dipartimento, anziché da gruppi multidisciplinari nei quali ciascun membro, mettendo a disposizione le proprie competenze, favorisce la pianificazione di attività interdisciplinari coordinate. Un altro modo consiste nell'inserire nella descrizione degli obiettivi generali un riferimento alle applicazioni della Scienza, come, per esempio, le questioni etiche e morali legate alle possibilità offerte dalle maggiori conoscenze sul DNA. Un terzo modo, probabilmente il più efficace, è inserire legami tra i diversi domini disciplinari all'interno del curriculum. Un esempio è il Quadro di riferimento dell'insegnamento della Scienze per gli studenti di 12 anni (livello K-12) (*Framework for K-12 Science Education*), nel quale l'ingegneria e le applicazioni della Scienza sono identificate come un'unità disciplinare, allo stesso modo della fisica e delle scienze della vita. È ancora da verificare la crescente importanza attribuita ai legami tra la Scienza e le altre discipline, quali, in particolare, la tecnologia, l'ingegneria e la matematica.

La comprensione delle *Big Ideas* da parte degli insegnanti

Le ripercussioni su contenuti curriculari, sulle strategie pedagogiche e sulla valutazione, discusse nella Sezione 5, evidenziano l'esigenza che gli insegnanti si assicurino che l'apprendimento della Scienza da parte degli studenti sia gradualmente incorporato in un *unicum* coerente e non si limiti ad una semplice acquisizione di dati disorganizzati. Questo

deve essere chiaro agli insegnanti della scuola primaria e secondaria, ai formatori degli insegnanti e ai ricercatori.

Gli insegnanti della scuola primaria, in particolare, si trovano ad affrontare sfide precise in relazione alle *Big Ideas nella Scienza*. In primo luogo le attività dei bambini piccoli sono generalmente volte a far esplorare l'ambiente a loro vicino e i viventi e non viventi che vi si trovano. Queste investigazioni e osservazioni portano a delle "piccole" idee, con apparenti deboli connessioni con le grandi idee della Scienza. A livello della scuola primaria è più facile perdere di vista le relazioni delle piccole idee con le *Big Ideas*, anche perché, in molti casi, gli stessi insegnanti, nella loro formazione scientifica, hanno avuto poche opportunità di assimilare le grandi idee e capire come le conoscenze possedute possano essere connesse l'una all'altra.

È possibile che siano poco preparati a vedere i legami tra le idee che sono sviluppate durante le attività in classe e quelle applicabili in modo più ampio e per questo motivo non sono nella condizione di aiutare gli studenti a sviluppare le *Big Ideas*. Un'ulteriore difficoltà è la mancanza di sicurezza nell'insegnamento delle scienze, dovuta a una scarsa partecipazione ad attività sperimentali.

Tuttavia gli insegnanti della scuola primaria sono avvantaggiati, in quanto, come insegnanti non specialisti, godono del beneficio di avere rapporti più stretti con i loro studenti rispetto a quanto avviene per gli insegnanti specialisti disciplinari presenti nella scuola secondaria. Inoltre, sapendo di non essere degli esperti, gli insegnanti della scuola primaria di norma preparano le attività pratiche da proporre con molta attenzione e forniscono esperienze coinvolgenti che piacciono agli studenti, facendo sì che essi "reagiscano" alla Scienza in maniera positiva. Il lato negativo è che l'attenzione al "fare" può limitare la discussione e la riflessione, necessarie per giungere alla comprensione.

Nella scuola secondaria le relazioni tra le attività di apprendimento e le grandi idee sono più ovvie, ma gli insegnanti della scuola secondaria devono affrontare la sfida dell'*inquiry* nel contesto di un curriculum troppo denso; è possibile inoltre che essi stessi posseggano una conoscenza limitata in alcuni settori della Scienza - per esempio sono preparati in biologia ma devono insegnare anche fisica - e manchino di esperienza diretta dell'attività scientifica, così che tende a ridursi la loro sicurezza nell'insegnare le idee *sulla* Scienza. Insegnare tutti gli ambiti della Scienza è arduo per chiunque, per cui anche gli scienziati e gli insegnanti esperti dovrebbero fruire di una formazione permanente, per saper affrontare le continue sfide.

Approcci alla formazione professionale

Tutti gli insegnanti dovrebbero conoscere le grandi idee *della* e *sulla* Scienza. La mancanza di tale conoscenza, a causa di una non adeguata loro educazione scientifica durante il loro percorso scolastico, richiede un cambiamento della formazione iniziale e di quella in itinere, che non può essere ridotta al breve tempo destinato ai corsi di formazione. Gli insegnanti e i trainers però sono adulti intelligenti. Essi hanno una considerevole esperienza e conoscenza tale da essere estesa molto più di quanto essi pensano. In quanto adulti - e bisogna sottolineare che non è un approccio appropriato per studenti - coinvolgerli nelle grandi idee in modo generalmente descrittivo può aiutarli a dare senso alle loro esperienze, permettendo di riordinare le conoscenze frammentarie possedute e di assaporare la soddisfazione nel comprendere concetti che precedentemente sembravano incomprensibili.

Il “coinvolgimento” in questo caso, supera la semplice lettura e la discussione sulla descrizione delle *Big Ideas* (Sezione 4). In base alle teorie contemporanee secondo le quali l'apprendimento si costruisce attraverso l'interazione dei soggetti in apprendimento, siano giovani o adulti, il discutere con gli altri sulle *Big Ideas* consente di dare senso alle proprie e altrui esperienze professionali. Attraverso il costante confronto con le opinioni dei singoli e del gruppo, la conoscenza di ciascuno viene ridefinita e modificata. La co-costruzione delle conoscenze probabilmente non consentirà un'acquisizione completa delle *Big Ideas*, ma potrà rappresentare l'inizio di un processo attivo e progressivo di approfondimento della conoscenza, che permetterà di aiutare gli studenti nei loro progressi.

Queste esperienze sono possibili se vi sono il coinvolgimento e la disponibilità degli insegnanti ad apprendere alcuni aspetti della Scienza, attraverso un livello adeguato di *inquiry* al fine di svilupparne la comprensione con l'esperienza diretta. Gli insegnanti e i trainers pertanto hanno bisogno di tempo e opportunità per formulare domande e realizzare percorsi di investigazione su aspetti semplici della vita quotidiana (domande del tipo: perché i tovaglioli di carta sono formati da tanti strati, perché il ghiaccio galleggia, perché l'esterno di una lattina diventa umido quando la si toglie dal frigorifero). Con queste attività agli insegnanti non è chiesto di simulare un gioco di ruolo, ma di divenire autentici investigatori di fenomeni abituali. La riflessione su quello che essi conoscevano inizialmente, su che cosa hanno scoperto e su come l'hanno fatto può portarli a rendersi conto di come si forma una conoscenza scientifica. Questo prepara a guidare gli studenti nella comprensione delle idee *sulla* Scienza (in particolare le idee 11 e 12) e *della* Scienza.

Di pari importanza delle esperienze proposte nei corsi di formazione è il costante supporto nello sviluppo della comprensione della Scienza e delle strategie didattiche utili per la professione. Poiché internet gioca un ruolo chiave nel fornire informazioni, saranno necessarie pubblicazioni in grado di rispondere adeguatamente alle necessità degli insegnanti. La comprensione personale della Scienza e del modo di insegnare particolari concetti può derivare, ad esempio, dal contatto diretto con docenti più esperti e con scienziati. E' dimostrato che gli insegnanti imparano molto efficacemente da altri insegnanti e che l'osservazione delle pratiche altrui è importante per realizzare i cambiamenti richiesti per il lavoro verso le *Big Ideas* con l'utilizzo dell'*inquiry*.

L'analisi delle richieste per lo sviluppo professionale degli insegnanti e di come soddisfarle in casi particolari sono oggetto di ricerca. Nella successiva sezione sono illustrate alcune idee preliminari su come identificare gli aspetti relativi alle *Big Ideas* per i quali gli insegnanti necessitano di aiuto.

Valutazione formativa dell'insegnamento per le *Big Ideas*

Viene qui utilizzato il termine di valutazione ma tale valutazione si riferisce alle pratiche di insegnamento e non all'apprendimento degli studenti (*assessment*). L'obiettivo è raccogliere dati e utilizzarli per migliorare quegli aspetti pratici dell'insegnamento che consentono agli studenti di sviluppare la loro comprensione delle *Big Ideas*. Non si considerano qui i molteplici aspetti pratici dell'insegnamento delle scienze, ma solo quelli fondamentali, che includeranno molti elementi dell'approccio IBSE, poiché esso svolge un ruolo chiave per sviluppare la conoscenza profonda.

Indicatori del lavoro con gli studenti verso le *Big Ideas*

In questo caso lo scopo della valutazione formativa è quello di raccogliere e utilizzare i dati sugli aspetti significativi dell'insegnamento per identificare le pratiche che rispondono alle aspettative e quelle che necessitano di miglioramento. In questo senso lo scopo è analogo a quello della valutazione formativa anche se questa riguarda l'apprendimento degli studenti mentre qui si considera l'insegnamento. Mentre l'apprendimento è valutato in relazione agli obiettivi delle singole attività, la valutazione dell'insegnamento si basa su indicatori o standard di pratiche d'aula efficaci. Il primo passo nella valutazione consiste pertanto nella definizione di tali indicatori. Questi potrebbero essere espressi in termini di attività degli studenti e di modalità di lavoro che aiutano la comprensione delle *Big Ideas*. Gli indicatori di una gestione efficace delle attività di classe includono che agli studenti siano date opportunità di:

- comprendere lo scopo delle loro attività;
- esplorare fenomeni nuovi in maniera informale e "giocare con le idee" prima di affrontare un'indagine più strutturata;
- fare collegamenti tra l'esperienza nuova e un'esperienza nota;
- collaborare con gli altri, comunicando le proprie idee e riflettendo su quelle altrui;
- fornire prove a sostegno delle proprie argomentazioni;
- prendere parte a dibattiti a difesa delle proprie idee e spiegazioni;
- applicare a contesti reali quanto imparato;
- riflettere criticamente sui processi e sui risultati delle loro indagini.

L'opportunità che gli studenti possano fruire di queste esperienze dipende dalla progettazione fatta dagli insegnanti e da come questa sia attuata. Individuare un insieme d'indicatori per l'analisi di aspetti condivisi della pratica didattica, oltre a fornire elementi sugli aiuti di cui i docenti necessitano, ha il duplice scopo di indicare ciò che deve essere sottoposto ad osservazione e di verificare dove l'azione dell'insegnante non corrisponda ai livelli (standard) previsti.

Indicatori dell'insegnamento verso le *Big Ideas*

Sono qui riportate le proposte riguardanti gli indicatori e le modalità di valutazione di un insegnamento che miri allo sviluppo delle *Big Ideas*. Gli indicatori utilizzati dovrebbero nascere dalle discussioni degli insegnanti su come possa avvenire un insegnamento che tende a questo. Le discussioni svolgono anche una funzione formativa, perché aiutano gli insegnanti a capire ciò che è loro richiesto e, allo stesso tempo, rende la valutazione trasparente, consentendo a tutti di conoscere gli scopi e le modalità di utilizzo dei dati raccolti. Se gli insegnanti devono rivedere il proprio insegnamento, è necessario che ne conoscano i criteri di valutazione.

E' utile enunciare gli indicatori sotto forma di domande, del tipo, l'insegnante:

- ha un'idea chiara di quali attività aiutano gli studenti a conoscere una o più *Big Ideas*?
- fornisce agli studenti il tempo necessario per esplorare situazioni nuove e discutere liberamente sulle idee iniziali?
- aiuta gli studenti a riconoscere il legame tra le idee e le esperienze nuove e quelle note?

-
- discute con gli studenti di come le idee che emergono dalle attività *inquiry* sono correlate alla loro esperienza quotidiana?
 - amplia le idee per mostrare come idee particolari possono spiegare una varietà di fenomeni o eventi?
 - discute con gli studenti su come la raccolta e l'utilizzo dei dati permetta loro di verificare le idee in modi simili a quanto fanno gli scienziati?
 - aiuta gli studenti a riflettere sulle loro investigazioni e a sviluppare idee sulla natura dell'attività scientifica?
 - si assicura che gli studenti imparino, attraverso l'esperienza, la non validità di idee o costruzioni mentali che non " funzionano" senza che ciò venga interpretato come un fallimento?
 - coglie l'opportunità di discutere su come le idee scientifiche sono utilizzate nelle ricerche scientifiche e nei progressi dell'ingegneria, divulgati dai media?
 - in maniera adeguata all'età degli studenti, utilizza la storia della Scienza per far conoscere come le idee scientifiche siano cambiate e quali siano stati i motivi di tali cambiamenti?

Raccogliere dati per la valutazione dell'insegnamento

Gli indicatori stessi permettono di individuare le fonti di informazione utili per la valutazione. Tra questi: i piani di lavoro degli insegnanti, la documentazione sui progressi degli studenti, i quaderni degli studenti, le interviste agli studenti e, se possibile, l'osservazione diretta delle lezioni. In quest'ultimo caso è richiesta la presenza di un mentore, un formatore o un altro insegnante, che osservi le lezioni. Gli stessi insegnanti potrebbero collaborare nella raccolta delle informazioni in base agli indicatori, osservandosi reciprocamente durante le lezioni. Se non è possibile la presenza di un osservatore, gli insegnanti possono ottenere informazioni utili esaminando autonomamente i loro piani di lavoro, i quaderni degli studenti e ogni altra documentazione (incluse le filmazioni delle lezioni), oltre a parlare con gli studenti per conoscere come essi valutano il loro lavoro. Per gli insegnanti non abituati alla presenza in classe di un osservatore, è preferibile, almeno inizialmente, ricorrere a queste forme di autovalutazione.

I quaderni degli studenti, disponibili per gli osservatori e per gli insegnanti, costituiscono una notevole fonte di informazioni sulle attività dei ragazzi, e su che cosa e come si è insegnato. L'analisi dei quaderni degli studenti può fornire informazioni sul modo di esprimersi, sulle conoscenze dichiarative e procedurali e sulla qualità del feedback ricevuto dall'insegnante.

Interpretare la valutazione dei dati

Naturalmente gli insegnanti non potranno, per ogni lezione o sequenza di attività, rispondere a tutte le domande elencate in precedenza. Tuttavia, poiché la valutazione deve svolgere un ruolo formativo, se per un lungo periodo non viene data risposta ad una domanda, è necessario chiedersene il motivo, che potrebbe comportare la necessità di un supporto su alcuni ambiti disciplinari o didattici. Tale forma di valutazione è utile per la crescita professionale quando sono richiesti cambiamenti fondamentali nel modo di insegnare, come avviene per l'insegnamento basato sull'*inquiry* e sulle *Big Ideas*. Non è necessario che la valutazione avvenga prendendo in esame la molteplicità degli indicatori,

ma essa può essere utilizzata per ricevere un feedback sugli aspetti specifici dell'insegnamento che il docente sta cercando di modificare. E' essenziale che il processo valutativo sia interpretato come parte della formazione professionale e non come un giudizio sulla correttezza dell'operato.

Commento conclusivo

L'attuazione dei cambiamenti, nell'educazione o in qualsiasi altra area, dipende da numerosi fattori: riconoscere la necessità del cambiamento, credere che i cambiamenti proposti porteranno agli effetti desiderati, accettare le conseguenze dei molteplici fattori in gioco nell'educazione.

I motivi che impongono il cambiamento nell'Educazione scientifica sono stati evidenziati in report nei quali si sottolinea la percezione negativa e lo scarso interesse degli studenti per la Scienza ed il suo valore. Le cause principali di ciò sono imputabili a curricula troppo densi e dettagliati di contenuti, a una valutazione basata sui test, che incoraggia l'insegnamento di argomenti tra loro disconnessi e di metodi d'insegnamento tradizionali, ostacolanti il passaggio a un approccio didattico basata sull'*inquiry*. Le conseguenze di tutto ciò hanno fatto sì che, in molti paesi, l'Educazione scientifica non sia riuscita a preparare i giovani ad affrontare le rapide trasformazioni del mondo, correlate alle applicazioni della Scienza alla tecnologia e all'ingegneria. È necessario invece che tutti, non solo chi intraprenderà carriere di tipo scientifico, posseggano una conoscenza generale delle idee chiave *della* Scienza e *sulla* Scienza, così da essere in grado di prendere parte, come cittadini informati, alle decisioni riguardanti il proprio e l'altrui benessere.

In questo documento si è più volte ribadita la necessità di enunciare gli obiettivi dell'Educazione scientifica in termini di *Big Ideas*, un gruppo di idee onnicomprensive definite grandi perché in grado di spiegare una molteplicità di fenomeni tra loro correlati. Si sono illustrate le ragioni e fornite alcune evidenze sui potenziali benefici che derivano dall'identificare un numero esiguo di idee "potenti", non ultimo quello di aumentare l'utilizzo dell'approccio didattico basato sull'*inquiry*. Consentire agli studenti di condurre esperienze dirette e di dare valore alla raccolta e all'utilizzo delle evidenze nell'attività scientifica gioca un ruolo centrale nello sviluppo della comprensione del mondo che ci circonda, attribuendo un senso a esso. Si è ampiamente argomentato che un curriculum espresso in termini di *Big Ideas* sia necessario per adottare un approccio basato sull'*inquiry*.

Apportare un cambiamento su come siano concepiti ed espressi gli obiettivi dell'Educazione scientifica va oltre la semplice revisione dei curricula. Quanto avviene in classe è influenzato da molti fattori tra loro connessi; i principali, indicati in questa pubblicazione, riguardano la valutazione degli studenti, la formazione degli insegnanti e la didattica. Esistono anche molti altri fattori, quali l'organizzazione delle scuole, le modalità di valutazione dell'insegnamento e degli insegnanti, il ruolo e le aspettative dei genitori, il sostegno degli amministratori e degli ispettori locali e le scelte politiche. Un cambiamento effettivo richiede il coordinamento di tutti questi elementi. Gli insegnanti sono fondamentalmente responsabili dell'apprendimento degli studenti, ma da soli non possono operare un reale cambiamento; in molti casi è necessario un mutamento nelle decisioni politiche, in modo che l'innovazione non sia ostacolata dalle prassi in atto.

Profilo dei partecipanti al seminario

Derek Bell

Il Professor Derek Bell è insegnante, ricercatore, consulente e sostenitore delle pari opportunità di educazione per tutti. Ha lavorato in scuole e università prima di diventare Amministratore Delegato dell'*Association for Science Education (ASE)* e Responsabile dell'Educazione e Formazione della *Wellcome Trust*. Si occupa attivamente di educazione in campo nazionale ed internazionale, in qualità di consulente (*Campanula Consulting*) e attraverso pubblicazioni. E' attualmente membro del consiglio di amministrazione della *IBM Trust UK*, dell' *Understanding Animal Research*, e del *Centre of the Cell* del Regno Unito, e membro della *Inter Academies Panel Global Science Education Committee* e della giuria della *European Union Competition for Young Scientists*. Nel 2011 gli è stato conferito il Dottorato Honoris Causa in Scienze dell' Educazione dalla *Metropolitan University di Manchester* nel 2011. Derek è Direttore del *LEARNUS*, Professore di Scienze dell'Educazione nel *College of Teachers* e ricercatore associato esterno all'*UCL Institute of Education*, Londra.

Rosa Devés

La Professoressa Rosa Devés ha ottenuto il Phd in Biochimica dall'*Università del Western Ontario*, in seguito ha fatto parte del Dipartimento di Fisiologia e Biofisica della Facoltà di Medicina, *Universidad de Chile*. Ha insegnato fisiologia della cellula a studenti universitari e in corsi post-laurea e si è occupata di corsi specialistici e del Programma PhD in Scienze Biomediche, che ha diretto per due periodi di cinque anni. Ha anche contribuito alla creazione dell'Istituto di Scienze Biomediche, nato dalla fusione di dodici dipartimenti delle scienze di base. Ne è stata vicedirettrice dal 1997 al 2000.

Parallelamente alla sua carriera scientifica e accademica si è occupata di insegnamento delle scienze nelle scuole ed ha collaborato tra il 1999 ed il 2000 con il Ministero dell'Educazione nella stesura di un nuovo curriculum, in qualità di coordinatrice dei gruppi di docenti di scienze. Nel 2003, con il Professor Jorge Allende, ha dato inizio al Programma *ECBI (Inquiry based Science Education Programme)*, che opera in partenariato con Il Ministero dell'Educazione, l'Accademia delle Scienze e le università, al fine di dare un'educazione scientifica di alta qualità a tutti i bambini.

In qualità di *provost* dell'Università del Cile dal 2010 al 2014 ha diretto due progetti mirati allo sviluppo di pari opportunità di apprendimento per gli studenti portatori di disagio. Nel luglio 2014 è stata nominata Vicepresidente degli *Academic Affairs dell'Università del Cile*. Dal 2003 è membro onorario dell'*Accademia delle Scienze cilena*.

Hubert Dyasi

Il Professor Hubert Dyasi, PhD, è uno specialista della formazione degli insegnanti di Scienze. Ha progettato e diretto in tutto il mondo programmi sull'*IBSE – Inquiry Based Science Education*, ed ha tenuto presentazioni professionali peer-reviewed in numerose conferenze. Ha scritto capitoli o è stato co-autore di testi quali *America's Lab Report* (National Academy Press, 2005); *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics* (Corwin Press, 2003), *Inquiry and the National Science Education*

Standards: A Guide for Teaching and Learning (National Academy Press,2000); e *The National Science Education Standards* (National Academy Press,1996). Tra le sue onorificenze: Lodevole Servizio per Educazione Scientifica, Brillante Formatore, Membro della Commissione livello K-12 dell' Educazione Scientifica del *National Research Council*, ed esperto esterno al *California Institute of Technology* ed all'*All Souls College (Università di Oxford)*. E' membro associato del *National Institute for Science Education* e membro del comitato dell'*Inter-Academy Panel's Science Education Programme*.

Guillermo Fernández de la Garcia

Guillermo Fernandez de la Garcia è Presidente e Amministratore Delegato della *United States - Mexico Foundation for Science (FUMEC)*, una organizzazione no-profit patrocinata dai Governi statunitense e messicano. Con la FUMEC ha lavorato per la formazione di gruppi d'innovazione in campo aerospaziale, ICT e dell'industria avanzata, ed a favore dell'innovazione nel campo della piccola e media impresa. Ha un Bachelor degrees in Ingegneria e in Fisica (*Mexico's National Autonomous University*), e un Master in Economia dell'Ingegneria (*Stanford University*) ed ha completato gli studi avanzati in Ingegneria Nucleare e Gestione d'Impresa di *IPN e IPADE*. Ha lavorato sui programmi d'innovazione per l'industria, le università e il governo.

Guillermo ha dato un notevole contributo alla divulgazione della Scienza e all' Educazione Scientifica. E' stato uno dei membri fondatori della *Mexican Society for Science and Technology Popularization (SOMEDICYT)* e il creatore di un team di scienziati, educatori e leader d'impresa che ha fondato *CHISPA*, una rivista scientifica per bambini, pubblicata mensilmente in Messico dal 1978 al 1998. *CHISPA* ha vinto premi nazionali e internazionali e ancora oggi stralci di articoli vengono distribuiti dal Ministero dell'Educazione messicano. Gli incontri tra i bambini e gli scienziati, in origine organizzati da *CHISPA* divennero, in seguito, il programma "Sabati e Domeniche della Scienza" gestito dall'*Accademia delle Scienze messicana*.

Nel 2002, sostenuto dal FUMEC, ha dato inizio all'*INNOVEC, Innovation in Science Education*, un'organizzazione no-profit che è stata fondamentale per l'applicazione dell'*IBSE* nelle scuole messicane. Insieme al Ministero dell'Educazione e all'*Accademia delle Scienze* ha organizzato la prima verifica delle attività in Mexico del curriculum in Scienza e Tecnologia. A Guillermo è stato conferito il *Premio Purkwa* offerto dall'*Accademia delle Scienze francese* e dalla *Saint Etienne Mining School* per le pratiche innovative diffuse nell'Educazione scientifica.

Wynne Harlen

La professoressa Wynne Harlen è stata insegnante, formatrice e ricercatrice nel campo dell'Educazione scientifica e della valutazione da quando si è laureata in *Fisica a Oxford*. Nel 1985 è stata nominata *Sidney Jones Professor di Scienze dell'Educazione all'Università di Liverpool*, dove ha fondato il *Centre for Research and Development in Primary Science*. Nel 1990 si è trasferita ad Edimburgo, dove è stata Direttore dello *Scottish Council for Research in Education* fino al 1999. Attualmente lavora come consulente da casa sua in Scozia. E' stata a capo di numerosi progetti sulla ricerca, lo sviluppo professionale, e lo sviluppo del curriculum, ed ha pubblicato molti libri sull'Educazione scientifica e sulla valutazione.

Wynne è stata sempre membro dell'*Association for Science Education (ASE)* del Regno Unito e ora è diventata membro onorario, si è occupata della rivista *Primary Science Review* (1999-2004) e ne è stata il direttore nel 2009. E' stata presidente del *OECD PISA Science Expert Group* dal 1998 al 2003. Ha diretto un gruppo di lavoro della *Royal Society (State of the Nation Report on Science and Mathematics Education 5-14)*. Nel 1991 la Regina di Inghilterra le ha conferito l'*OBE* per i servizi resi nel campo dell'Educazione e nel 2001 l'ASE le ha conferito un premio speciale per i servizi resi nel campo dell'Educazione scientifica. Nel 2008 le è stato conferito insieme a Guillermo Fernandez de la Garcia, il *Premio Internazionale Purkwa* e nel 2001 Il Ministero dell'Educazione messicano e l'INNOVEC le hanno conferito un riconoscimento speciale per il suo contributo alla promozione dell'educazione scientifica basato sull'*inquiry*.

Pierre Léna

Il Professor Pierre Léna è Professore Emerito di Astrofisica all'*Université Paris Diderot*. All'*Observatoire di Parigi* si è occupato di astronomia a infrarossi, dello *European Very Large Telescope (VLT) in Cile*, e delle nuove tecniche ottiche applicate alle immagini astronomiche. Ha diretto la Scuola di Specializzazione di *Astronomie e Astrophysique d'Ile-de-France* per molti anni. E' membro dell'*Académie des sciences* francese, dell'*Academia Europaea* e della *Accademia Pontificia delle Scienze*.

Ha iniziato a interessarsi di educazione negli anni in cui dirigeva l'*Institut National de Recherche Pedagogique* (1991-1997). Con il Premio Nobel George Charpak ha promosso un profondo cambiamento dell'Educazione scientifica nelle scuole primarie francesi, mediante il progetto basato sull'*inquiry*, denominato *La main à la pâte*, sostenuto dall'*Académie des sciences*. Il progetto sviluppava pratiche e risorse da utilizzare in classe; nel 2002 esso fu ufficialmente riconosciuto nel curriculum francese. Nel 2005 il successo del progetto e la necessità di gestione anche della formazione degli insegnanti, ha indotto l'apertura da parte dell'Accademia francese di un ufficio permanente, che Pierre ha diretto fino al 2011. Dal 2012 l'*Académie*, insieme alle *Ecoles normales supérieures* (Parigi e Lione) ha creato la *Fondation de coopération scientifique La main à la pâte*, con uno staff di 25 persone, dedicata all' Educazione scientifica, alla cooperazione internazionale ed in parte alla ricerca. La fondazione si occupa di pubblicazione di testi e dell'organizzaione di corsi di formazione. Pierre ne è stato il primo presidente (2011-2014). www.fondation-lamap.org e www.academie-sciences.fr/enseignement/generalites.htm.

Robin Millar

Il Professor Robin millar è Professore Emerito di Scienze dell'educazione all'*Università di York*, Inghilterra. Con una laurea in Fisica Teorica e un PhD in Fisica applicata alla medicina, si è formato come insegnante ed ha insegnato Fisica per otto anni nelle scuole superiori a Edimburgo prima di passare all'Università di York nel 1982.

Robin ha pubblicato molti lavori sui vari aspetti dell'insegnamento e dell'apprendimento della Scienza. Nella sua attività di ricerca si occupa in particolare dell'apprendimento della Scienza, della struttura e dello sviluppo del curriculum, e della valutazione dell'apprendimento della Scienza. Ha diretto progetti di ricerca sulle attività pratiche nell'apprendimento della Scienza e sulla percezione che gli studenti hanno della Scienza. Dal 1999 al 2004 è stato coordinatore della Rete di Ricerca *Evidence-based Practice in*

Science Education (EPSE). Ha partecipato a numerosi e importanti progetti di sviluppo del curriculum, tra essi *Science for Public Understanding* e *Twenty First Century Science* del quale ha curato i materiali per i corsi degli studenti della scuola secondaria.

Robin ha partecipato al progetto europeo *Labwork in Science Education* dal 1996 al 2000, ed è stato uno degli Esperti scientifici nel *Programme for International Student Assessment (studio OECD PISA)* nel 2006 e nel 2015.

E' stato presidente dell'*ESERA (European Science Education Research Association)* dal 1999 al 2003 e Presidente dell'*Association for Science Education* del Regno Unito nel 2002.

Michael Reiss

Michael Reiss è Professore di Scienze dell'Educazione *all'UCL Institute of Education*, Professore Esterno alle *Università di Leeds e York ed al Veterinary College*. Membro onorario della *British Science Association* e del *College of Teachers*, Docente all'*Università di Helsinki*, Direttore del Progetto *Salter-Nuffield Advanced Biology* e membro della *Academy of Social Sciences*. Ex *Director of Education* della *Royal Society*, ha scritto molto di curricula, pedagogia e valutazione nell'insegnamento delle scienze, negli ultimi vent'anni ha diretto ricerche e progetti di valutazione e consulenza, finanziati dall' UK Research Councils, governo, organizzazioni benefiche ed enti internazionali.

Patricia Rowell

Patricia Rowell è Professore Emerito presso il Dipartimento di Educazione Primaria dell'*Università di Alberta*. Si occupa di ricerca sulle strategie del discorso utilizzate nell'insegnamento e nell'apprendimento della Scienza di base in contesti formali e non. Le sue ricerche sono state finanziate da una serie di borse di studio federali. E' membro del *Centre for Mathematics, Science and Technology Education* dell'*Università di Alberta*, ed è stata responsabile della produzione di materiali per la formazione degli insegnanti. Ha lavorato come formatrice in *Namibia e Botswana* (2 anni in ciascuno dei paesi) e ha condotto workshop in Sudafrica, Cina, Cile e Australia. Ha ottenuto titoli accademici in Biochimica (*B.Sc.Honours, London; M.Sc., Oxford*) ed in Scienze dell'Educazione (*B.Ed., Ph.D, Università di Alberta*)

Wei Yu

La Professoressa Wei Yu è la fondatrice del *Key Laboratory of Child Development and Learning Science* del Ministero dell'Educazione alla. Nel corso della sua lunga carriera di insegnante e ricercatrice nel campo dell'elettronica ha conseguito risultati significativi nello sviluppo della bioelettronica e dell'elettronica molecolare e biomolecolare. Tra il 1993 ed il 2002, in qualità di viceministro dell'Educazione, ha collaborato alla riforma dell'Educazione superiore ed allo sviluppo dell'apprendimento a distanza.

Dal 1994 partecipa attivamente alla riforma dell'insegnamento delle Scienze nella scuola; come membro dell' *ICSU-CCBS*, dal 1994 al 2001, e del *IAP Science Education Programme*, dal 2002. Wei Yu ha sviluppato nuove ricerche interdisciplinari collegando neuroscienze e apprendimento. Contemporaneamente ha introdotto in Cina *Learning by Doing* un approccio all'insegnamento delle scienze *inquiry-based*, ed ha fondato il sito www.handsbrain.com. E' stata Presidente della *Revision Committee of National Standard of*

Science Education nella Scuola primaria in Cina. Nel 2010 ha ricevuto, insieme al suo gruppo di lavoro, il Premio Nazionale per la Riforma dell'Educazione di Primo Grado. L'Accademia delle Scienze Francese e la Saint Etienne Mining School le hanno conferito il *premio PuRkwa* per le pratiche innovative introdotte nell'insegnamento delle Scienze. E' un'accademica del CEA e ha ricevuto *Dottorati Honoris Causa da nove università al di fuori della Cina*.

Bibliografia

- AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1993). *Benchmarks for Science Literacy. Project 2016*. Oxford: Oxford University Press.
- AAAS. (2001). *Atlas of Science Literacy*. Washington, DC: AAAS and NSTA.
- Abrahams, I., and Reiss, M. J. (2012). Practical work: its effectiveness in primary and secondary schools in England, *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035-1055.
- Alberts, B. (2008). Considering science education. Editorial, *Science*, 319, March 2008.
- Alexander, R. (ed.) (2010). *Children, their World, their Education. Final report and recommendations of the Cambridge Primary Review*. London: Routledge.
- Biosciences Federation (2005). *Enthusing the Next Generation*. London: Biosciences Federation.
- Bransford, J.D., Brown, A. and Cocking, R.R. (eds) (2000). *How People Learn, Brain, Mind, Experience and School*. Washington, DC: National Academy Press.
- Bruner, J.S. (1960). *The Process of Education*. New York: Vintage Books.
- Butler, R. (1988). Enhancing and undermining intrinsic motivation: the effects of task-involving and ego-involving evaluation on interest and performance, *British Journal of Educational Psychology*, 58(1), 1-14.
- Carnegie and Institute for Advanced Study.(2010). *The Opportunity Equation Transforming Mathematics and Science Education for Citizenship and the Global Economy*. New York: Carnegie IAS.
- Concoran, T., Mosher, F.A. and Rogat, A. (2009). *Learning Progressions in Science*. Philadelphia, PA: Centre on Continuous Instructional Improvement, Teachers College, Columbia University.
- Devés, R. (2009). Science Education Reform in Chile (1990-2009). Paper prepared for the 2009 Loch Lomond Seminar.
- Duncan, R.G , Rogat, A.D. and Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 655–674.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H.A. Shouse, A.W. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington DC: The National Academies Press.
- European Commission. (2007). *Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. (Rocard Report) Brussels: European Commission.
- Fernandez de la Garza, G. (2009). Brief overview of the evolution of the science curriculum for the elementary schools in Mexico. Paper prepared for the 2009 Loch Lomond Seminar.
- Gustafson, B.J. and Rowell, P.M. (2000). Big Ideas (and some not so Big Ideas) for making sense of our world. A resource for Elementary Science Teachers. Edmonton: University of Alberta.
- Harlen, W. (2013). *Assessment and Inquiry-Based Science Education: issues in policy and practice*. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme: Trieste, Italy.
www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx
- Harlen, W. (2009). Teaching and learning science for a better future, *School Science Review*, 90 (333), 33 -41.
- Honey, M., Pearson, G. and Schweingruber, H. (eds) (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, prospects and an agenda for research*. Washington DC: The National Academies Press.
- Howard-Jones, P., Pollard, A., Blakemore, S-J., Rogers, P., Goswami, U., Butterworth, B., Taylor, E., Williamson, A., Morton, J. and Kaufmann, L. (2007). *Neuroscience and Education: Issues and Opportunities*, London: TLRP/ESRC.
- La main à la pâte. (1998). Ten principles of teaching. <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/105/principes-et-enjeux>
- La main à la pâte (2014). www.fondation-lamap.org
- Le Socle commun des connaissances et des compétences (France, 2006).
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/00/0/socle-commun-decret_162000.pdf

-
- Learning and Teaching Scotland/SQA (nd) *Curriculum for Excellence: Sciences experiences and outcomes*. http://www.educationscotland.gov.uk/Images/sciences_experiences_outcomes_tcm4-539890.pdf
- Léna, P. (2009). Big Ideas, core ideas in science - some thoughts. Paper prepared for the 2009 Loch Lomond Seminar.
- Mansell, W. James, M. and ARG (Assessment Reform Group). (2009). *Assessment in Schools. Fit for Purpose? A commentary by the ESRC Teaching and Learning Research Programme*. London: ARG and TLRP.
- Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework*. (October 2006). <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/1006.pdf>
- Miaoulis, I. (2010). K-12 Engineering – the Missing Core Discipline. In (eds) D. Grasso and M. Brown Burkins *Holistic Engineering Education beyond Technology*. New York: Springer.
- Millar, R. (2009) 'Big Ideas' in science and science education. Paper prepared for the Loch Lomond seminar.
- Millar, R. and Osborne, J. (1998). *Beyond 2000. Science Education for the Future*. London: King's College School of Education.
- Mohan, L., Chen, J. and Anderson, C.W. (2009). Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 675–698.
- NAEP (2008) *Science Framework for the 2009 National Assessment of Educational Progress*. National Assessment Governing Board, US Department of Education.
- NRC (National Research Council). (1995). *National Science Education Standards*. Washington DC: The National Academies Press.
- NRC (National Research Council). (2012). *A Framework for K-12 Science Education*. Washington DC: The National Academies Press.
- NRC (National Research Council). (2014). *Developing Assessment for the Next Generation Science Standards*. Washington DC The National Academies Press.
- Oates, T. (2009). Missing the point: identifying a well-grounded common core. Comment on trend in the development of the National Curriculum. *Research Matters*, October 2009.
- Oates, T. (2012). *Could do better: Using international comparisons to improve the national Curriculum in England*. Cambridge Assessment www.nationalnumeracy.org.uk/resources/30/index.html
- OECD. (2007). *Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science*. Paris: OECD.
- Pellegrino, J.W., Chudowsky, N. and Glaser, R. (eds) (2001). *Knowing what Students Know: The Science and Design and Educational Assessment*. Washington, DC: National Academy Press.
- Songer, N.B., Kelcey, B. and Gotwals, A.W. (2009). How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 610–631.
- Twenty-First Century Science specifications; Science Explanations and Ideas about Science http://www.ocr.org.uk/campaigns/science/?WT.mc_id=sciencecp_300310
- Wilson, M. and Draney, K. (2009). On coherence and core ideas. Paper commissioned for the NRC Board of Education meeting, August 17 2009.
- Wei Yu. (2009). *A Pilot program of "Learning by Doing" in China's Science Education Reform*. Nanjing: Research Centre of learning Science, Southeast University.
- Wellcome Trust. (2014). *How neuroscience is affecting education: a report of teacher and parent surveys*. www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@msh_peda/documents/web_document/WTP055240.pdf
- Zimba, J. (2009). *Five areas of core science knowledge: What do we mean by 'STEM-capable'?* Paper prepared for the Carnegie – Institute for Advanced Study Commission on Mathematics and Science Education (see Carnegie and IA

Cinque anni fa, nel 2010, la pubblicazione di *Principi e Grandi Idee dell'Educazione scientifica* ha fornito argomenti a sostegno di un'Educazione scientifica degli studenti che permettesse loro di sviluppare un numero relativamente esiguo di *Big Ideas della Scienza e sulla Scienza*. Quello che è accaduto da allora, sia nella vita di ogni giorno che in campo educativo ha incoraggiato un intervento in tal senso. I riscontri ottenuti da coloro che l'hanno utilizzato in molti paesi del mondo hanno confermato che le idee identificate restano valide e si sono riflesse anche nelle riforme di alcuni curricula nazionali.

Tuttavia i benefici potenziali di un apprendimento che sia profondo, piuttosto che ampio ma sordinato, dipendono dai cambiamenti della pratica in classe. Pertanto questa pubblicazione, che è il seguito di quella precedente, illustra il lavoro successivo dello stesso gruppo internazionale di scienziati e formatori scientifici prestando maggiore attenzione a che cosa significhi lavorare verso l'acquisizione delle *Big Ideas*. Sono passate in rassegna le *Big Ideas* declinate per il loro progressivo sviluppo nei diversi livelli scolari, le implicazioni per i contenuti curriculari, la pedagogia, la valutazione formativa e sommativa, lo sviluppo professionale e la valutazione dell'insegnamento.