

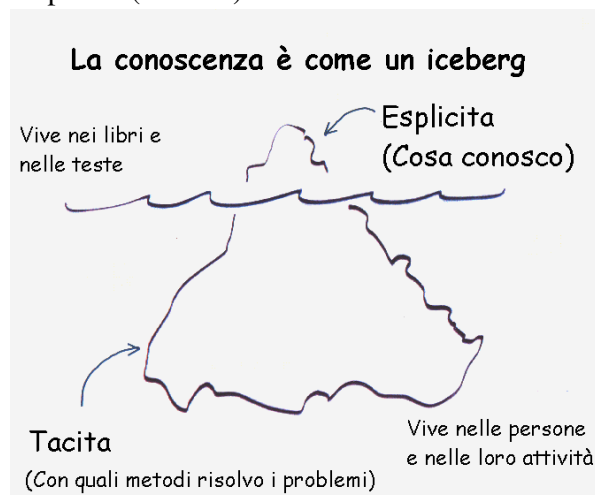
L'insegnamento – apprendimento delle scienze: formale o informale ?

Prof. Giuseppe Valitutti
Università di Urbino "Carlo Bo"
gvalitutti@virgilio.it

Insegnare a pensare è lo scopo primario dell'educazione. Insegnare a pensare vuol dire rafforzare e consolidare il giudizio ragionato dell'allievo. In quale misura la padronanza dei contenuti formali e informali può aiutare a sviluppare i processi mentali implicati ?

Ci sono ricerche quantitative effettuate in Ungheria (Benő Csapó 2006), in Finlandia e Norvegia che spiegano come l'apprendimento formale, praticato in classe, sia di scarsa utilità per far crescere intellettualmente gli studenti e per renderli capaci di applicare le conoscenze scolastiche per risolvere i problemi quotidiani. Anche se la scuola trasferisce una serie importante di conoscenze è stata trovata una minima differenza nelle abilità di ragionamento fra gli allievi della stessa età, ma appartenenti a gruppi diversi e con diverso curriculum scolastico. "La conoscenza scolastica è difficilmente trasferibile e applicabile fuori del contesto scolastico. Alcune capacità si sviluppano con tale lentezza da impedire l'organizzazione della conoscenza e la comprensione dei processi". Altri ricercatori fanno un ragionamento di tipo qualitativo. Essi ritengono che il rallentamento della crescita intellettuale degli allievi sia dovuto ad altri fattori, che non sono misurabili. Secondo costoro, le stagioni della scolarità di massa e i mass-media televisivi hanno livellato le coscienze e la disponibilità della gente a leggere e a riflettere.

Sally Anne Moore ha provato che solo il 25 % , di quanto si sa fare, è frutto dell'apprendimento formale e il restante 75 % è stato acquisito attraverso l'apprendimento informale, il cosiddetto tacito apprendimento. Per dare forma a questi numeri John Seely Brown ha inventato la metafora dell'iceberg. La parte emersa rappresenterebbe la conoscenza formale o esplicita, che si conquista in classe, e la parte nascosta dell'iceberg sarebbe la conoscenza tacita o informale, che si costruisce esternamente alla scuola. Secondo l'autore americano la conoscenza tacita (informale) è più estesa e duratura della conoscenza esplicita (formale).



Cerchiamo ora di vedere in quale misura gli apprendimenti formale e informale interagiscono l'uno con l'altro (17). Come prima cosa si deve dire che l'educazione *informale non* deve essere accreditata come una forma secondaria di apprendimento, il cui scopo principale sarebbe quello di aprire la strada all'apprendimento *formale*. L'apprendimento informale, invece, deve essere considerato fondamentale, necessario e valido di per sé, perché rende possibile l'applicazione, di quanto appreso anche esternamente alle aule scolastiche, nella risoluzione di problemi reali. Ma le competenze, conquistate in maniera informale, sono di aiuto solo agli allievi di quelle organizzazioni scolastiche che hanno regole, disciplina e strutture per realizzare tali aperture

didatticamente innovative. L'equilibrio fra le attività formali e informali non è facile da raggiungere. La conoscenza formale rappresenta la parte rigida dell'organizzazione scolastica, spesso preoccupata solo del completamento del programma di studio. La conoscenza informale, invece, favorisce la coordinazione col mondo esterno e l'esplorazione del nuovo. Ma l'apprendimento informale, senza il rigore e l'organizzazione dell'attività formale, diventa ingovernabile e di scarso valore formativo. D'altro canto, l'attività formale in classe, senza la parallela esperienza informale, può comportare l'inaridimento della creatività, fonte di qualsiasi pensiero innovativo.

In conclusione, l'educazione non è un rito di passaggio dalla fanciullezza all'età matura, che comporta l'acquisizione di sufficienti conoscenze e qualificazioni. L'educazione, che non si preoccupa soltanto di inculcare un corpo solido di conoscenze, deve sviluppare molte importanti capacità, per esempio:

1. la capacità di comunicazione (leggere, scrivere e calcolare);
2. la capacità di agire responsabilmente verso gli altri;
3. la capacità di prendere iniziative, di lavorare creativamente, di lavorare in collaborazione;
4. la capacità di risolvere problemi reali (problem – solving).

Ma le capacità più importanti, che la scuola deve far germogliare in ciascun allievo, sono la motivazione e il desiderio di apprendere, anche dopo aver concluso il normale percorso scolastico.

1. Cosa sappiamo sull'apprendimento ?

Le ricerche educative hanno messo in evidenza gli aspetti sociali dell'apprendimento, accanto a quelli pedagogici. Nel 1997 Alex Johnstone (13) elencò i principali requisiti perché ci sia una buona organizzazione dell'apprendimento: 1) l'apprendimento è controllato da ciò che già si conosce e si comprende; 2) come si apprende è condizionato dal proprio stile di apprendimento; 3) perché l'apprendimento sia significativo, si deve collegare il nuovo con quanto già si conosce (D.P.Ausubel;J.D.Novak, 1978) (3); 4) la quantità di materiale che si può manipolare mentalmente (nell'unità di tempo) è limitata; 5) bisogna verificare la padronanza di quanto appreso in continuazione; 6) si consolida l'apprendimento, ponendosi domande su quello che si sta facendo nella propria mente; 7) i problem-solving hanno un ruolo centrale nell'apprendimento; 8) si devono sviluppare le qualità logiche, critiche e creative; 9) gli allievi devono avere l'opportunità di insegnare agli altri, nei gruppi che collaborano, per rafforzare quanto conosciuto. Quali sono le idee più importanti fra quelle elencate sopra, che possono aiutare nel loro lavoro gli insegnanti ? Una meta-analisi su 323 lavori di ricerca (11) ha rivelato che le strategie di apprendimento cooperativo e di problem-solving esaltano l'apprendimento delle scienze in generale. Le interazioni fra studenti, impegnati in apprendimento cooperativo, portano al chiarimento di tutti i dubbi, alla maggiore comprensione concettuale e al miglioramento delle abilità di problem-solving (13). Le attività di problem-solving, che si realizzano in classe, in laboratorio o nei Musei della Scienza, consentono la collaborazione degli allievi, suddivisi in piccoli gruppi di tre o quattro persone. La strategia di apprendimento cooperativo in classe va progettata e organizzata in anticipo, proponendo ai gruppi di lavoro problemi con difficoltà variata, a seconda della classe e dei prerequisiti posseduti. Per una più puntuale informazione sulle strategie di apprendimento cooperativo, consultare il libro di Mario Comoglio *Educare Insegnando* (6) e le altre pubblicazioni citate (5, 7, 8, 12).

La ricerca educativa internazionale è giunta anche alla seguente importante conclusione: l'apprendimento cooperativo spinge gli studenti verso la comprensione significativa delle scienze, senza costringerli alla brutale memorizzazione di fatti e teorie (12). "La qualità e la natura del processo cognitivo, ha scritto J.Dudley Herron (11), che si mette in moto, quando gli studenti provano a spiegare agli altri un'idea oppure provano a capire la spiegazione di un collega, comporta l'uso di strategie metacognitive, utilissime per la crescita intellettuale ".

2. Il modello metacognitivo di ricerca guidata

“In molte città c’è un orologio che batte le ore (con la campana grande) e i quarti d’ora o la mezz’ora (con la campana piccola). Nelle 24 ore, quante volte le due campane complessivamente danno un unico rintocco ? Evidentemente, quando c’è il rintocco della campana grande l’altra campana tace e viceversa “. La risposta, apparentemente banale, che ciascuno darà al quesito presuppone l’uso di un gesto mentale metacognitivo, di una riflessione critica prolungata su fatti noti. Che cos’è allora la metacognizione e qual è il suo ruolo nelle investigazioni sperimentali ? La metacognizione è un termine più specifico della *riflessione critica*. L’oggetto della riflessione metacognitiva riguarda sempre qualcosa (evento o pensiero) che già *conosciamo*. Secondo Flavell J.H. (1976) “Interrogarsi su quello che conosciamo può servire sia per migliorare la propria conoscenza (aspetto *cognitivo*) sia per *controllare* la completezza e la padronanza di quanto conosciamo (aspetto *metacognitivo*)”. La metacognizione è un gesto mentale più specifico dell’atto della riflessione critica e, comunque, diverso dai processi cognitivi generali. L’atto mentale della metacognizione è sempre una riflessione basata su una esperienza o su un pensiero personale. In un certo senso è difficile distinguere la metacognizione dalle attività per acquisire la conoscenza. In definitiva, si può dire che la metacognizione è il gesto mentale necessario per approfondire e per comunicare meglio ciò che abbiamo appreso.

La riflessione metacognitiva sul suono delle campane è analoga alle ripetute riflessioni durante le tappe diverse di una investigazione sperimentale. Altre buone *riflessioni metacognitive riguardano l’uso delle tabelline nel calcolo mentale rapido*. Ma qual è la risposta al quesito di partenza ? Ci sono 3 occasioni, nelle 24 ore, in cui le campane suonano 1 sola volta: all’una di notte e all’una di giorno (sono le due occasioni in cui suona solo la campana grande) e alle 0,15 di notte (c’è il solo rintocco della campana piccola). Passiamo ora a descrivere quali sono le tappe della ricerca guidata.

Gli esseri umani sono stati sempre affascinati dai misteri e dalle relative indagini per arrivare alla soluzione dei casi. Sherlock Holmes è il personaggio ideale di ricercatore, che risolve problemi intricati e trova la soluzione di tanti misteri, mediante indagini sperimentali.

Secondo Feynman ed Einstein, il metodo scientifico si sviluppa lungo un percorso che prevede più tappe. Una buona organizzazione del percorso insegnamento – apprendimento delle discipline scientifiche prevede la scelta iniziale delle *idee centrali* delle singole discipline (2, 14, 15), affinché gli allievi possano:

- (1) concentrare la loro attenzione su un numero limitato di concetti e quindi avere più tempo per risolvere problemi, per comprendere in maniera profonda e, in definitiva, apprendere significativamente;
- (2) fare pratica sui processi di indagine scientifica (compresa la produzione di ipotesi, la creazione di teorie e modelli, l’uso di strumenti e la collaborazione fra pari) che sono gli elementi della cultura scientifica;
- (3) riflettere metacognitivamente sul proprio pensiero, durante ogni fase dell’indagine sperimentale.

Nel corso della fase di progettazione e di esecuzione di un esperimento ci sono diversi momenti di riflessione metacognitiva. La prima riflessione metacognitiva riguarda la scelta organizzata delle apparecchiature e dei materiali da usare. Seguono altre riflessioni, durante i vari passaggi investigativi, che possono essere rinforzati dalla pratica di annotare sul proprio quaderno gli aspetti più significativi osservati (cambiamenti di stato fisico, cambiamenti di colore, sviluppo di bollicine) oppure costruire una mappa concettuale. C’è poi la riflessione metacognitiva finale, quando si passa alla stesura della *comunicazione* riguardante i vari aspetti dell’indagine, preceduta dalla costruzione della mappa concettuale che riassume tutto il percorso investigativo.

Qual è il ruolo dell’insegnante in questo processo di costruzione e consolidamento della conoscenza ? Il docente guida le varie fasi con appropriate domande, volte alle riflessioni metacognitive di quanto gli allievi stanno facendo con le mani e con la propria mente. Inoltre, prepara per gli allievi un elenco di siti da visitare ove trovare materiali ad hoc (secondo la logica del WebQuest, che discuteremo più avanti), con lo scopo di costruire il modello interpretativo. Ecco in sintesi il modello di *ricerca guidata* che si basa su 5 passaggi:

Modello metacognitivo di ricerca guidata

1. Proporre un domanda → 2. Controllare le ipotesi → Progettare l'investigazione → Interpretare i dati → Applicare

1) Proporre una domanda

La classe discute e riflette su una domanda proposta dall'insegnante, da un allievo o letta sul libro di testo. Questa discussione aiuta la classe a precisare meglio la domanda.

“Quali sono i prodotti della combustione di una candela ?” La risposta alla domanda si può dare eseguendo l'esperimento, osservando il fenomeno e raccogliendo i dati. Le investigazioni scientifiche si realizzano, dunque, a partire da domande e le risposte ottenute sono confrontate con quelle di altri ricercatori o allievi, che hanno compiuto analoghe indagini sperimentali. Lo stesso procedimento si applica in classe coi gruppi che collaborano. Gli scienziati usano diversi tipi di indagini, per trovare le risposte alle loro domande. Le indagini possono comportare la descrizione di oggetti e di organismi, la loro classificazione e la progettazione di un esperimento controllato.

2) Controllare le ipotesi

La modalità di porre domande è una strategia tipica del “Metodo di ricerca guidata “. Prima di procedere alla vera e propria investigazione, si fanno delle previsioni e delle ipotesi di quello che potrebbe accadere nelle varie situazioni.

“Se la candela brucia *allora* si ottiene acqua *e* anidride carbonica “. Per verificare tale ipotesi si accende la candela e si osserva l'esperimento della combustione, raccogliendo tutte le informazioni necessarie.

3) Progettare l'investigazione

Si passa poi alla indagine, che può avvenire in laboratorio, in classe, nell'ambiente esterno oppure al computer. Si cerca di investigare sperimentalmente qualsiasi ipotesi, anche la più stravagante. Consultando la Tavola Periodica, per esempio, si trova che il sodio metallico ha una bassa densità, inferiore a quella dell'acqua. Perché, allora, non si costruiscono automobili leggere in sodio metallico, che ci farebbero risparmiare sul costo dei carburanti ?

Per verificare l'ipotesi della produzione d'acqua, durante la combustione della candela, cosa bisogna fare ? Tutti i materiali combustibili producono acqua ? Se sì, quali prove sperimentali possiamo fornire ? Più difficile è l'indagine sperimentale della produzione di CO₂. Per fortuna esiste un colorante, chiamato BTB, che cambia colore (da blu a verde-giallo) in presenza di CO₂. La figura seguente mostra l'esperimento, fatto dai bambini di una V elementare, che conferma la validità delle due ipotesi avanzate.

Le combustioni possono produrre altri prodotti tossici ?

4) Interpretare i dati

Dopo l'indagine sperimentale si procede a definire la legge o il modello che sia in grado di spiegare i fatti accertati. Spesso conviene raccogliere i dati in tabelle oppure costruire grafici, dai quali si determinano gli andamenti e si ottengono le informazioni necessarie per la soluzione del problema. Supponiamo di dover risolvere il seguente problema. “Hai a disposizione alcuni oggetti metallici. Sono formati dallo stesso metallo oppure da metalli diversi ?” Il problema si risolve considerando una proprietà, per esempio la densità, che rimane costante qualunque sia la dimensione dell'oggetto esaminato. Si costruisce una tabella a quattro colonne, come la seguente; per avere la soluzione, si scrivono i dati raccolti per tutti gli oggetti e poi si calcolano le rispettive densità.

Oggetto	Massa	Volume	Densità: massa/volume

Se le densità calcolate, tenendo conto degli errori sperimentali, hanno valori molto vicini fra loro allora si può ritenere, con alta probabilità, che gli oggetti siano costruiti con lo stesso metallo. “Qual è il metallo incognito?” La identificazione del metallo, se è puro, la si può fare consultando la Tavola Periodica degli Elementi, in fondo al libro di testo. Prima si calcola la media delle densità dei vari oggetti e poi si confronta la media coi valori della Tavola Periodica, per trovare il metallo incognito. Lo scopo del calcolo della media è quello di impedire le falsificazioni o di <piegare i risultati> alle esigenze della <teoria>. Purtroppo, il lavoro in classe è diventato una specie di bastione dogmatico “della teoria e dei principi ” piuttosto che il centro di un realistico scetticismo.

5) Applicare

Si applica, infine, ad un nuovo caso il modello, negoziato con la discussione fra i vari gruppi. Per esempio, si può indagare e si possono trovare le risposte, per via sperimentale, al seguente quesito. “La respirazione cellulare, che avviene alla temperatura del nostro corpo, è un processo di combustione analogo o diverso da quello della candela?” Che l’acqua, eliminata col respiro, sia uno dei prodotti di scarto delle cellule lo si dimostra soffiando su uno specchio freddo. L’appannamento del vetro è la prova che uno dei prodotti è proprio l’acqua. La presenza della CO₂ nell’aria espirata si determina insufflando con una cannucina, per due o tre minuti, in una soluzione blu di BTB. Se il colore cambia da blu a verde – giallo, l’aria espirata contiene anche anidride carbonica.



3. La strategia dei piccoli passi

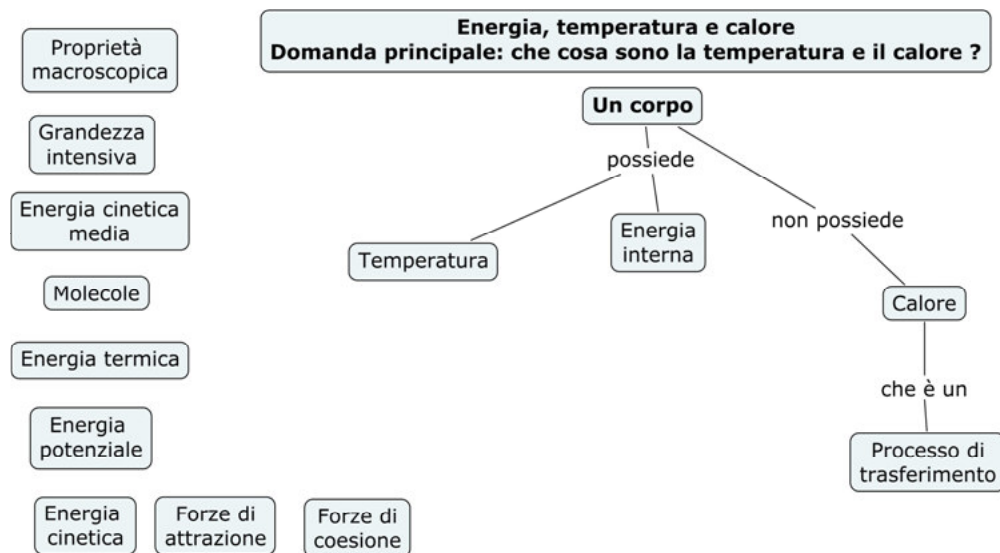
L’approccio didattico che si propone è quello chiamato *strategia dei piccoli passi* ovvero il passaggio graduale dall’insegnamento alla lavagna all’insegnamento basato su indagini sperimentali, prima in classe o in laboratorio e poi nei Musei della scienza. Per aiutare i discenti a costruire le abilità sperimentali e a risolvere problemi reali, i docenti iniziano a dare loro responsabilità ed autonomia nelle attività in classe e in laboratorio. Invece di proporre agli studenti, per esempio, un esperimento dettagliatamente descritto, l’insegnante fornisce agli allievi solo le indicazioni di massima. Gli studenti, partendo da queste indicazioni, discutono nel gruppo in

collaborazione e progettano la risoluzione sperimentale del problema. Tale strategia didattica rafforza l'autonomia e la responsabilità di ciascuno verso la costruzione del proprio apprendimento. Il docente osservando i comportamenti degli allievi, durante le fasi della progettazione e della risoluzione sperimentale del problema, può meglio valutare la padronanza delle abilità di ciascuno. In caso di approcci non del tutto espliciti e validi nella procedura, il docente fornisce qualche aiuto indiretto con opportune domande, "Hai controllato il corretto uso dell'apparecchiatura? Come ricavi i dati sperimentali di quella variabile?" Il passaggio dalla didattica alla lavagna a quella sperimentale (in classe o in laboratorio) non è un fulmine a ciel sereno ma si realizza, come si diceva, con la *strategia dei piccoli passi*. Ci si deve armare di *pazienza, perseveranza e prudenza*, se si vuole trasformare la lezione tradizionale di scienze in una lezione che preveda *anche* investigazioni. Ma il tempo impiegato in questa trasformazione è tempo speso bene. Agli allievi viene data completa autonomia e responsabilità, durante lo svolgimento delle attività investigative, perciò essi hanno l'opportunità di sviluppare pure altre abilità metacognitive, per esempio imparano a interpretare i dati e a comunicare, in forma corretta, i risultati acquisiti durante l'indagine. Per apprendere i concetti scientifici ciascun allievo deve porsi delle domande ad hoc sul mondo che lo circonda. Poi, pianifica le investigazioni, per trovare una o più risposte alle sue domande, raccoglie con cura i dati durante l'indagine e, infine, spiega il significato dei dati acquisiti. Qual è il compito dell'insegnante in questo percorso investigativo per rispondere ai quesiti? È quello di un allenatore, il quale guida gli allievi, come si diceva, con appropriate domande indirette e propone loro *attività sperimentali semplici*. La seguente attività si può fare in V Elementare e alla Scuola Media e comporta l'uso di materiale poco costoso. Per esempio, è possibile acquistare nei mercatini una piccola bilancia digitale dal costo contenuto (appena 12 €) con la quale si possono fare molte esperienze che sviluppano le abilità metacognitive.

Attività

- **Un falegname può costruire 10 diversi piccoli parallelepipedi (oppure sfere, piramidi, cilindri) di un particolare tipo di legno, che si distribuiscono ai gruppi (di 3, 4 o 5 allievi). I gruppi determinano alla bilancia digitale la massa del proprio parallelepipedo e calcolano il volume servendosi del righello. Con questi dati determinano la densità (in V elementare). L'insegnante procura legni diversi (tek, ebano, mogano, rovere) e gli allievi confrontano le rispettive densità. Quale legno galleggia sull'acqua e quale affonda?**
- **Alla scuola media, gli allievi determinano il peso (cioè una forza), diverso dalla massa dell'oggetto, e lo esprimono in newton N. Determinano poi le tre pressioni (pressione = forza/superficie = N/m^2) esercitate dal solido, a seconda della sua superficie di appoggio. Corredano l'esperimento di foto digitali.**

Quali altri suggerimenti si possono dare agli insegnanti, in assenza di indagini sperimentali da compiere? La spiegazione di un argomento può essere preceduta dal disegno alla lavagna di una mappa esperta, come la seguente, che riassume l'argomento della lezione.



Terminata la lezione – spiegazione di “Cosa sono temperatura e calore ” (circa 20 minuti), seguono 3 o 4 quesiti a scelta multipla sull’argomento, come i seguenti, per accertare il grado di comprensione.

1. Quali sono proprietà intensive ? I Volume II Densità III Temperatura
A. Solo II B. Solo III C. Solo II e III D. Solo I e II
2. La temperatura di un oggetto misura: A. l’energia cinetica molecolare totale B. l’energia cinetica molecolare media C. l’energia potenziale molecolare totale D. l’energia potenziale molecolare media.
3. L’energia termica di un oggetto (sistema):
A. è la somma dell’energia cinetica di tutte le particelle componenti
B. è la somma dell’energia potenziale di tutte le particelle componenti
C. è dovuta all’agitazione di atomi, ioni e molecole costituenti
D. è la somma dell’energia cinetica e dell’energia potenziale di tutte le particelle che lo compongono.

L’insegnante, successivamente, assegna per casa i seguenti compiti. Per tutti i quesiti a scelta multipla, risolti in classe, gli allievi dovranno:

- spiegare le ragioni della scelta fatta (è il momento della riflessione critica e della metacognizione, indispensabili per consolidare la comprensione e rendere duraturo l’apprendimento);
- ricostruire la mappa scheletro, presentata a lezione dal professore. Per la ricostruzione possono usare il software gratuito *cmap*, che si scarica da <http://cmap.ihmc.us> .

Infine, c’è un’altra domanda a cui rispondere. Le modalità di valutazione possono aiutare a migliorare l’apprendimento ? La risposta è positiva, purché si scelga una strategia di valutazione autentica.

4. Le valutazioni internazionali (PISA)

Le prove di valutazione delle competenze degli allievi di 15 anni del ‘Program for International Student Assessment ‘ hanno penalizzato il nostro paese, che si è classificato al 26° posto nella graduatoria internazionale. Ma se si aggregano i risultati, conseguiti nelle prove dagli allievi di 5 Regioni del Centro – Nord (Lombardia, Veneto, Trentino, Emilia, Toscana), si sale al quinto posto della graduatoria. Una analisi dettagliata dei risultati è stata fatta dall’Isp.Prof.Alessandro Militerno

ed è a disposizione dei docenti sul sito www.leparoledellascienza.it. La posizione conquistata dalle 5 Regioni del Centro – Nord può trovare una parziale spiegazione. Sembra che gli IRRE di quelle Regioni, in accordo con gli uffici USR, abbiano impegnato molte risorse per diffondere sul territorio le moderne tecniche valutative e che le indagini internazionali richiedono. Analogo comportamento virtuoso non è stato tenuto dalle altre Regioni. Ma vediamo da vicino quali sono i processi mentali e le competenze richieste dal PISA.

Il progetto PISA ha stabilito che la **competenza scientifica** si conquista attraverso i seguenti 3 processi mentali:

- **Processo 1** Descrivere, spiegare e prevedere fenomeni scientifici
- **Processo 2** Comprendere un'indagine di tipo scientifico
- **Processo 3** Interpretare dati e conclusioni scientifiche

Mediante il primo processo gli studenti sanno descrivere e spiegare i fenomeni scientifici utilizzando i concetti appresi in classe.

Il secondo processo comprende le capacità di identificare i dati necessari in una determinata indagine: elementi da confrontare, variabili da controllare o modificare, ulteriori informazioni da acquisire. Come si vede è centrale l'autonomia dello studente nella ricerca delle informazioni e, pertanto, si tratta di *valutazione autentica*.

Il terzo processo riguarda la necessità di scegliere, tra diverse alternative, la conclusione più coerente con i dati disponibili e riflettere sulle implicazioni sociali della stessa conoscenza. Anche questo processo mentale ricade nell'ambito della valutazione autentica.

Le prove del PISA riguardavano spesso attività informali, esterne alla scuola, in cui i concetti scientifici, appresi in classe, potevano essere applicati.

I quesiti si proponevano di verificare se l'apprendimento fosse andato oltre l'acquisizione di fatti isolati e se esso avesse promosso lo sviluppo di una effettiva competenza scientifica.

Una parte non marginale era riservata ai problem – solving (4, 19, 20, 21, 22) che si proponevano di far conquistare le seguenti competenze:

- Migliorare la capacità a risolvere problemi reali.
- Favorire i processi cognitivi, come la lettura con comprensione del problema, la riflessione metacognitiva su come risolvere il problema.
- Potenziare le capacità di prendere decisioni, di analizzare e progettare sistemi, di individuare le cose che vanno e che non vanno.
- Arricchire le competenze interdisciplinari e di comunicazione, specialmente scritta.
- Perfezionare le capacità di ragionamento: analitico, quantitativo, analogico, combinatorio.
- Consolidare le capacità di leggere e di creare tabelle, grafici e di raccogliere dati.

Ecco un esempio di quesito che gli insegnanti potrebbero imparare a costruire per preparare i propri allievi a superare le prove valutative come quelle proposte dal PISA.

Quesito 1 da Oliver Sachs (18) – Zio Tungsteno – Adelphi

“Quando riempio un palloncino di anidride carbonica, esso precipitava pesantemente sul pavimento, e ci rimaneva: mi chiedevo che sarebbe successo a riempire un pallone con un gas davvero denso, per esempio lo xeno (quattro volte e mezzo più denso dell'aria). Quando ne accennai a zio Tungsteno, egli mi parlò di un composto del tungsteno – l'esafluoruro di tungsteno, per la precisione – il quale è 10,3 volte più denso dell'aria, cioè il vapore più pesante conosciuto. Io avevo delle fantasie, immaginavo che si potesse scoprire o produrre un gas denso come l'acqua e poi farci il bagno e galleggiarci sopra, come si galleggia nell'acqua. C'era qualcosa nell'idea di galleggiamento – nel galleggiare e nell'affondare – che continuava a sconcertarmi e a eccitarmi”.

1. Conoscendo la densità dell'elio (0,1785 g/L), che si ricava dalla Tavola Periodica, e il suo peso atomico (4,00) e la densità dello xeno (5,8971 g/L), calcola il peso atomico dello xeno.
2. Perché lo xeno è molto più denso del leggerissimo elio, un altro gas nobile ?

3. L'esafluoruro di tungsteno è circa 10,3 volte più denso dell'aria perché: A. le sue molecole sono 10,3 volte più pesanti del peso molecolare medio dell'aria B. sono molecole di un composto metallico C. il composto metallico occupa un volume minore dell'aria D. il composto del tungsteno occupa un volume maggiore
4. Quale gas contiene più molecole in condizioni identiche di temperatura e pressione ? A. 1 L di fluoro B. 1 L di idrogeno C. 1 L di esafluoruro di tungsteno D. sono uguali in A. B. C.
5. Quale campione di gas contiene il maggior numero di molecole ?
A. 2 g di fluoro B. 2 g di azoto C. 2 g di idrogeno D. sono uguali in A. B. C.
6. Quale gas ha maggiore densità ? A. azoto B. fluoro C. idrogeno D. ossigeno.
7. La densità dell'aria è circa 1,2 g/L a temperatura ambiente. Qual è la densità dell'esafluoruro di W ?
8. Un palloncino pieno di gas WF_6 in acqua:
A. galleggia B. affonda C. non galleggia e non affonda D. affonda a $10^\circ C$.

Per finire, un'ultima considerazione. Gli insegnanti si devono convincere che l'apprendimento migliora significativamente, se c'è forte collaborazione fra i docenti della stessa classe. La collaborazione deve riguardare le metodologie di insegnamento e di valutazione, prima ancora del coordinamento dei contenuti. Se i criteri di valutazione della conoscenza e della comprensione – competenza saranno condivisi dalla maggioranza dei docenti, crescerà la qualità dell'apprendimento degli allievi.

5. Motivazione e valutazione autentica

L'apprendimento e il buon esito di una carriera scolastica sono influenzati, a parità di capacità cognitive, dalla motivazione e dal concetto di sé dell'allievo. Una scarsa autostima e poche motivazioni rivestono spesso un ruolo decisivo nei casi di rendimento scadente, di reazioni eccessive alle difficoltà e agli insuccessi, di abbandono scolastico.

Da ciò nasce la necessità che si sviluppi e si consolidi la cultura di una *valutazione autentica*, basata pure sul contributo di auto valutazione degli alunni. La valutazione acquista un particolare rilievo nel favorire una realistica conoscenza di sé e nel promuovere processi motivazionali capaci di sostenere lo sviluppo delle potenzialità individuali. Lo schema sottostante mette a confronto la valutazione tradizionale con la valutazione autentica, la prima basata principalmente su quesiti a scelta multipla e la seconda su problemi reali oppure su quesiti con spiegazione e giustificazione della risposta.

Valutazione

Tradizionale ----- Autentica

Selezionare una risposta ----- Eseguire un compito

Teorica ----- Reale

Mnemonica ----- Costruttivista/Applicativa

Strutturata dal docente ----- Strutturata dall'allievo

Evidenza indiretta ----- Evidenza diretta

Valutare una isolata abilità o un singolo concetto, appreso dall'allievo, non misura effettivamente le sue capacità. Per valutare accuratamente che cosa una persona ha veramente appreso, il metodo di valutazione deve esaminare le capacità complessive dell'allievo. Questo specifico obiettivo è raggiunto principalmente dalla valutazione autentica, che consiglia allo studente di risolvere problemi reali, i quali richiedono l'uso coordinato di tutte le abilità in suo possesso.

Gli elementi di una valutazione autentica sono i seguenti:

1. Raccomandare allo studente di costruire le risposte ai quesiti, anche per via sperimentale, piuttosto che selezionare una predeterminata risposta in quesiti a scelta multipla.
2. Usare le abilità di pensiero critico e metacognitivo insieme alle abilità di base.
3. Valutare complessivamente i problemi risolti dall'allievo.
4. Sintetizzare i concetti acquisiti in classe, anche mediante la ricostruzione di una mappa concettuale esperta e la riorganizzazione dei dati raccolti, per via sperimentale, in apposite tabelle.
5. Valutare tutti i lavori raccolti dall'allievo nel suo portfolio.
6. Negoziare con lo studente i criteri di valutazione e di autovalutazione dei gruppi che collaborano.

Un esempio interessante di valutazione autentica, messo a punto dalla Prof.ssa Lucia Stelli di Pisa, è il seguente e si sviluppa in sei passaggi. La Prof.ssa Stelli ha modificato il modello WebQuest, inventato da Bernie Dodge della San Diego State University: "Un webquest è un'attività da svolgersi in internet, **basata sul *problem solving***. Le informazioni (in tutto o in parte), di cui necessitano gli studenti, sono risorse selezionate del ciber spazio ". Il percorso, per arrivare alla valutazione autentica, è il seguente:

1. **L'insegnante propone il problema da risolvere.** Per esempio, su quali criteri si basa la classificazione moderna di acido e di base ?
2. **Si formano i gruppi di lavoro** con 3,4,5 allievi e si stabiliscono i termini di consegna (due settimane).
3. **Il docente consegna a ciascun gruppo la scheda di lavoro e un breve elenco di 4 o 5 siti,** oltre al libro di testo, da cui ricavare informazioni per compilare la scheda.
4. **I gruppi risolvono il problema** e compilano la scheda.
5. **I gruppi si scambiano le schede e le valutano (valutazione autentica).** Gli allievi negoziano, dopo discussione, la forma della scheda finale della classe.
6. **I gruppi comunicano la ricerca,** riassunta in tabella, a qualche scienziato del '700 o dell'800, per esempio ad Arrhenius, quando la classificazione degli acidi e delle basi era diversa da quella odierna.



I quesiti a scelta multipla possono diventare uno strumento efficace per valutare la comprensione – competenza raggiunta dagli allievi su un particolare concetto. Per raggiungere tale risultato, si opera in questa maniera: si propone un quesito a scelta multipla e si chiede di spiegare le ragioni della risposta scelta. Gli studenti così imparano a riflettere metacognitivamente sul proprio pensiero e a dare una risposta ragionata al test proposto. Sulla base delle risposte fornite si stabilisce l'entità della comprensione – competenza. Ecco un esempio di quesito in questa tipologia:

1. Gli elementi del Primo Gruppo della Tavola Periodica:

- A. si trovano liberi in natura;
- B. nei composti hanno carica ionica +2;
- C. si trovano in natura sotto forma di sali;
- D. sono metalli resistenti alla corrosione.

Spiega le ragioni della tua risposta.

Molti materiali riguardanti questo articolo sono scaricabili dai siti citati (23, 24, 25, 26).

6. Una modalità di valutazione

Come si valutano i quesiti a scelta multipla con spiegazione della risposta data ? Si usa la tecnica del punteggio grezzo e degli indicatori di padronanza di particolari abilità (1, 16). Dal punteggio grezzo, attraverso un'interpolazione parabolica, si risale al voto in decimi. La tabella allegata consente di passare, dal rapporto fra punteggio grezzo conseguito e punteggio massimo possibile, al voto. Tale sistema di valutazione, messo a punto dall'Ispettore Prof. Antonino Giambò (9,10), è molto semplice e consente allo studente di auto valutarsi.

Per i compiti di biologia, chimica, fisica e scienze naturali oppure di altre discipline saranno accertate, per ogni candidato, le abilità descritte dai seguenti indicatori:

1. Chiarezza della comunicazione
2. Correttezza della risposta e della spiegazione
3. Argomentazione logica

Ai fini della valutazione di dette abilità, alle stesse è attribuita diversa importanza mediante i pesi, che saranno scelti dall'insegnante e dagli allievi, dopo approfondita discussione. Per esempio, in maniera del tutto arbitraria, supponiamo di aver preferito i seguenti pesi: Peso 2 alla Chiarezza della comunicazione; peso 3 alla Correttezza della spiegazione; peso 1 per l'Argomentazione logica.

Questo è solo un esempio, perciò nulla vieta di proporre altri numeri per i pesi. Convienne,

comunque, stabilire con gli allievi i criteri di selezione dei pesi, affinché la procedura di valutazione sia sempre trasparente. Stabiliti i pesi, si procede nella valutazione. Ogni abilità (si ricorda che sono tre le abilità da considerare, in questo caso) sarà valutata, in base alla prestazione fornita dal candidato, con un punteggio da 1 a 5 secondo la scala seguente:

- 1 = prestazione gravemente insufficiente;
- 2 = prestazione insufficiente;
- 3 = prestazione sufficiente;
- 4 = prestazione discreta (o buona ma tendente a discreta);
- 5 = prestazione ottima (o buona ma tendente ad ottima).

In casi eccezionali (in assenza di risposta al quesito oppure di "foglio in bianco") alla prestazione sarà attribuito punteggio 0. Cosicché il punteggio massimo che un candidato può conquistare **in ciascun quesito** è $= (2 + 3 + 1) \cdot 5 = 30$ (somma dei pesi moltiplicata per 5, che è il massimo livello raggiungibile con i pesi prescelti). Come si può vedere il punteggio massimo conseguibile dipende dai pesi dati ai 3 indicatori prescelti. Nel caso in esame, tenuto conto dei pesi, alla prima abilità (Chiarezza della comunicazione) si possono dare al massimo 10 punti, alla seconda (Correttezza della spiegazione) al massimo 15 punti e alla terza (Argomentazione logica) 5 punti. Tali valori si ottengono moltiplicando il peso di ciascun indicatore per 5, che è il livello massimo. Sulla base di rigorose considerazioni matematiche, si giudica la prova di un candidato sufficiente se egli avrà conseguito un punteggio pari al 50% del punteggio massimo. Mantenendo i pesi arbitrari citati, se gli esercizi sono 10, il punteggio massimo raggiungibile è 300.

Per ogni prova corretta l'insegnante procede alla valutazione dei vari elementi presi in considerazione che vengono registrati nella sottostante tabella 1:

Quesito	Chiarezza della comunicazione Peso	Correttezza della spiegazione Peso	Argomentazione logica Peso	Punteggio grezzo
1				
2				
3				
.....				

Tabella 1.

Cosa si deve fare per assegnare il voto? Si divide il punteggio grezzo conquistato, che l'allievo totalizza in tutti gli esercizi, per il punteggio massimo totale (somma di tutti i punteggi massimi dei singoli esercizi). Se questo rapporto è pari a:

- a) 0,5 la comprensione – competenza è sufficiente (voto 6)
- b) 0,6 la comprensione – competenza è sufficiente (voto 6)
- c) 0,7 la comprensione – competenza è discreta (voto 7)
- d) 0,8 la comprensione – competenza è buona (voto 8)
- e) 0,9 la comprensione – competenza è ottima (voto 9)
- f) 1,0 la comprensione – competenza è perfetta (voto 10)
- g) Per tutti gli altri valori: 0,4 (voto 5), 0,3 (voto 4), 0,2 (voto 3), la preparazione non è sufficiente.

Facciamo un esempio per spiegare la corretta strategia di valutazione. Nel caso di un compito formato da 10 esercizi e con gli stessi pesi dei tre indicatori esemplificati sopra, si potrà raggiungere il punteggio massimo di 300. Se l'allievo avrà totalizzato 176 punti, il suo voto sarà: $176/300 = 0,586$; arrotondando si ottiene 0,6. Pertanto, la sua comprensione – competenza è sufficiente e il suo voto è 6. Si ricorda che la sufficienza si raggiunge anche se il rapporto è 0,5, dopo arrotondamento.

Bibliografia e sitografia

1. Angelo, T. A. and Cross, K. P. (1993) – *Classroom Assessment Techniques: A Handbook for College Teachers*. (2nd ed.) Jossey-Bass.
2. Peter Atkins (2004) – *Il dito di Galileo, le 10 grandi idee della scienza* – Cortina Editore
3. Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View* (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart, and Winston. Reprinted, 1986, New York: Werbel and Peck. Spanish Edition, 1980. Mexico City: Trillas.
4. Bransford J.D., Stein B.S. (1984) – *The ideal problem solver* – W.H. Freeman and Company
5. Brookfield, Stephen (1995). – *Becoming a Critically Reflective Teacher*. Jossey-Bass.
6. Mario Comoglio – *Educare insegnando* – LAS Roma
7. Tom Creed (1998) – *Three Classroom Techniques that Promote Enhanced Student Learning* – Saint John's University
8. Howard Gardner (1997) – *Educare al comprendere* – Feltrinelli
9. Antonino Giambò (1997) – *Strumenti di verifica, metodi di valutazione* – SNALS, Macerata
10. Antonino Giambò (2002) – *La valutazione negli esami di stato* – Tecnolid, Napoli
11. J.Dudley Herron, S.C.Nurrenbern – *Chemical Education Research: improving chemistry learning* – J.Chem.Educ. 76 n.10 october 1999 Pg.1353-1361
12. Johnson, D. W., Johnson, R. T. and Smith, K. A. (1991) – *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*. Edina, MN: Interaction Book Company.
13. Alex Johnstone – J.Chem.Educ. 74 n.3 march 1997
14. Pierre Laszlo (1993) – *La parole des choses* – Hermann Ed.
15. Primo Levi (1975) – *Il sistema periodico* – Einaudi
16. Mintzes J.J., Wandersee J.H., Novak J.D. (1999) – *Assessing science understanding* – Academic Press
17. Pankratz R.S. and Petrosko J.M. (2000) – *All children can learn* – Jossey-Bass
18. Oliver Sachs (2003) – *Zio Tungsteno* – Adelphi
19. Selvaratnam M., Frazer M.J. – *Problem solving in Chemistry* – Heinemann
20. Swartz R.J., Parks S. (1995) – *Developing critical thinking through science* – Critical Thinking Books
21. G.Valitutti e altri (1993) – *La tecnica del problem – solving* – IRRE Marche
22. Wiske M.Stone (1997) – *Teaching for understanding* – Jossey-Bass, San Francisco
23. www.scienzeformaz.urbino.com
24. www.leparolede llascienza.it
25. www.itismajo.it/chimica
26. www.learner.com