

# Didattica delle immagini: dall'informazione ai modelli mentali

---

**Franco Landriscina**

*Università degli Studi di Trieste*

## Abstract

---

L'interazione degli studenti con rappresentazioni visive, in forma di immagini statiche o animate, può potenziare notevolmente l'apprendimento di concetti scientifici altrimenti espressi solo in forma verbale o matematica. Tuttavia, il potenziale didattico delle immagini è ancora largamente inesplorato, come provato, ad esempio, dalle immagini puramente decorative che ancora si incontrano in molti libri di testo, e dall'uso limitato di immagini generate dagli studenti nell'insegnamento di materie scientifiche e nella valutazione dell'apprendimento. In questo articolo sono considerati alcuni possibili elementi di integrazione fra Scienze Cognitive e Instructional Design, evidenziando l'utilità di alcuni approcci teorici che possono contribuire ad un uso didatticamente più efficace della comunicazione visiva nei libri di testo e nella pratica di insegnamento. Importanti indicazioni per identificare le caratteristiche di un'illustrazione o di un'animazione che possono influenzare (positivamente o negativamente) l'efficacia della didattica sono offerte dalla Teoria del Carico Cognitivo (Cognitive Load Theory). Inoltre, quando gli obiettivi di apprendimento richiedono la ristrutturazione dei modelli mentali degli studenti, come nel caso del cambiamento concettuale che accompagna l'apprendimento di concetti scientifici, un contributo può provenire dall'approccio teorico dell'Apprendimento e Insegnamento Basati su Modelli (Model-Based Learning and Teaching), in cui l'apprendimento è visto come una progressione di modelli mentali, che va da un modello iniziale del sistema investigato, ad un modello finale più preciso e scientificamente corretto, passando attraverso una serie di modelli intermedi.

**Parole chiave:** illustrazioni, immagini, animazioni, didattica della scienza, carico cognitivo, cambiamento concettuale, modelli mentali, model-based learning, simulazione.

## Summary

---

When students are learning scientific concepts, interacting with visual representations, in the form of static or animated images, can bring unique benefits. However, the instructional potential of images is still largely untapped, as is proven, for example, by merely decorative images in science textbooks, and by the limited use of students-generated drawings in the teaching and assessment of science concepts. In this paper, I consider the possible elements of integration between Cognitive Science and Instructional

Design, with an emphasis on theoretical approaches that can be meaningful for an instructional effective use of visual communication in textbooks and in the classroom. I underscore that indications for identifying design features that can greatly impact learning (positively or negatively) are offered by Cognitive Load Theory (CLT). Moreover, when the learning goals require the restructuring of students' mental models, as in the instance of conceptual change in science education, an important contribution is that of Model-Based Learning and Teaching (MBLT), in which meaningful learning is viewed as a learning-dependent progression of mental models, which go from a student's initial model of the system under study to a more precise and scientifically correct target model, passing through a series of intermediate models.

**Keywords:** science education, conceptual change, instructional images, cognitive load, mental models, model-based learning, simulation.

Quando si considera un'immagine, ed in particolare un'immagine didattica (statica o in movimento), si fa frequentemente riferimento al suo contenuto informativo, intendendo con ciò che un'immagine, come un testo, può fornirci informazioni su un oggetto o una situazione. Si parla così, ad esempio, della ricchezza di dettagli di un disegno o del suo livello di fedeltà nella riproduzione di un originale. Questa caratterizzazione dell'immagine in termini informativi è la riproposizione in linguaggio moderno di un'idea molto diffusa fin dall'antichità, cioè quella dell'immagine come copia della realtà. Già ai tempi dei filosofi greci, la natura della relazione fra immagine e realtà è stata però fonte di controversie. Per Platone, un'immagine è una copia imperfetta della realtà materiale, allo stesso modo in cui quest'ultima è la copia di immagini contemplabili solo con l'intelletto (le «idee», termine che deriva appunto dal verbo «vedere»). Al contrario, per Aristotele lo status dell'immagine rientra nella categoria dell'imitazione della natura (mimesis) e può fornire conoscenze valide e accettabili, in quanto i sensi sono considerati una fonte di conoscenza attendibile. In tempi più vicini a noi, il dibattito sulla visualizzazione assunse toni accesi fra i fisici quantistici. Negli anni Venti, Werner Heisenberg, scopritore del «principio di indeterminazione», aveva proposto un'interpretazione della fisica atomica basata su formalismo matematico astratto, quello delle matrici, e considerava le immagini inutili per il progresso della fisica. Per Heisenberg, l'elettrone in orbita intorno al nucleo non è solo inosservabile ma anche invisualizzabile. Al contrario, per Erwin Schrödinger, che aveva proposto la teoria ondulatoria dell'elettrone, la visualizzabilità dei fenomeni non doveva essere abbandonata, perché di aiuto alla scoperta scientifica. Fra coloro che in tempi recenti hanno contribuito a una valutazione positiva delle immagini come strumento di conoscenza vi è il matematico francese Jacques Hadamard, che nel suo libro del 1945 *La psicologia dell'invenzione in campo matematico*, descrive il pensiero matematico come attività che in gran parte non si serve di parole ma di immagini, portando l'esempio di famosi scienziati fra cui Albert Einstein.

Le immagini a cui si riferisce Hadamard non sono però quelle materiali, bensì le «immagini mentali», dove con questo termine si intende la sensazione di vedere «con l'occhio della mente» persone, oggetti, colori o forme, con un grado di vividezza più o meno elevato. Già Aristotele, nel trattato *Dell'anima*, introduceva una funzione conoscitiva, l'immaginazione (phantasia), intermedia fra la sensazione derivata dal senso della vista (o dagli altri sensi) e il pensiero. L'immaginazione è per il filosofo greco una facoltà che interpreta attivamente i dati della percezione e produce, immagazzina e recupera immagini. Questa facoltà riceverà un'inedita attenzione nel Rinascimento, dove pensatori come Marsilio Ficino la proporranno come una sorta di amplificazione delle normali capacità di pensiero. La relazione fra immagine e pensiero troverà una nuova ed originale formulazione nella «teoria triadica del segno», formulata nel 1897 e negli anni successivi dal logico e filosofo americano Charles Sanders Peirce, il padre della moderna semiotica. Secondo Peirce, l'immagine è un particolare «segno»; egli definisce con questo termine la relazione fra tre entità: (1) l'oggetto rappresentato; (2) il «segno-veicolo» della rappresentazione (cioè l'immagine vera e propria); (3) un terzo elemento, che egli chiama «interpretante». Qualche volta genericamente confuso con il «soggetto», l'interpretante è nella definizione di Peirce un ulteriore tipo di segno, che si crea nella mente di un soggetto come effetto di un segno materiale. Nel linguaggio della moderna psicologia del pensiero, possiamo quindi parlare di una «rappresentazione mentale», che ha come antecedente una rappresentazione materiale.

All'inizio del Ventesimo secolo, ritroviamo la distinzione aristotelica fra sensazione, immaginazione e pensiero nelle teorie della nascente psicologia scientifica. Secondo lo strutturalismo (scuola psicologica che intendeva descrivere la struttura del pensiero in termini di elementi primitivi dell'esperienza mentale) le immagini sono una componente necessaria del pensiero, mentre per la scuola di Würzburg (che introdusse il metodo dell'introspezione) è possibile anche un pensiero senza immagini. Il dibattito proseguì fino all'avvento del comportamentismo, che mise da parte tutto ciò che era in odore di «mentalismo» per mettere al centro della ricerca psicologica lo studio dei comportamenti osservabili. Negli anni Settanta, alcuni importanti esperimenti sulla rotazione e la scansione mentale di immagini riportarono l'attenzione dei ricercatori sugli aspetti visivi del pensiero (Shepard e Metzler, 1971; Kosslyn, 1973). Per Shepard e Kosslyn il pensiero può operare con processi di immaginazione visiva basati su proprietà spaziali e in grado di rappresentare l'informazione in modo analogico, cioè diverso dal tipo di rappresentazione digitale proposta dalle teorie computazionali, basate sull'analogia fra mente e computer. Secondo le teorie computazionali, le immagini mentali, sono invece basate su rappresentazioni sottostanti di tipo linguistico, senza proprietà visuo-spaziali (Pylyshin, 1973). Oggi si ritiene che il cervello rappresenti le informazioni sia in modo analogico che simbolico, anche se l'esatta natura di queste rappresentazioni e della loro interrelazione non è stata ancora determinata (Barsalou et al., 2008).

La ricerca sulle rappresentazioni mentali indica che queste non sono solo di tipo visivo (immagini mentali) o linguistico (proposizioni). Quando le persone sono impegnate in compiti che richiedono comprensione e ragionamento, esse si formano anche dei «modelli mentali», cioè rappresentazioni che mantengono una relazione di analogia strutturale con una situazione del mondo esterno (Johnson-Laird, 1983) ma che si distinguono dalle immagini mentali perché natura più schematica e astratta. Anche se talvolta paragonati a modelli statici — come i modelli di molecole, i modelli architettonici o i diagrammi scientifici — i modelli mentali hanno natura dinamica. In particolare, già nelle prime caratterizzazioni dei modelli mentali (Gentner e Stevens, 1983) si sottolineava il fatto che tali modelli possono essere “eseguiti” attraverso il processo della «simulazione mentale». La simulazione mentale è una strategia cognitiva che entra in gioco anche in compiti ordinari, come ad esempio quando ci si trova a dover spostare un divano da una stanza all'altra o ad assemblare un mobile componibile senza avere a disposizione il libretto delle istruzioni. Hegarty (2000) ha investigato sperimentalmente l'uso della simulazione mentale in compiti che richiedono la comprensione del funzionamento di semplici sistemi meccanici o idraulici a partire dalle loro descrizioni in forma di immagini e testi, e ha sottolineato la differenza fra immaginazione visiva e simulazione mentale. L'immaginazione visiva è basata sull'ispezione olistica di un'immagine mentale del sistema, mentre la simulazione mentale su:

- la simulazione di eventi che si svolgono un passo alla volta;
- informazioni non solo visive ma anche cinestesiche (es. forza o densità);
- la rappresentazione di azioni motorie.

In altre parole, la costruzione di un modello mentale non ha come scopo quello di «osservare» tale modello, bensì di utilizzarlo per prevedere un possibile stato di cose,

esattamente come gli scienziati creano dei modelli da simulare al computer per prevedere il comportamento di un sistema (Landriscina, 2009; 2012; 2012b).

La situazione dei soggetti degli esperimenti di Hegarty sopra citati non è troppo lontana da quella che uno studente può incontrare nella lettura di un libro di testo che contiene delle immagini. Se il compito di apprendimento lo richiede, o per suo interesse personale, uno studente può interpretare un'immagine statica e animarla mentalmente, in particolar modo, come evidenziato da Heiser e Tversky (2006) se l'immagine contiene elementi «extra-pittorici» come frecce o altri simboli visivi che suggeriscono un movimento. Si pensi, ad esempio, alle immagini scientifiche di un processo come il ciclo dell'acqua, alle linee di forza nel disegno di un campo magnetico o ai vettori che indicano il moto di un fluido.

Nel produrre o nel valutare un'immagine didattica è quindi anche doveroso chiedersi non solo in quale misura essa rappresenti «correttamente» il suo oggetto, ma anche quali saranno i modelli mentali che lo studente si formerà guardando l'immagine, e quali fattori influenzeranno tale rappresentazione (presenza di elementi extra-pittorici, rapporto con un eventuale testo, fattori culturali legati allo stile dell'immagine, uso del colore, ecc.). Al riguardo, Clark e Lyons (2010) individuano nella costruzione di modelli mentali, definita come la creazione di nuovi schemi mentali e la loro integrazione con quelli esistenti, una delle funzioni psicologiche delle immagini da considerare nella progettazione didattica (le altre funzioni descritte dalle autrici sono il supporto all'attenzione, l'attivazione della conoscenza, la minimizzazione del carico cognitivo, il supporto al transfer dell'apprendimento, e il supporto alla motivazione).

La disciplina del graphic design è un'utile fonte di indicazioni e linee guida per comunicare in modo efficace un determinato messaggio, così come la teoria dell'apprendimento multimediale e la teoria del carico cognitivo lo sono per evitare «cattivi usi» dell'immagine che potrebbero inficiarne il valore didattico (Landriscina, 2007; 2011). Tuttavia, quando lo scopo dell'immagine è di supportare processi di cambiamento concettuale o di risoluzione di problemi, entrano in gioco più tipicamente indicazioni come quelle fornite dall'approccio metodologico conosciuto come Model-Based Learning and Teaching (Seel, 2003; Clement e Rea-Ramirez, 2008). In questo approccio viene data grande rilevanza al cambiamento dei modelli mentali degli studenti nell'apprendimento di nuovi concetti e alla loro esternalizzazione in modelli esterni. In particolare, l'apprendimento può essere descritto in questo caso come una progressione di modelli mentali da uno stato iniziale, caratterizzato dalle preconcezioni dello studente, ad un modello target, di spiegazione causale, attraverso una serie di modelli intermedi. Sono a questo riguardo significative le esperienze pilota condotte da Clement e Rea-Ramirez (2008) in alcune scuole americane nell'ambito del progetto di ricerca Visual Modeling Strategies In Science Teaching. In tali esperienze, studenti di scuola secondaria di primo grado hanno costruito insieme al loro insegnante una progressione di modelli visivi della respirazione, partendo da concezioni iniziali errate del processo respiratorio e arrivando dopo una serie di passi intermedi, al modello scientificamente corretto. Seguendo questa tecnica di insegnamento, chiamata da Clement «co-costruzione di modelli in classe», le immagini prodotte dagli studenti possono essere utilizzate per stimolare una progressiva raffinazione dei loro modelli mentali. L'insegnante può discutere con la classe un'immagine, evidenziare con delle domande le ragioni per cui essa non è una descrizione soddisfacente del fenomeno oggetto di studio, e far creare nuove immagini sulla base di quanto emerso dalla discussione, in un processo iterativo in cui le immagini

servono sia a rappresentare i modelli mentali degli studenti che a stimolare la costruzione di nuovi modelli.

Non è necessario che le immagini prodotte dallo studente siano di buona qualità artistica; semplici schizzi a matita sono un modo efficace per comunicare, esplorare e rivedere i propri modelli mentali. Il disegno diventa così un vero e proprio strumento cognitivo, che non richiede necessariamente computer o lavagne multimediali, e può essere un modo efficace per diagnosticare la comprensione di un concetto da parte dello studente. Ad esempio, Chi (2000) ha chiesto a studenti universitari di descrivere con disegni e testi il funzionamento del cuore e della circolazione. Molti dei disegni e delle descrizioni riflettevano modelli mentali inesatti del flusso sanguigno, ad esempio ignorando il ruolo dei polmoni. Questo approccio richiede però di superare la tradizionale divisione fra materie scientifiche e artistiche, dove solo in queste ultime si chiede allo studente di disegnare qualcosa, mentre nelle prime l'output richiesto allo studente è generalmente di tipo solo verbale (cioè scritto o parlato, quando non unicamente di mettere delle crocette in delle schede). L'uso didattico dell'immagine si gioca quindi in questi casi fra i due poli dell'internalizzazione (dall'immagine alla mente) e dell'esternalizzazione (dalla mente all'immagine).

Un altro interessante filone di ricerca è quello del rapporto fra modelli mentali e visualizzazione scientifica, dove con questo termine si intende la rappresentazione visiva per mezzo di programmi di computer graphics di dati scientifici, come mezzo di studio e di comprensione dei fenomeni che avvengono in sistemi naturali o artificiali. Le visualizzazioni scientifiche sono in genere dinamiche, cioè consistono in animazioni che mostrano il cambiamento del sistema nel tempo. Esse sono inoltre caratterizzate dalla possibilità di interagire con l'immagine, a volte semplicemente modificandone le modalità di visualizzazione (cambi di prospettiva, ingrandimenti, rotazioni, cambiamenti nella velocità dell'animazione) altre volte simulando scenari alternativi, cioè cambiando i valori delle variabili che descrivono il comportamento del sistema.

Il caso degli ambienti di apprendimento basati sulla simulazione è particolarmente interessante, in quanto da una parte abbiamo i modelli mentali degli studenti e, dall'altra, dietro le immagini che compaiono sul monitor, il modello computazionale sottostante la simulazione, cioè le equazioni o le regole che determinano il comportamento della simulazione, e che sono, a loro volta, la traduzione in termini algoritmici di un modello concettuale. Ad esempio, l'immagine riportata in fig. 1 mostra l'interfaccia di un simulatore che ha come oggetto la relazione fra temperatura e moto delle particelle in un gas.

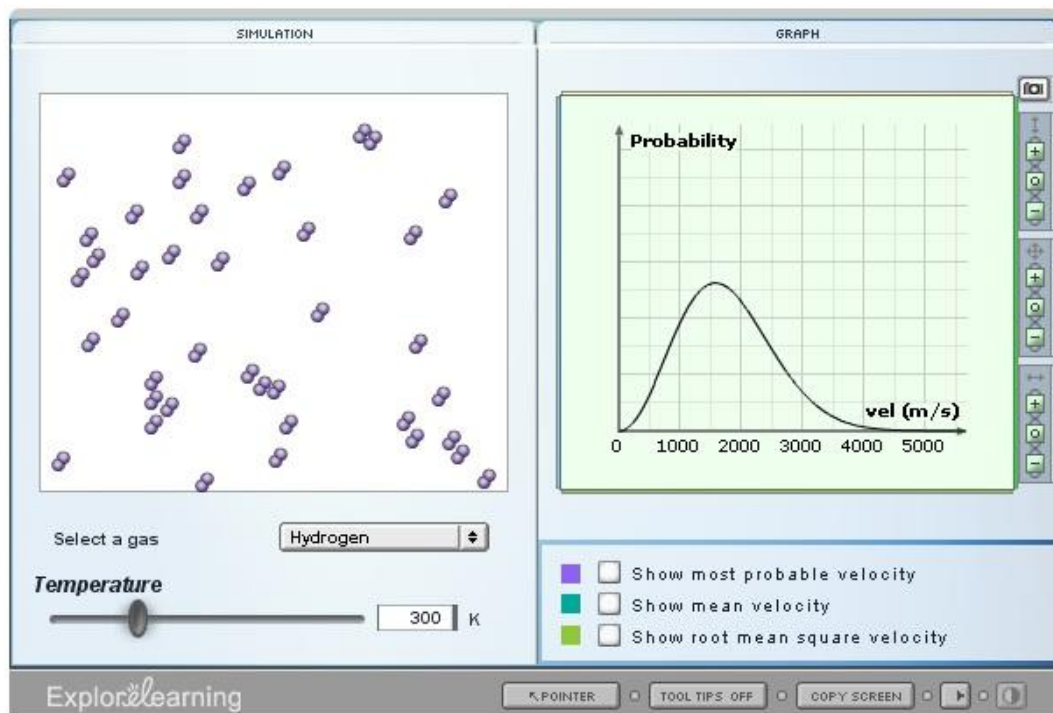


Fig. 1 Ambiente di apprendimento basato sulla simulazione. Immagine riprodotta per gentile concessione di ExploreLearning Gizmos™ (<http://www.ExploreLearning.com>).

Il modello concettuale è quello della teoria cinetica dei gas, il modello computazionale l'equazione di Maxwell-Boltzmann della distribuzione statistica delle velocità molecolari. L'animazione mostrata nel pannello di sinistra non ha qui una funzione puramente decorativa o generica, ma riesce a veicolare molto efficacemente una delle conseguenze della teoria cinetica dei gas, vale a dire il fatto che anche a temperature più elevate ci sono molecole che si muovono più velocemente e altre più lentamente. Anche in questo caso, tuttavia, questo potrebbe non essere notato dallo studente, in quanto è comunque il modello mentale iniziale che condiziona la comprensione, agendo come una sorta di filtro della percezione. Da qui l'esigenza di metodi e tecniche didattiche finalizzate a suscitare negli studenti l'esigenza di progredire da un modello mentale ad un altro.

## Bibliografia

Barsalou L.W., Santos A., Simmons W.K. e Wilson C.D. (2008), *Language and simulation in conceptual processing*. In M. De Vega, A.M. Glenberg e A.C. Graesser (a cura di), *Symbols, Embodiment, and Meaning*, Oxford, Oxford University Press, pp. 245-283.

- Chi M.T.H. (2000), *Self-explaining: The dual processes of generating inferences and repairing mental models*. In R. Glaser (a cura di), *Advances in Instructional Psychology*, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 161-238.
- Clark R.C. e Lyons C. (2010), *Graphics for Learning: Proven Guidelines for Planning, Designing, and Evaluating Visuals in Training Materials*, San Francisco, CA, Pfeiffer.
- Clement J.J. e Rea-Ramirez M.A. (a cura di) (2008), *Model Based Learning and Instruction in Science*, New York, NY, Springer.
- Johnson-Laird P.N. (1983), *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*, Cambridge University Press.
- Kosslyn S.M. (1973), *Scanning visual images: Some structural implications*, «*Perception & Psychophysics*», vol. 14, pp. 90-94.
- Landriscina F. (2007), *Ma si fanno i conti con il carico cognitivo?*, «*Journal of E-Learning and Knowledge Society*», vol. 3, n. 1, pp. 63-74.
- Landriscina F. (2009), *Apprendere con le simulazioni. Quando e come avvalersene*, Trento, Erickson.
- Landriscina F. (2011), *Modelli di riferimento per l'uso didattico della comunicazione visiva*. In A. Calvani (a cura di), *Principi di comunicazione visiva e multimediale*, Roma, Carocci.
- Landriscina F. (2012a), *Simulation and learning: The role of mental models*. In N. Seel (a cura di), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, New York, NY, Springer, pp. 3072-375.
- Pylyshyn Z.W. (1973), *What the Mind's Eye Tells the Mind's Brain*, «*Psychological Bulletin*», vol. 80, n. 1, pp. 1-24.
- Seel, N.M. (2003), *Model-Centered Learning and Instruction*, «*Tech., Inst., Cognition and Learning*», vol. 1, pp. 59-85.
- Shepard R.N. e Metzler J. (1971), *Mental Rotation of Three-Dimensional Objects*, «*Science*», vol.171, pp. 701-703.