

L'uso dei modelli grafici nell'insegnamento delle scienze

JOHN WOODWARD

*School of Education, University
of Puget Sound, Tacoma,
Washington*

S O M M A R I O

Lo studio delle scienze risulta — per tutti gli alunni, ma soprattutto per quelli con difficoltà — particolarmente impegnativo, in quanto richiede, accanto all'acquisizione di una vasta terminologia specifica della disciplina, la comprensione di fenomeni complessi. In questo articolo vengono passati in rassegna i principali approcci alla didattica delle scienze e viene proposto un metodo, quello dell'uso dei modelli, che permette di insegnare in modo semplice e chiaro i principi scientifici fondamentali e che fornisce allo studente gli strumenti per comprendere i meccanismi dei fenomeni naturali e di molti eventi quotidiani.

Gli studenti con difficoltà di apprendimento incontrano notevoli ostacoli nello studio delle scienze a livello di scuola media. Materie come la fisica e le scienze della terra, che generalmente fanno parte del curriculum degli alunni di seconda e terza media, richiedono l'acquisizione di un'enorme quantità di informazioni. Man mano che le conoscenze scientifiche aumentano, le case editrici che producono i libri di testo per le scuole tendono ad aggiornare le opere semplicemente aggiungendo nuovi concetti e integrando i glossari. Di conseguenza, i libri di testo per la scuola media assomigliano ora a piccole enciclopedie. Molto spesso, il vocabolario da imparare in una unità didattica di scienze è più ampio di quello richiesto da un'analoga unità di lingua straniera.

La ricerca recente suggerisce che i molti concetti e vocaboli contenuti nella maggior parte dei libri di testo di scienze attualmente sul mercato costringono anche gli studenti con rendimenti normali a dedicare molto tempo ai processi cognitivi di livello inferiore (ad esempio, la decodifica) a scapito della effettiva comprensione.¹ Gli studenti hanno difficoltà a identificare le informazioni più importanti nel testo e i dettagli rimangono spesso scollegati dalle regole o dai principi generali. Una recente valutazione

di alcuni diffusi libri di testo di scienze svolta da Mastropieri e Scruggs² ha evidenziato come questi testi non siano strutturati secondo i principi di un'efficace programmazione didattica (ad esempio, attivare le conoscenze che l'alunno già possiede, presentare anticipatamente i concetti e i vocaboli, favorire l'atteggiamento metacognitivo) e come gli studenti, per apprendere con profitto da questi materiali, debbano possedere eccellenti abilità di comprensione, studio e scrittura.

Un esempio tratto da un libro di testo per la terza media aiuta a illustrare gli ostacoli che uno studente con difficoltà di apprendimento può incontrare. Le tre leggi della dinamica di Newton, una serie di principi complessi ed estremamente importanti, vengono descritte nel paragrafo che segue (e solo in questo!):

Galileo scoprì che per fermare un oggetto in moto occorre una forza esterna. Più tardi, Newton sintetizzò le sue conoscenze del moto in tre leggi. La prima afferma che ogni corpo tende a conservare il suo stato di quiete o di moto fino a che non intervengono forze esterne a mutare il suo stato. La seconda dice che la forza esercitata su un corpo in moto è uguale alla massa moltiplicata per l'accelerazione del corpo. La terza afferma che a ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria. I tre principi di Newton costituiscono le basi della nostra conoscenza del movimento di tutti i corpi osservabili. Queste leggi, tuttavia, non valgono né per il comportamento delle particelle subatomiche né per il movimento alla velocità della luce.³

I due paragrafi successivi tentano di riassumere la teoria della relatività di Einstein, compresa la sua famosa equazione $E = mc^2$.

Secondo le attuali tendenze di riforma della didattica, gli studenti non dovrebbero soltanto studiare sui libri di testo, ma svolgere anche tutta una serie di attività: fare ipotesi e deduzioni sulla base dei dati disponibili, svolgere esercitazioni pratiche, lavorare in laboratorio. Gli autori che si occupano di didattica delle scienze⁴ suggeriscono l'uso di un approccio «meno e meglio», in cui si affrontino pochi argomenti ma in maniera molto approfondita e mirata all'insegnamento dei concetti. Tuttavia, la ricerca indica che gli insegnanti della scuola media fanno ancora grande affidamento sul libro di testo, usandolo per circa il 90% del tempo di insegnamento.⁵ In uno studio recente Cawley⁶ ha rilevato che circa il 60% degli insegnanti specializzati basano la didattica sui libri di testo utilizzati per gli alunni normodotati.

La ricerca sulla didattica specializzata propone una serie di alternative per affrontare questi problemi, ognuna delle quali — che sia un piccolo cambiamento nell'insegnamento delle strategie o che sia una revisione completa del curriculum — presenta dei limiti già discussi da vari autori.⁷ Tuttavia, ciò di cui spesso non si è parlato nel dibattito riguardo a quale sia l'approccio migliore per insegnare agli studenti con difficoltà di apprendimento della scuola media è la qualità dell'insegnamento, intesa in senso generale, soprattutto alla luce degli obiettivi dell'insegnamento moderno delle scienze.

Questo articolo esamina diversi approcci all'insegnamento delle scienze a studenti con difficoltà di apprendimento della scuola media. Di ciascun approccio viene considerata l'adeguatezza rispetto ai dettami delle attuali tendenze nell'insegnamento delle

scienze. Nella sezione successiva si esplorano alcune alternative proposte dalla letteratura sull'insegnamento a studenti con difficoltà di apprendimento; segue una dettagliata discussione sulla revisione dei curricoli in cui si mostra come i modelli siano utili per fornire una struttura completa per la comprensione dei concetti.

Strategie didattiche per migliorare la comprensione delle scienze

Insegnamento diretto

L'insegnamento diretto è un metodo ampiamente utilizzato nella didattica per studenti normodotati, con difficoltà di apprendimento e con ritardo mentale. Gli insegnanti presentano i nuovi vocaboli e concetti con definizioni chiare e coerenti. Durante la lezione lo studente può esercitarsi con le nuove conoscenze, che vengono sistematicamente ripassate.

Come metodo per l'insegnamento delle scienze, tuttavia, l'insegnamento diretto tradizionale presenta alcune limitazioni. Data la grande quantità di vocaboli nuovi e complessi contenuti nei libri di testo, diventa essenziale fare una selezione di quelli più importanti e, se necessario, rielaborarli per renderli più chiari. Può infatti accadere che gli insegnanti usino tecniche di insegnamento diretto — di per sé efficaci — con materiali male organizzati: in questo modo, gli sforzi per migliorare la comprensione degli studenti scegliendo i concetti e i vocaboli più adatti rischiano di essere vani.

In un loro studio, Woodward e Maddalena⁸ hanno dimostrato l'inadeguatezza dell'approccio tradizionale di insegnamento diretto per la didattica delle scienze. Allo studio parteciparono studenti di terza media con livelli di rendimento medi e alti, ai quali furono insegnati 31 vocaboli in un periodo di 6 settimane. All'inizio di ogni lezione veniva data una definizione chiara del termine da imparare e una serie di esempi, forniti mostrando figure o, quando possibile, oggetti concreti (per esempio, veniva fatto girare tra gli alunni un pezzo di quarzite). Gli studenti si esercitarono nell'uso del vocabolo attraverso varie attività, come schede di lavoro e cruciverba.

Oltre all'insegnamento diretto in classe, gli studenti studiavano sul libro di testo e occasionalmente guardavano dei documentari. Al termine dello studio, le differenze medie di prestazione, benché fossero statisticamente significative, erano scolasticamente insoddisfacenti. Al posttest si rilevò infatti che gli studenti, mediamente, avevano imparato soltanto il 38% dei termini insegnati.

Tecniche mnemoniche

Mastropieri e colleghi⁹ hanno espresso delle critiche alle tecniche di insegnamento diretto, confrontandole in studi controllati con le strategie mnemoniche. Anziché

insegnare i vocaboli attraverso le definizioni verbali, sono state utilizzate delle tecniche mnemoniche per collegare i termini da apprendere a immagini scelte con attenzione. Scruggs e colleghi,¹⁰ per esempio, utilizzarono delle immagini elaborate per rappresentare i nomi dei minerali e la loro durezza (ad esempio, per rappresentare la maucherite, minerale di durezza 5, veniva usata un'immagine che rappresentava delle *margherite* — parola foneticamente simile al nome del minerale — che facevano *le lingue* — parola foneticamente simile a *cinque*, la durezza del minerale). Questo filone di ricerca suggerisce che le tecniche mnemoniche siano più efficaci dell'insegnamento diretto per insegnare a studenti con difficoltà di apprendimento elenchi di termini.

Un noto vantaggio delle tecniche mnemoniche è dato dalla loro potenziale attrattiva per gli insegnanti curricolari. La revisione delle modalità di presentazione del materiale in modo che i concetti scientifici principali vengano collegati a costruzioni acustiche (cioè parole foneticamente simili a quelle da imparare), acronimi e immagini è un intervento che può risultare interessante per molti insegnanti curricolari.

Anche questo approccio presenta dei limiti. Studi recenti¹¹ suggeriscono che gli insegnanti esperti ed efficaci concepiscono i contenuti in modi molto diversi. Pur tenendo in considerazione il livello di abilità degli studenti, questi insegnanti tendono a utilizzare per la presentazione degli argomenti schemi più complessi e completi rispetto a queste tecniche che migliorano soltanto la ritenzione mnemonica di fatti e definizioni. L'idea che la didattica delle scienze possa limitarsi all'acquisizione di termini chiave è ovviamente contraria al concetto moderno di didattica. Anche chi si occupa di ricerca sulle mnemotecniche sta iniziando a riconoscere questi limiti e a includere nel proprio lavoro una più ampia gamma di tecniche didattiche per l'insegnamento.

Organizzatori anticipati e guide per lo studio

Un altro metodo per modificare i materiali complessi e densi di terminologia è quello di rendere più esplicita al lettore la macrostruttura del testo. La ricerca sulla comprensione del testo¹² raccomanda l'uso di strutture testuali semplici (ad esempio, descrizioni, confronti, rapporti di causalità, problema/soluzione) come modo per organizzare le idee principali e i dettagli che lo studente deve imparare. Queste tecniche permettono di utilizzare direttamente la maggior parte del materiale curricolare normale, rendendolo fruibile attraverso l'uso di qualche forma di organizzatore anticipato per rappresentare la struttura del testo.

Gli organizzatori anticipati favoriscono il pensiero strategico perché richiedono agli studenti, mentre leggono e discutono il testo, di classificare le informazioni, identificare i rapporti tra di esse e fare deduzioni. Inoltre, gli organizzatori anticipati aiutano l'insegnante a trasformare quello che potrebbe essere un testo male organizzato

in strutture di relazioni simboliche più simili alla forma in cui le conoscenze vengono naturalmente immagazzinate nella memoria.¹³ Per esempio, la rievocazione delle informazioni può essere favorita evidenziando le relazioni causali tra principi e concetti.¹⁴

Il metodo dell'organizzatore anticipato può essere applicato a diverse discipline. La figura 1 mostra un modo di organizzare le informazioni di un capitolo sul tempo e il clima. In questo caso, l'organizzatore anticipato viene fornito dall'insegnante.

Sebbene la ricerca abbia dimostrato l'efficacia di questi approcci, rimangono dei dubbi riguardo alla capacità di molti insegnanti di trasformare testi male organizzati in strutture più comprensibili. Lo stile di molti testi di scienze per la scuola media, in cui i concetti vengono presentati attraverso una sequenza di brevi descrizioni e le informazioni vengono organizzate in funzione dei temi più ampi trattati, non si presta facilmente ad altre forme testuali se non quella della descrizione discorsiva. Purtroppo, il formato a «elenco» di questa struttura non favorisce la ritenzione mnemonica e il recupero delle informazioni.¹⁵

Il problema principale in questi testi è dato dal loro contenuto enciclopedico. Soltanto la quantità di concetti e termini nuovi è sufficiente a ostacolare seriamente ogni tentativo di identificare le informazioni chiave o di presentare i contenuti in un modo che non sommerga lo studente. Aiutare i cattivi lettori a seguire qualche genere di struttura testuale o di schema non basta comunque per migliorare la rievocazione delle informazioni.¹⁶ Perciò, l'obiettivo di far arrivare gli studenti a trasformare da soli i capitoli del libro di testo in organizzatori anticipati completi può essere troppo ambizioso, soprattutto per gli quelli con difficoltà di apprendimento.

Adattamento del curriculum

Un'altra alternativa è quella di adattare l'intero curriculum. Questo approccio prevede un'accurata selezione dei concetti e dei contenuti da insegnare e la loro presentazione esplicita allo studente.¹⁷ Sebbene la ricerca sull'adattamento dei testi di scienze sia piuttosto limitata — soprattutto in riferimento agli studenti con difficoltà di apprendimento — i risultati sono stati generalmente positivi. Per esempio, in uno studio di Brooks e Dansereau¹⁸ alcuni brevi paragrafi sulla tettonica a zolle furono riscritti secondo uno schema strutturale basato sulle categorie di informazioni rilevanti per la comprensione di una teoria scientifica, e in questo modo la rievocazione delle idee principali risultò molto migliore.

Si è dimostrato efficace anche il metodo di riorganizzare le informazioni in una struttura gerarchica. Eylon e Reif¹⁹ riscrissero i materiali di un capitolo introduttivo sulla fisica evidenziando esplicitamente i collegamenti tra principi chiave e argomenti che li dimostravano. Gli studenti del gruppo sperimentale fornirono prestazioni migliori, rispetto al gruppo di controllo che aveva studiato sul testo originale, sia nella rievocazio-

Il ciclo dell'acqua e le nubi

Studente _____ Insegnante _____

COME SI FORMANO I DIVERSI TIPI DI NUBI

FASI NEL CICLO DELL'ACQUA

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

Nubi alte

Nubi medie

Nubi basse

TIPI DI NUBI

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

8. _____

Fig. 1 Organizzatore anticipato per il miglioramento della comprensione del testo.

ne delle informazioni sia nell'identificazione, nella sintesi e nella classificazione dei concetti.

Sulla stessa linea di ricerca, Woodward²⁰ sperimentò con successo un intervento didattico basato sull'evidenziazione dei rapporti causali tra principi generali e concetti secondari. Una delle tecniche principali per insegnare i rapporti causali tra principi e concetti era l'utilizzo attento di *modelli*.

L'uso dei modelli grafici nella didattica

I modelli sono rappresentazioni grafiche di concetti scientifici. Una volta individuati gli elementi fondamentali di una teoria, un fenomeno, un processo, ecc., se ne evidenziano nel modello gli elementi e i meccanismi fondamentali e si suggeriscono una serie di applicazioni.²¹ I modelli servono per migliorare la comprensione dell'argomento e per sviluppare un contesto esplicativo più completo. I modelli possono anche consolidare e approfondire la conoscenza che lo studente ha di un argomento e aiutano a imparare anche contenuti non scientifici, perché forniscono allo studente uno strumento con cui esaminare i fenomeni della vita di ogni giorno.

A differenza dei metodi più generali, l'adattamento del curriculum con i modelli richiede un'analisi approfondita della materia. È perciò necessario che l'insegnante esamini attentamente i contenuti da proporre e identifichi le informazioni principali e le modalità per insegnarle.

In una rassegna della ricerca condotta in questo campo, Meyer²² suggerisce che i modelli — soprattutto se accompagnati da spiegazioni pertinenti e chiare e da illustrazioni efficaci — migliorano significativamente la comprensione dei contenuti scientifici. Sebbene l'utilità dei modelli nella didattica sia da tempo riconosciuta, l'uso della grafica rispecchia un interesse recente per un uso più efficace degli strumenti didattici. In particolare, si ritiene che gli ausili grafici, se correttamente costruiti, possano sostituire quelle strategie che gli studenti spontaneamente non usano nell'apprendimento.²³ Nell'insegnamento delle scienze, gli schemi grafici possono migliorare la comprensione rendendo più concreto il materiale astratto, e questo è particolarmente utile per gli studenti con scarso rendimento o con difficoltà specifiche nelle discipline scientifiche.²⁴

Di seguito presentiamo un esempio di come i modelli possono essere usati per insegnare gli argomenti relativi al tempo meteorologico e al clima. Questa dettagliata descrizione mostra come il curriculum debba essere analizzato e ristrutturato in profondità per poter insegnare contenuti complessi in maniera chiara e comprensibile. Questo approccio segue il principio «meno e meglio» evidenziato dalla ricerca sulla didattica delle scienze.

Modelli per l'insegnamento del tempo meteorologico

Per insegnare le conoscenze basilari sui fenomeni atmosferici, occorre che lo studente impari due importanti principi: la pressione dinamica e l'effetto del calore e del freddo sugli oggetti e sulla loro densità. La pressione dinamica descrive un comportamento fondamentale degli oggetti in un ambiente, cioè che si muovono da aree di alta pressione ad aree di bassa pressione. Nell'atmosfera, la pressione dinamica si ha per esempio nel vento. Il secondo principio afferma che quando un corpo viene riscaldato, tende a sollevarsi e a espandersi: l'aria calda, per esempio, tende ad alzarsi e a diventare meno densa (e viceversa quella fredda).

Questi sono i principi fondamentali della convezione, il primo modello atmosferico che gli studenti imparano (si veda la figura 2). Nel modello della cella di convezione, le molecole vengono riscaldate dal basso. Le molecole calde passano da aree di alta pressione ad aree di bassa pressione (pressione dinamica) e diventano meno dense via via che salgono lungo il lato destro della cella di convezione: questo processo termina quando arrivano in un'area di alta pressione nell'angolo superiore destro della cella. Le molecole si spostano poi verso l'altro lato della cella passando dal punto di alta pressione a quello di bassa pressione (il principio della pressione dinamica). Muovendosi, queste

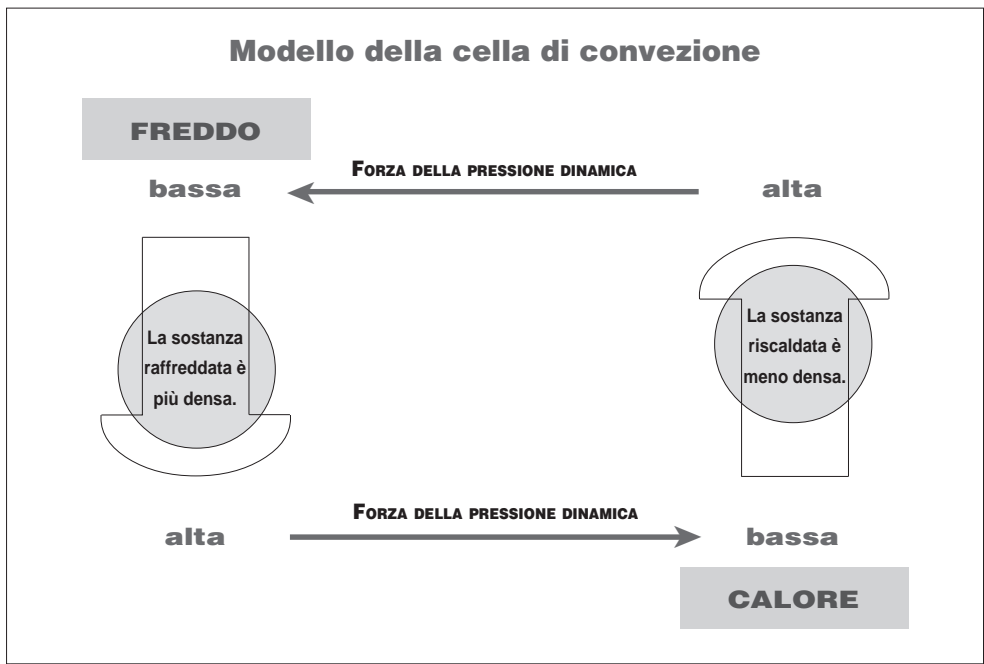


Fig. 2 Modello grafico basilare di una cella di convezione.

molecole vengono a contatto con molecole più fredde che stanno in superficie e il calore si propaga per conduzione. La velocità delle molecole diminuisce, diventano più dense e si muovono verso il lato sinistro della cella di convezione per ricominciare nuovamente il processo. La pressione dinamica e gli effetti del calore e del freddo sugli oggetti possono essere dimostrati con vari esempi del processo di convezione (si veda la figura 3). Mostrando agli studenti una varietà di applicazioni del modello si evidenzia come nelle scienze i principi spieghino i meccanismi basilari di quelli che sembrerebbero essere fenomeni del tutto diversi l'uno dall'altro. Il modello della convezione è fondamentale in tutti gli esempi.

Nei fenomeni più macroscopici — la convezione nel mantello terrestre, negli oceani, nell'atmosfera — i tempi e le fonti di calore variano. Nel mantello terrestre, i cicli completi di convezione si svolgono in milioni di anni e la fonte di calore è il nucleo terrestre. La convezione oceanica richiede centinaia di anni e la fonte di calore è «in cima» (cioè, in superficie, dove arriva il calore dei raggi solari). Infine, la convezione atmosferica, nel caso dei movimenti emisferici, si svolge nell'arco di alcune settimane.

Perché gli studenti possano comprendere a fondo i comuni fenomeni atmosferici è necessario che conoscano la forza di Coriolis. Come mostra la figura 3, le grandi masse di aria non si spostano direttamente lungo un asse equatore-polo, perché, data la rotazione della Terra, gli oggetti vicini alla superficie, come l'aria, si muovono a destra nell'emisfero settentrionale e a sinistra in quello meridionale. Perciò, se non è ostacolata da altre forze, la maggiore circolazione dell'aria avviene verso destra, in senso orario.

Nei sistemi di alta e bassa pressione, la pressione dinamica e la forza di Coriolis sono forze antagoniste. Nella figura 4 mostriamo i modelli basilari dei sistemi di alta e bassa pressione. L'alta pressione nel modello a destra spinge le particelle d'aria lontano dal centro. Queste particelle sono soggette alla forza di Coriolis, che orienta la rotazione verso destra secondo uno schema circolare in senso orario che prende il nome di anticiclone. Nei sistemi di bassa pressione, la forza dominante è il movimento dell'aria verso il centro, che produce un movimento sinistrorso in rotazione antioraria che prende il nome di ciclone.

Questi principi e modelli forniscono una base sufficiente per comprendere le cause dei fenomeni meteorologici. I tornado e gli uragani sono esempi di come si possano utilizzare i modelli dell'alta e della bassa pressione e della convezione per spiegare (e non solo descrivere) i fenomeni atmosferici. Entrambi i tipi di tempesta si sviluppano da forti sistemi di bassa pressione (di qui il termine «ciclone» usato come sinonimo di tornado). Passando, infatti, i tornado tendono a fare «esplodere» gli edifici a causa dell'improvvisa differenza di pressione (alta all'interno degli edifici, con porte e finestre chiuse, ed estremamente bassa al centro del tornado). La figura 5 mostra come gli uragani possano essere rappresentati come combinazione di rotazioni governate dalla pressione dinamica e da intense forze convettive alla periferia dell'uragano.

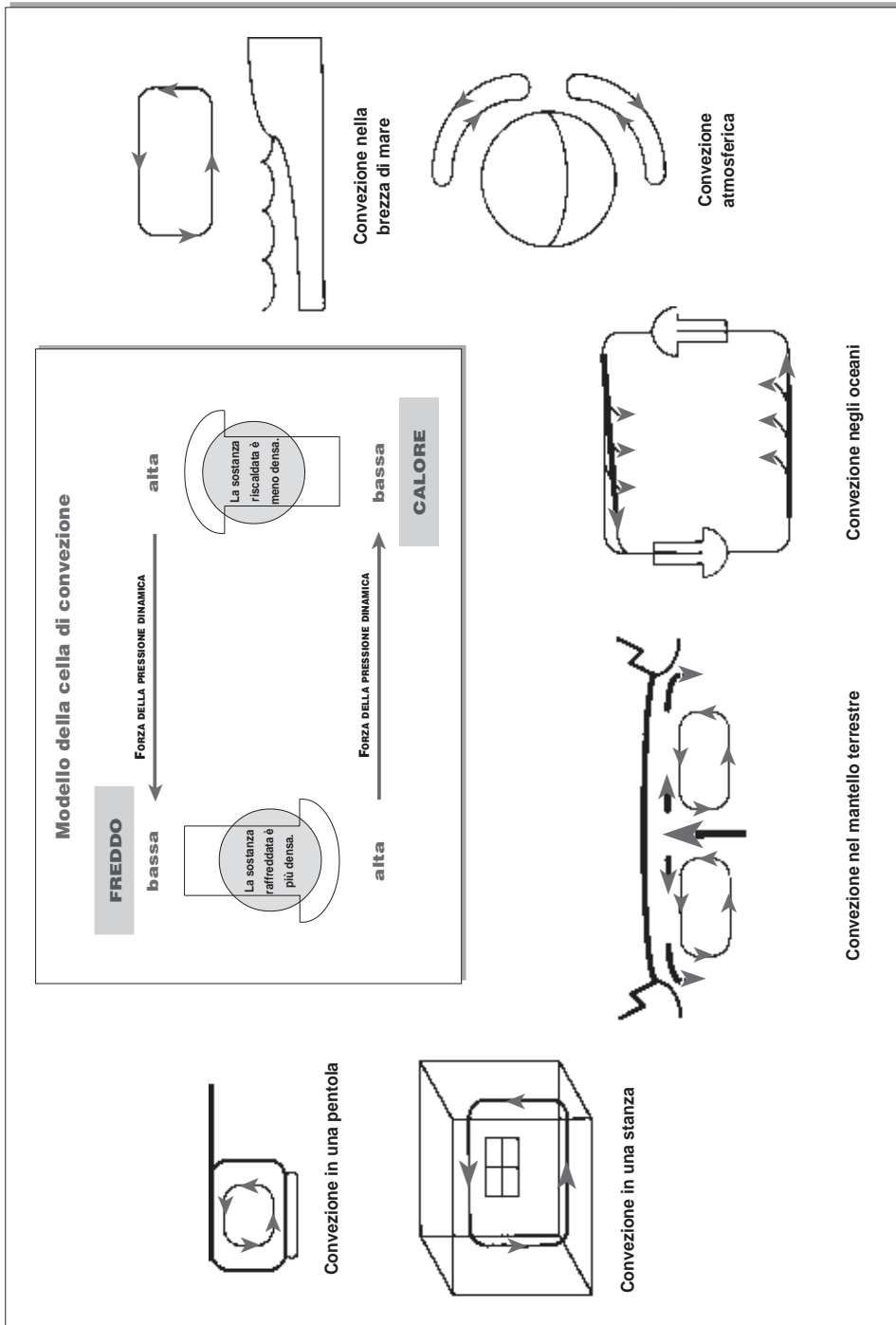


Fig. 3 Applicazione del modello della cella di convezione ad alcuni concetti scientifici.

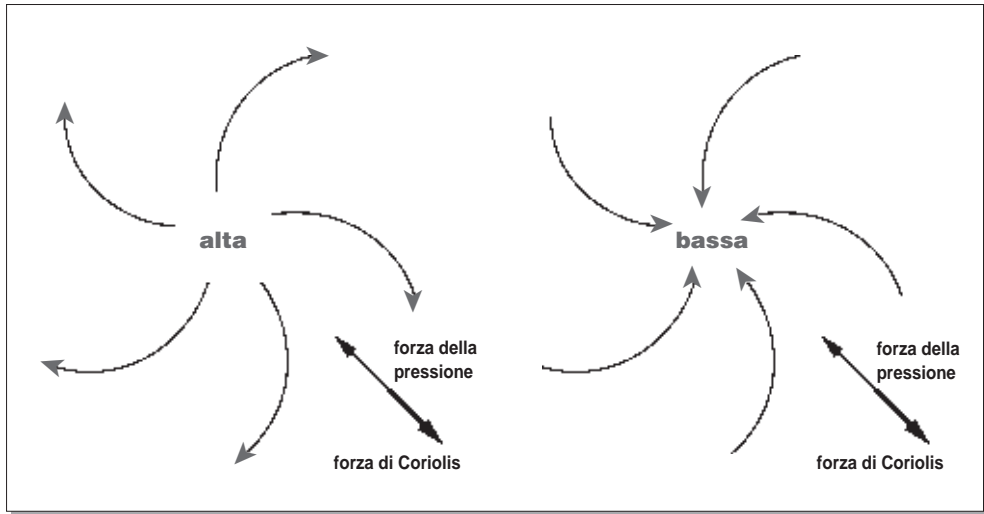


Fig. 4 Modelli di masse d'aria di alta e bassa pressione.

Gli uragani si sviluppano a non più di cinque gradi a nord e sud dell'equatore, probabilmente perché la forza di Coriolis, alle latitudini minori, influisce poco sulla circolazione dell'aria. In condizioni di elevata temperatura sulla superficie dell'oceano, una grande massa di aria calda si dirige verso l'occhio del ciclone che si sta formando e si solleva in direzione antioraria. La figura 5 mostra come gli strati superiori dell'aria che si solleva siano diretti verso l'esterno e continuino il movimento convettivo lungo il perimetro. La convezione verso il basso che si ha all'esterno di un uragano contribuisce ai forti venti e piogge che precedono questo tipo di tempesta.

Le rappresentazioni grafiche degli uragani che contengono i modelli insegnati in precedenza aiutano gli studenti ad applicare le conoscenze astratte a un fenomeno specifico, fornendo loro una «lente» che dirige la loro attenzione sugli aspetti essenziali del fenomeno. I modelli, quindi, possono arricchire le strutture esplicative dello studente e aiutarlo a comprendere in modo più approfondito gli eventi. Possono quindi fornire un metodo molto efficace per migliorare la didattica delle scienze.

Conclusioni

Insegnare le scienze con i modelli permette agli studenti con difficoltà di apprendimento di esplorare gli argomenti scientifici a un livello non superficiale. Gli studenti possono così accostarsi alle scienze come disciplina che dà loro l'opportunità di formulare e verificare ipotesi e di fare previsioni, il che permette loro di sviluppare, oltre

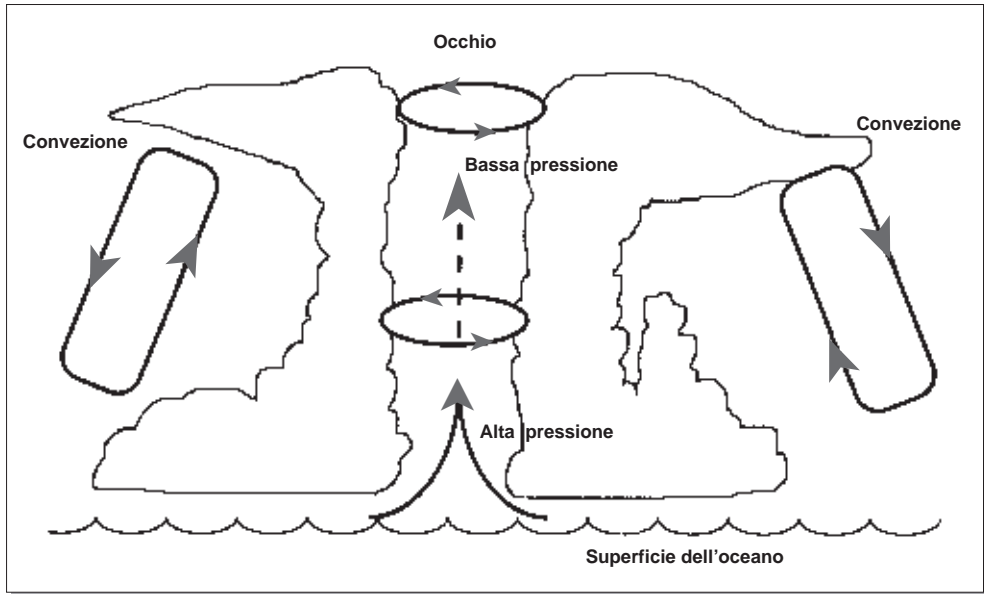


Fig. 5 Diagramma di un uragano: modelli dell'alta pressione e della convezione.

alle conoscenze scolastiche, anche il loro pensiero creativo e critico.²⁵ Sotto questo profilo, tale approccio è in linea con gli attuali orientamenti della ricerca sulla didattica delle scienze e sulla didattica cognitiva in generale, in cui l'obiettivo principale è insegnare per promuovere una più approfondita comprensione dei contenuti.²⁶

Poiché questo approccio presenta notevoli differenze rispetto alle modalità tradizionali di insegnamento delle scienze, si ripropongono le critiche ai metodi di adattamento del curriculum come modo per rispondere ai bisogni specifici degli studenti con difficoltà di apprendimento. Deshler e colleghi,²⁷ per esempio, sollevano la legittima questione dei costi e della fattibilità di tali tecniche, suggerendo che la loro onerosità sotto questo profilo potrebbe ostacolarne la diffusione nell'educazione di recupero e sostegno. Un programma didattico di questo genere, infatti, richiede un notevole investimento in termini di competenze e tempo. Come afferma Anderson,²⁸ «insegnare a comprendere le scienze è difficile perché richiede all'insegnante conoscenze che la maggior parte dei docenti non hanno, comprese conoscenze sociali, pedagogiche, delle materie scientifiche e degli studenti».

Per migliorare la didattica, quindi, occorre un radicale cambiamento nella preparazione dell'insegnante, che deve combinare una più profonda conoscenza della disciplina con nuove tecniche pedagogiche.²⁹ Schematizzare un argomento complesso in modelli è un'operazione impegnativa, per la quale può rendersi necessario l'aiuto di colleghi esperti. Questo è un problema particolarmente sentito tra i docenti specializza-

ti: come rileva Cawley,³⁰ il 42% di quelli statunitensi non riceve alcuna preparazione in scienze e spesso è chiamato a insegnare un'ampia varietà di discipline. Si ripropone quindi la necessità di una stretta e sistematica collaborazione tra docenti curricolari e specializzati, ciascuno dei quali può contribuire con il suo apporto personale a migliorare significativamente la qualità della didattica.

Titolo originale

The role of models in secondary science instruction. Tratto da «Remedial and Special Education», vol. 15, n. 2, 1994. © Pro-ed. Pubblicato con il permesso dell'Editore. Traduzione italiana di Carmen Calovi.

Note e bibliografia

¹ Dee-Lucas D. e Larkin J.H. (1986), *Novice strategies for comprehending scientific texts*, «Discourse Processes», vol. 9, pp. 329-354.

Eylon B. e Linn M. (1988), *Learning and instruction: An example of four research perspectives in science education*, «Review of Educational Research», vol. 58, pp. 251-301.

² Mastropieri M.A. e Scruggs T.E. (1994), *Text versus hand-on science curriculum: Implications for students with disabilities*, «Remedial and Special Education», vol. 15, pp. 72-85.

³ Merrill (1987), *Focus on earth science*, Columbus, OH, l'Autore, p. 116.

⁴ Mastropieri M.A. e Scruggs T.E. (1994), *op. cit.*

Eylon B. e Linn M. (1988), *op. cit.*

⁵ Mullis I.V. e Jenkins L.B. (1988), *The science report card: Elements of risk and recovery*, Princeton, NJ, Educational Testing Service.

Tyson H. e Woodward A. (1989), *Why students aren't learning very much from textbooks*, «Educational Leadership», vol. 47, pp. 14-17.

⁶ Cawley J.F. (1994), *Science for students with disabilities*, «Remedial and Special Education», vol. 15, pp. 67-71.

⁷ Carnine D. (1989), *Teaching complex content to learning disabled students: The role of technology*, «Exceptional Children», vol. 55, pp. 524-533.

Deshler D.D. et al. (1984), *Academic and cognitive interventions for LD adolescents: Part II*, «Journal of Learning Disabilities», vol. 17, pp. 170-179.

⁸ Woodward J. e Maddalena N. (1989), *Vocabulary instruction for eighth grade science students (Tech. Rep. No. 89-3)*, Eugene, University of Oregon, Instructional Research.

⁹ Mastropieri M.A. e Fulk B.J. (1990), *Enhancing academic performance with mnemonic instruction*. In T. Scruggs e B. Wong (a cura di), *Intervention research in learning disabilities*, New York, Springer-Verlag, pp. 102-121.

Mastropieri M.A., Scruggs T.E. e Levin J.R. (1986), *Direct vs. mnemonic instruction: Relative benefits for exceptional learners*, «The Journal of Special Education», vol. 20, pp. 299-307.

Mastropieri M.A. et al. (1985), *Facilitating learning disabled students' acquisition of science classifications*, «Learning Disability Quarterly», vol. 8, pp. 299-309.

- ¹⁰ Scruggs T. et al. (1985), *Facilitating the acquisition of science facts in learning disabled students*, «American Educational Research Journal», vol. 22, pp. 575-586.
- ¹¹ Leinhardt G. (1990), *Towards understanding instructional explanations (Tech. Rep. No. CLIP 90-03)*, Pittsburgh, University of Pittsburgh, Learning Research and Development Center.
- Leinhardt G. e Smith D. (1985), *Expertise in mathematics knowledge*, «Journal of Educational Psychology», vol. 77, pp. 247-271.
- ¹² Berkowitz S. (1986), *Effects of instruction in text organization on sixth-grade students' memory for expository reading*, «Reading Research Quarterly», vol. 21, pp. 161-178.
- Meyer B.J.F. e Freedle R.O. (1984), *Effects of discourse type on recall*, «American Educational Research Journal», vol. 21, pp. 121-143.
- Slater W.H., Graves M.F. e Piché G.L. (1985), *Effects of structural organizers on ninth-grade students' comprehension and recall of four patterns of expository text*, «Reading Research Quarterly», vol. 20, pp. 189-202.
- ¹³ Anderson R.C. e Armbruster B.B. (1984), *Studying*. In R.D. Pearson (a cura di), *Handbook of reading research*, New York, Longman, pp. 657-680.
- ¹⁴ Voss J.F. (1987), *Learning and transfer in subject-matter learning: A problem solving model*, «International Journal of Educational Research», vol. 11, pp. 607-622.
- ¹⁵ Meyer B.J.F., Young C. e Bartlett B.J. (1989), *Memory improved: Reading and memory enhancement across the life span through strategic text structures*, Hillsdale, NJ, Erlbaum.
- ¹⁶ Rossi J. (1990), *The function of frame in the comprehension of scientific text*, «Journal of Educational Psychology», vol. 82, pp. 727-732.
- ¹⁷ Carmine D. (1991), *Curricular interventions for teaching higher order thinking to all students: Introduction to the special series*, «Journal of Learning Disabilities», vol. 24, pp. 261-269.
- Woodward J. (1991), *Procedural knowledge in mathematics: The role of curriculum*, «Journal of Learning Disabilities», vol. 24, pp. 242-251.
- ¹⁸ Brooks L.W. e Dansereau D.F. (1983), *Effects of structural schema training and text organization on expository prose processing*, «Journal of Educational Psychology», vol. 75, pp. 811-820.
- ¹⁹ Eylon B.S. e Reif F. (1984), *Effects of knowledge organization on task performance*, «Cognition and Instruction», vol. 1, pp. 5-44.
- ²⁰ Woodward J. (1994), *Effects of curriculum discourse style on eighth graders' recall and problem solving in earth science*, «Elementary School Journal», vol. 94, pp. 29-314.
- ²¹ Nagel E. (1961), *The structure of science*, New York, Harcourt, Brace, & World.
- ²² Mayer R.E. (1989), *Models for understanding*, «Review of Educational Research», vol. 59, pp. 43-64.
- ²³ Winn W. (1989), *The design and use of instructional graphics*. In H. Mandl e J. Levin (a cura di), *Knowledge acquisition from text and pictures*, Amsterdam, Elsevier, pp. 125-144.
- ²⁴ Kozma R.B. (1991), *Learning with media*, «Review of Educational Research», vol. 61, pp. 179-211.
- Larkin J.H. e Simon H.A. (1987), *Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words*, «Cognitive Science», vol. 11, pp. 65-99.
- Seel N. e Strittmatter (1989), *Presentation of information by media and its effect on mental models*. In H. Mandl e J. Levin (a cura di), *Knowledge acquisition from text and pictures*, Amsterdam, Elsevier, pp. 37-59.
- ²⁵ Lawson A. (1991), *What teachers need to know to teach science effectively*. In M. Kenne-

dy (a cura di), *Teaching academic subjects to diverse learners*, New York, Teachers College Press.

²⁶ Ball D. (1993), *With an eye on the mathematical horizon: Dilemmas of teaching elementary school mathematics*, «Elementary School Journal», vol. 93, pp. 373-397.

Cohen D., McLaughlin M. e Talbert J. (1993), *Teaching for understanding: Challenges for policy and practice*, San Francisco, Jossey-Bass.

²⁷ Deshler D.D. et al. (1984), *op. cit.*

²⁸ Anderson C. (1991), *Policy implications of research on science teaching and teachers' knowledge*. In M. Kennedy (a cura di), *Teaching academic subjects to diverse learners*, New York, Teachers College Press, pp. 31-60.

²⁹ Kennedy M. (1990), *Trends and issues in teachers' subject matter knowledge*, Washington, DC, ERIC Clearinghouse on Teacher Education.

³⁰ Cawley J.F. (67), *op. cit.*