IRIS AperTO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Sappiamo davvero come far apprendere?
Credenza ed evidenza empirica.

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available http://hdl.handle.net/2318/142195 since

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

12 October 2024

Form@re
Open Journal per la formazione in rete

articoli

Sappiamo davvero come far apprendere? Credenza ed evidenza empirica.

Roberto Trinchero[a]

[a]*Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione - Università degli Studi di Torino*
roberto.trinchero@unito.it

Abstract

"I ragazzi con più stimoli apprendono di più e meglio di quelli sottoposti a meno stimoli!", "In questa scuola non possiamo fare didattica attiva perché non abbiamo i laboratori!", "I ragazzi imparano meglio se li si lascia sperimentare e costruire i concetti da soli!", "La lezione frontale? Ormai è una strategia didattica superata!", "Se hai capito il concetto una volta, poi lo saprai applicare sempre!", "I ragazzi imparano meglio quando fanno lavori di gruppo!". Quante volte avete sentito insegnanti ed educatori pronunciare queste frasi? Ma cosa dice la ricerca in proposito? Queste sono solo credenze o hanno davvero un fondamento empirico? Il presente articolo intende fornire alcune evidenze per supportare, confutare, chiarire le condizioni di validità degli asserti suddetti. Le evidenze sono tratte dalla ricerca sul funzionamento della mente e dalle meta-analisi che si sono occupate di sintetizzare i principali studi empirici riguardanti l'impatto di varie strategie didattiche sull'apprendimento dei soggetti in formazione.

Parole chiave: ricerca educativa, educazione supportata da evidenze empiriche, efficacia della didattica, strategie didattiche.

Abstract

"The children that have more stimulation learn more and better than others!", "In this school, we can't do active learning because we have no laboratories!", "Children learn best if you let them experiment and build concepts alone! "," The frontal lesson? It is an old teaching strategy!"," If you understand the concept once then you'll know always how to apply it!", "Children learn best when they work in groups!". How many times have you heard teachers and educators say these phrases? What does research say about it? These are just beliefs or really have an empirical foundation? This article intends to present some evidence to support, refute, clarify the conditions of validity of these assertions. The evidence is drawn from research about how work human mind and meta-analyzes that have dealt with summarizing the main empirical studies concerning the impact of different teaching strategies on the learning of pupils.

Keywords: educational research, evidence-based education, evidence informed education, effectiveness of teaching, teaching strategies.

(cc) BY-NC-ND

Introduzione

Sappiamo davvero come si apprende? E sappiamo come far apprendere? Spesso le azioni degli insegnanti sono guidate da una sorta di "pedagogia popolare" che da un lato può tendere a supportare una svariata serie di teorie intuitive sull'apprendimento, dall'altro risentire di "mode didattiche" che, ciclicamente, percorrono il dibattito educativo (si pensi all'enfasi data nel dibattito scolastico dell'ultimo ventennio a termini quali "approccio costruttivista", "cooperative learning", "portfolio", "mappe concettuali", ecc.). Queste posizioni, di fatto, si sostituiscono a quadri teorici di riferimento basati su paradigmi pedagogici/didattici scientificamente fondati (Bruner, 1997, pp. 58-59).

Credenze e mode non sono ovviamente il modo migliore per fondare una buona pratica educativa. I prerequisiti per un'azione didattica di comprovata efficacia dovrebbero risiedere nella conoscenza approfondita dei modi in cui la mente apprende e delle strategie dimostratesi efficaci nella sperimentazione sul campo.

Presenteremo nei paragrafi successivi alcuni interrogativi cui è possibile dare risposte fondate su credenze di "pedagogia popolare" o risposte basate su evidenze empiriche, e vedremo che le due risposte non sempre coincidono. Come fonti di evidenze empiriche utilizzeremo le sperimentazioni della psicologia cognitiva riguardanti il funzionamento della memoria a breve e lungo termine e sulle modalità che la mente adotta per recepire e mantenere informazioni (sintetizzate da Anderson, 2009 e rese operative da Clark et al., 2006 e Clark, 2010), le meta-analisi sull'efficacia di diversi fattori nel promuovere successo scolastico operate da Hattie (2009) e Marzano et al. (2001) e le risultanze emerse dall'analisi dei dati italiani dell'indagine Ocse-Pisa 2009 (Borrione, Abburrà, Trinchero, 2011). Per le meta-analisi le risultanze saranno accompagnate dal valore di *Effect Size* (ES), tanto più alto quanto più il fattore considerato ha dimostrato di incidere sugli esiti di apprendimento[1].

1. Più stimoli diamo agli allievi, più apprendono?

No. Secondo la psicologia cognitiva[2], il soggetto che apprende costruisce rappresentazioni mentali a partire dalle informazioni che esperisce autonomamente dall'ambiente o che riceve - attraverso un'opportuna mediazione - in un percorso formativo. Nella costruzione di rappresentazioni mentali il soggetto trasforma tale "informazione" in "conoscenza". È credenza condivisa che bambini e ragazzi apprendano di più se sono sottoposti a tanti stimoli e se hanno a disposizione molteplici fonti informative. Questa credenza non tiene conto del fatto che la mente umana ha una capacità limitata di elaborare informazioni nella memoria a breve termine. Fornire un numero troppo elevato di stimoli agli allievi, ad esempio utilizzando materiali didattici con informazioni eccessive (in rapporto agli obiettivi di apprendimento) o ridondanti, comporta l'aumento del *carico cognitivo* degli studenti, ossia l'impiego di risorse mentali

[1] Normalmente si considera efficace un fattore con ES superiore a 0.4, che rappresenta la media di tutti gli ES dei principali fattori considerati da Hattie (2009) nella sua meta-analisi. Tanto più un fattore ha un ES superiore a 0.4, tanto più si può dire che la sua influenza sugli esiti di apprendimento sia elevata.
[2] Per una rassegna delle ricerche e delle posizioni teoretiche si veda Anderson (2009).

nell'elaborare le informazioni e nel trasformarle in conoscenza stabile, ma questo non si traduce automaticamente nella costruzione di "buone" rappresentazioni mentali.

La teoria del carico cognitivo (Sweller e Chandler, 1991; Sweller et al. 1998; Van Merriënboer, Ayres, 2005), supportata da numerose evidenze empiriche (si vedano ad esempio Clark et al. 2006; Clark 2010), sottolinea l'importanza di un'adeguata mediazione del docente nel proporre all'allievo sequenze istruttive che ottimizzino il suo carico cognitivo. Secondo tale teoria, il soggetto che apprende si trova sottoposto ad un carico cognitivo *intrinseco*, ossia legato alla naturale complessità del compito e al livello di expertise dello studente (e quindi non riducibile), e ad un carico cognitivo *estraneo* che non contribuisce agli apprendimenti desiderati e che può essere opportunamente ridotto con un'adeguata progettazione degli interventi e dei materiali didattici. A questi si affianca il carico cognitivo *pertinente* (in inglese *germane*), ossia quel carico di lavoro "buono" che la mente impiega nella costruzione e nell'automazione di opportune rappresentazioni mentali a partire dai contenuti oggetto di apprendimento.

È quindi importante ridurre al minimo il carico cognitivo estraneo e ottimizzare il carico cognitivo intrinseco, ad esempio attraverso la *segmentazione* del compito in elementi più semplici (*chunking*), la sua *sequenzializzazione* in fasi (*sequencing*), il *controllo dello studente sul ritmo di presentazione* delle informazioni (*pacing*). Un esempio di applicazione di tali principi alla descrizione del funzionamento di un apparato può essere ad esempio lo scomporre l'apparato nelle sue parti costituenti (*chunking*), il descrivere tali parti dalla più semplice (quella che mette in gioco meno parametri per la sua descrizione) alla più complessa (*sequencing*), il lasciare che sia lo studente a decidere quando le informazioni presentate siano state assimilate nelle proprie strutture cognitive e quindi sia il momento di passare ad esaminare la descrizione della parte successiva (*pacing*).

Tali istanze vengono confermate anche dalle evidenze che emergono dall'indagine Ocse-Pisa 2009 per l'Italia (Borrione, Abburrà, Trinchero, 2011, p. 124). Gli studenti che dichiarano di studiare cercando di *memorizzare tutti i dettagli presenti sul testo*, ripetendolo più e più volte, ottengono risultati sistematicamente peggiori rispetto a quelli che utilizzano strategie di studio basate sulla gerarchizzazione dei contenuti in concetti più importanti e concetti secondari.

2. Per mettere in atto percorsi di apprendimento attivo è necessario essere attivi nel comportamento?

No. L'apprendimento attivo viene associato dalla "pedagogia popolare" alla manipolazione e alla sperimentazione in laboratorio, ma non vi è alcun legame dimostrato tra essere attivi cognitivamente ed essere attivi nel comportamento. E' l'essere attivi cognitivamente a promuovere l'apprendimento significativo (Ausubel, 1978). Questo significa che si può ottenere apprendimento significativo anche per ricezione, a patto che ad essa segua un'opportuna elaborazione cognitiva da parte dello studente, volta ad un'attiva *assegnazione di significato* alle informazioni esperite o ricevute attraverso i canali verbale/uditivo, visuale e cinestetico[3]. La corretta assegnazione di significato

[3] La ricerca dimostra che i tre canali (verbale/uditivo, visuale e cinestetico) lavorano in maniera strettamente interrelata (Anderson, 2009, pp. 115-132; Clark, 2010, p. 11; Krätzig & Arbuthnott, 2006, p. 241; Paivio, 1986).

dipende ovviamente dalle *preconoscenze* che hanno gli studenti in relazione ai temi trattati (Clark et al., 2006; Clark, 2010) ed è il prerequisito alla costruzione di rappresentazioni mentali efficaci e durature, dato che sono i significati che gli studenti associano alle informazioni esperite o ricevute a passare nella memoria a lungo termine, più che le informazioni stesse (Anderson, 2009, pp. 116-120).

Una corretta assegnazione di significato è legata all'elaborazione "profonda" (*deep processing*, Anderson, 2009, pp. 151-152) dei contenuti oggetto di apprendimento. Si considera "profonda" un'elaborazione che prevede il recupero dei significati più importanti - e funzionali agli obiettivi di apprendimento - insiti in un materiale di studio e il collegamento di tali significati alle conoscenze già possedute dal soggetto che apprende, organizzando il tutto in una struttura complessiva coerente. La profondità di elaborazione dei contenuti è quindi d'importanza cruciale per il loro passaggio nella memoria a lungo termine (Anderson, 2009, p. 151 e pp. 166-167).

Sia l'elaborazione "profonda" sia l'elaborazione "di superficie" (*surface processing*) possono utilizzare una pluralità di processi cognitivi, ma non vi può essere elaborazione profonda senza attivazione di processi cognitivi di ordine superiore. Esempi di attività cognitive di ordine superiore possono essere:

- riformulare e riassumere i contenuti proposti;
- identificare in essi similarità, differenze, analogie, corrispondenze;
- costruire ed utilizzare categorizzazioni;
- ricostruire percorsi causali e prevedere il seguito di un brano;
- scomporre un sistema nelle sue parti costituenti e ricomporlo;
- distinguere fatti da interpretazioni;
- identificare punti di vista differenti all'interno di materiali di studio;
- costruire domande sui materiali di studio e proporre riposte plausibili;
- controllare la coerenza interna dei propri prodotti e valutarli con un sistema di criteri esterno.

Sull'importanza dell'attivazione di processi cognitivi di ordine superiore nel promuovere apprendimento significativo si veda anche Rosenshine (2009).

Coerentemente con i principi esposti, la Clark (2010, p. 36) sottolinea la necessità di promuovere il coinvolgimento "cognitivamente attivo" degli studenti attraverso l'uso frequente di attività che stimolino l'elaborazione cognitiva richiesta per l'apprendimento (ad esempio momenti di pratica delle proprie conoscenze ed abilità su problemi di difficoltà controllata) e di attività - che la Clark stessa chiama *implicit instructional methods* - che favoriscano l'elaborazione "profonda" dei contenuti, ad esempio esposizioni del docente che fanno uso coordinato di testo e grafica, in modo da indurre gli studenti ad utilizzare il doppio canale (verbale e visuale) per elaborare ed assegnare significato alle informazioni a disposizione.

Numerose evidenze sostengono le istanze descritte. L'importanza di una corretta assegnazione di significato ai termini che gli studenti incontrano nei materiali si studio è confermata dall'efficacia attribuita da Hattie agli interventi preliminari volti al miglioramento del "vocabolario" degli studenti, ossia all'arricchimento dell'insieme di termini linguistici di cui essi conoscono il significato e del lessico da essi utilizzato nella lingua scritta e parlata (Hattie 2009, ES=0,67).

A favore dell'importanza della profondità di elaborazione poi, vi sono evidenze empiriche che dimostrano come il porre al lettore frequenti domande inframmezzate alla

lettura di un testo ne migliori l'apprendimento (Mayer et al., 2009; Anderson, 2009, pp. 167-169), così come porre domande che chiedano allo studente di giustificare la soluzione proposta dal testo stesso ad un problema (*self-explanations*, Clark et al., 2006, p. 230). Hattie (2009) assegna un'efficacia molto elevata agli interventi volti a migliorare la comprensione del testo da parte degli studenti (ES=0,58), agli interventi volti a migliorare la creatività (vista anche come una risorsa aggiuntiva per elaborare in maniera non superficiale i materiali di studio, ES=0,65), agli interventi volti a migliorare le strategie di studio (ES=0,59), agli interventi che prevedono che gli studenti elaborino mappe concettuali dai materiali di studio (che li inducono a esplorare "in profondità" i significati in essi contenuti, ES=0,57).

Marzano et al. (2001) sottolineano l'efficacia del proporre attività che richiedono agli studenti di identificare similarità e differenze, anche tra concetti a loro famigliari (ossia tratti dalla propria quotidianità) e concetti oggetto di apprendimento (ES=1,32), del prendere appunti creando rappresentazioni linguistiche personali dei contenuti da apprendere (ES=0,99), del creare rappresentazioni grafiche di ciò che si sta studiando (ES=1,24), della manipolazione (mentale e fisica) di oggetti o simboli che rappresentano i concetti oggetto di studio (ES=0,89).

Sempre nel favorire l'elaborazione "profonda" dei contenuti proposti, particolarmente efficaci risultano, secondo Hattie (2009, ES=1,28), i "programmi piagetiani", ossia strategie didattiche che tengono conto di come "ragionano gli studenti" (il riferimento è ai quattro stadi di Piaget: sensomotorio, preoperatorio, delle operazioni concrete, delle operazioni formali), e che adeguano i compiti e i materiali proposti a questi modi di ragionare. L'insegnante deve aspettarsi che ciascun bambino ragioni in modo differente secondo lo stadio di sviluppo da lui raggiunto, che dipende dall'età, ma non avviene negli stessi tempi per tutti i bambini (Slavin, 2008). Forzando il bambino a ragionare secondo modalità non coerenti con il proprio modo di ragionare si ottengono solo misconcezioni o apprendimenti "di superficie"; chiedendo al bambino di attivare processi cognitivi alla sua portata si favorisce invece un'elaborazione profonda dei contenuti. Ad esempio, per i bambini che si trovano nello stadio delle operazioni concrete si può ottenere elaborazione profonda coinvolgendoli in attività manipolatorie. E' importante che l'insegnante proponga problemi di adeguata difficoltà, compatibili con il modo di ragionare attuale dei bambini, ma non si limiti solo a far replicare il conosciuto. Un buon problema deve essere in grado di far compiere all'allievo quel "passo in più" verso l'ampliamento delle proprie rappresentazioni mentali e l'affinamento delle proprie capacità cognitive. Il focus dell'azione didattica deve essere posto sui *processi di pensiero* attivati dal bambino nel risolvere i problemi proposti, più che sulle soluzioni dei problemi stessi: in tal modo è possibile lavorare sulle strategie cognitive dei bambini e migliorarle. I principi suddetti possono essere applicati non solo a bambini, preadolescenti ed adolescenti, ma anche a giovani adulti: il programma ADAPT (*Accent on Developing Abstract Processes of Thought*, Fuller, 1982) è un esempio ben documentato di applicazione dei concetti di ragionamento formale, transizionale e concreto al potenziamento delle capacità di ragionamento degli studenti universitari.

3. Gli allievi imparano meglio se sono lasciati liberi di sperimentare e costruire le proprie conoscenze?

No. Una credenza tipica del costruttivismo "ingenuo" è che gli allievi apprendano meglio se lasciati elaborare, costruire e sperimentare da soli le proprie rappresentazioni mentali.

La ricerca dimostra invece che il supporto cognitivo del docente (Rosenshine, 2009) è fondamentale per rendere "acquisibili" le informazioni che l'allievo deve apprendere e per controllare che siano state correttamente apprese. La guida istruttiva dell'insegnante deve operare dapprima nella fase di acquisizione per aiutare gli allievi ad assegnare il corretto significato alle informazioni esperite o ricevute e a collocarle correttamente nelle proprie strutture cognitive, e, in una fase successiva, per controllare la correttezza, congruenza ed efficacia delle rappresentazioni mentali costruite. In assenza di un'adeguata guida istruttiva gli allievi possono facilmente sviluppare rappresentazioni mentali errate, distorte o non ottimali.

Per mettere in atto un'efficace guida istruttiva, l'insegnante deve prevedere frequenti momenti di sperimentazione e di "messa in pratica" delle rappresentazioni mentali costruite dagli studenti. Questi momenti diventano ottime occasioni di feedback studenti→docente (il docente vede come gli studenti applicano ciò che hanno appreso e si rende conto se è stato compreso o meno) e docente→studenti (il docente interviene per correggere eventuali miscomprensioni). Hattie (2009) assegna una forte efficacia al feedback (ES=0,73) e agli interventi che prevedono l'uso della valutazione formativa (ES=0,90), così come Marzano et al. (2001) sottolineano l'importanza del fornire feedback agli studenti su processi e strategie messe da loro in atto (ES=0,74).

Ovviamente scopo del feedback deve essere non solo quello di scoprire ed eliminare incongruenze e miscomprensioni, ma soprattutto quello di rendere progressivamente autonomo lo studente nel regolare il proprio apprendimento, portandolo a essere in grado di scoprire da solo quando le cose "vanno bene" o "vanno male" senza dover sempre dipendere da un valutatore esterno. Per questo è necessario promuovere l'uso di strategie metacognitive da parte degli studenti (ad esempio strategie che consentano loro il controllo della reale comprensione dei testi che leggono e delle lezioni che ascoltano, oltre che dell'efficacia delle strategie di studio che adottano). A tal proposito la Clark (2010, 229) sottolinea il ruolo-chiave della riflessione sui propri errori. Hattie (2009) assegna una forte importanza all'uso di strategie metacognitive (ES=0,69) e ai processi di auto verbalizzazione di quanto è stato appreso, anche supportati dal porsi domande volte a monitorare la propria comprensione dei materiali di studio (*self-verbalization & self-questioning*, ES=0,64). Marzano et al (2001) concordano con gli altri autori sull'efficacia di strategie istruttive che prevedono attività metacognitive (ES=0,72).

Tali risultati sono confermati anche dalle evidenze che emergono dall'indagine Ocse-Pisa 2009 per l'Italia (Borrione, Abburrà, Trinchero, 2011, pp. 126-136). Gli studenti che cercano, in modo autonomo, di collegare le nuove informazioni acquisite a scuola alle conoscenze già acquisite in altre materie e agli eventi della vita extrascolastica e alla propria esperienza personale non ottengono risultati significativamente differenti rispetto a coloro che non lo fanno. Risultati significativamente migliori sono invece ottenuti dagli studenti che usano *strategie di controllo della propria comprensione*, ad esempio prima di studiare si fanno una panoramica di cosa esattamente devono imparare, selezionano i concetti più importanti presenti nel testo, verificano se hanno compreso ciò che hanno letto, individuano i concetti che per loro non sono chiari, e cercano nuove informazioni per chiarirli. Risultati significativamente migliori vengono anche ottenuti dagli studenti che utilizzano *strategie di elaborazione "non superficiale" dei testi letti*, ossia sottolineano le parti importanti di un testo, lo riassumono con parole proprie, ne discutono il contenuto con altre persone per controllare la propria comprensione, e *strategie metacognitive per riassumere i testi*, ossia controllano con attenzione che i dati più importanti del testo siano riportati nel riassunto. Inoltre, ottengono risultati

significativamente migliori gli studenti che dichiarano di aver avuto una miglior *guida istruttiva*, in termini di docente che fa domande agli studenti sul significato dei testi, dà tempo agli studenti di riflettere prima di rispondere, li stimola a leggere libri e a esprimere la propria opinione su di essi, li aiuta a collegare quanto appreso alle loro conoscenze pregresse ed esperienze personali, illustra con chiarezza ciò che egli si aspetta dagli studenti e come questo verrà valutato, discute con loro i lavori che gli studenti hanno fatto, dà loro la possibilità studenti di fare domande sul lavoro da svolgere, stimola la discussione e fornisce valutazione formativa sui lavori fatti dagli studenti.

4. La lezione frontale è una strategia didattica superata?

No, ma dipende da come si svolge. Se è impostata come una conferenza, cioè come momento puramente trasmissivo, in cui il docente espone dei contenuti a studenti che prendono appunti, la lezione frontale è scarsamente efficace, giacché vengono a mancare tutti gli elementi di elaborazione profonda e di feedback in precedenza descritti.

Diverso è il caso di una lezione frontale altamente interattiva sul modello, ad esempio, dell'*istruzione diretta* (*direct instruction*, Rosenshine, Stevens, 1986; Adams, Engelmann, 1996). Tale strategia prevede che il docente svolga una serie di azioni volte a massimizzare l'efficacia del trasferimento d'informazioni e della costruzione di rappresentazioni mentali da parte degli studenti. Anzitutto deve dichiarare preventivamente ciò che gli allievi dovranno essere in grado di fare dopo l'intervento didattico e quali sono i criteri di successo per valutare la loro prestazione. Il docente inizia la lezione usando tecniche per catturare l'attenzione, ad esempio fornisce una panoramica dei contenuti che tratterà anche avvalendosi di *organizzatori anticipati* (es. schemi, mappe, tassonomie, si veda Ausubel, 1978), pone problemi e domande stimolanti agli studenti per incuriosirli nei confronti del tema oggetto di lezione (anche riferendosi alle esperienze che essi compiono nel loro mondo), propone una breve lettura stimolante, compie una piccola dimostrazione o esperimento. L'esposizione dei contenuti viene poi svolta usando tecniche opportune, ad esempio la *comparazione e contrasto* (*compare & contrast*) in cui il docente mette in evidenza similarità e differenze tra due oggetti/eventi/concetti, il *modelling* ossia una breve spiegazione seguita da esempi e dimostrazioni, l'uso di *worked examples* ossia esempi paradigmatici di problemi risolti e commentati, che illustrino in concreto cosa lo studente deve fare per raggiungere l'obiettivo che gli è stato proposto (si veda Clark, 2010, p. 44) e il *pensiero ad alta voce* (*thinking aloud*) in cui il docente verbalizza, lentamente e con chiarezza, il processo logico che compie nel risolvere un problema. L'esposizione dei contenuti deve avere una durata limitata, per non togliere spazio alle attività successive e per non compromettere l'attenzione degli studenti, va svolta in modo da stimolare le loro domande e l'interazione con il docente e accompagnata da riferimenti costanti agli organizzatori anticipati (che dovrebbero essere sempre visibili, ad esempio su un cartellone appeso in classe) in modo che ogni concetto sia collocato dagli studenti nel punto giusto di una struttura di conoscenza. All'esposizione devono essere fatti seguire momenti di pratica guidata da parte dello studente, controllo di quanto appreso (valutazione formativa) e dissipazione puntuale di eventuali dubbi (il già citato feedback docente→studente). In seguito vanno previsti momenti di pratica indipendente, in cui gli studenti devono fare da soli ciò che prima avevano svolto con l'aiuto del docente. In quest'approccio, l'attenzione posta dal docente nel "far riuscire" gli studenti può portare effetti positivi anche sull'autostima

dello studente e sul suo senso di autoefficacia, oltre che sul piano dei contenuti e delle strategie cognitive.

Alla *direct instruction* nel suo complesso le meta-analisi assegnano un'efficacia elevata (Adams, Engelmann, 1996, ES=0,75; Hattie, 2009, ES=0,59) anche quando applicata a soggetti con BES. Efficacia elevata viene dimostrata anche dalle singole componenti della strategia. Secondo Hattie (2009) definire con chiarezza gli obiettivi dell'azione formativa ha effetti molto positivi sul successo (ES=0,56). Secondo Marzano et al. (2001) esplicitare gli obiettivi prima della lezione migliora decisamente l'apprendimento degli studenti (ES=0,97). Curare la chiarezza della propria esposizione è un altro elemento che ha un peso rilevante per il successo dell'azione didattica (ES=0,75, Hattie,pp. 2009). Hattie (2009, 126) sottolinea che la chiarezza dell'esposizione non deve limitarsi alla chiarezza del linguaggio adottato dal docente, ma va intesa in senso più ampio come un'adeguata combinazione dei momenti di organizzazione, spiegazione, esempi, pratica guidata e valutazione (Fendick 1990), che sono proprio i momenti che caratterizzano la *direct instruction*. Anche la "pratica deliberata" (ossia intenzionale, intrinsecamente motivata), attraverso la quale lo studente applica i contenuti appresi, sembra essere un elemento chiave per il successo della *direct instruction*. Anderson (2009, pp. 262-263) vede la pratica intenzionale come un'occasione di sperimentazione dei modelli mentali costruiti e di feedback sulla propria performance. La pratica dei contenuti assimilati è più efficace se distribuita nel tempo (Hattie, 2009, ES=0,71; Clark, 2010, p. 171), più che concentrata nel breve periodo, anche perché favorisce l'*automazione* dell'uso delle rappresentazioni costruite (Clark et al., 2006, pp. 233-235) ottimizzando il carico cognitivo dello studente nella risoluzione di problemi.

5. Aver compreso un argomento implica che lo si sappia trasferire in situazioni diverse da quella in cui è stato appreso?

No. Una credenza di senso comune è che "se un concetto è stato realmente compreso poi lo si sa applicare a tutte le situazioni della vita". La ricerca dice invece che non basta aver compreso concetti e procedure per poterli trasferire automaticamente a situazioni nuove. Il *transfer* non è per nulla scontato: uno studente che ottiene buoni risultati nelle attività scolastiche non è detto che sappia applicare ciò che ha appreso in contesti diversi da quello di apprendimento (Clark, 2010, p. 37). Secondo la Clark (2010, p. 166) tale problema va affrontato prevedendo opportuni *cues* (spunti, indicazioni), da fornire al momento stesso dell'apprendimento, che aiutino a riconoscere le situazioni cui potranno essere applicati i contenuti oggetto di apprendimento. Questo significa "incorporare il contesto dell'apprendimento" nell'apprendimento stesso, ad esempio proponendo nelle fasi di pratica guidata ed autonoma esercizi che richiedano l'applicazione dei contenuti a diverse situazioni paradigmatiche più che il loro semplice richiamo (Clark, 2010, p. 166), come può avvenire ad esempio se si chiede all'allievo di esporre definizioni o procedure. Oltre che promuovere la trasferibilità, fornire una descrizione di possibili contesti e situazioni in cui i contenuti esposti potranno essere applicati facilita anche il ricordo di quanto appreso (Anderson 2009, 196-199) e rende maggiormente significativi i contenuti di apprendimento per i soggetti in formazione, dove invece l'assenza di un'opportuna ricostruzione contestuale può farli sembrare irrilevanti (Clark, 2010, p. 214). Una strategia alternativa (Clark et al., 2006, pp. 218-226; Gick, Holyoak, 1980) può essere quella di proporre un insieme variegato di *worked examples* (si veda il paragrafo 4) da cui

astrarre principi comuni, che verranno così presentati insieme ad un ventaglio di contesti di applicazione.

È necessario poi distinguere il *near transfer*, che si riferisce all'applicazione dei contenuti appresi a situazioni già conosciute (ad esempio attività da svolgere tutte le volte allo stesso modo) dal *far transfer*, che richiede allo studente di adattare le sue conoscenze/abilità ad ogni nuova situazione che si trova di volta in volta ad affrontare. Lavorare a scuola sul *far transfer* prevede ad esempio il mettere gli studenti anche di fronte a situazioni mai affrontate prima, almeno in quella forma, supportandoli nell'utilizzare le proprie risorse per costruire risposte opportune. Ma cosa mette in grado lo studente di affrontare con successo situazioni mai viste prima? Anderson (2009, pp. 255-257), basandosi sugli esperimenti di Chi, Feltovich, Glaser (1981), Silver (1979), Schoenfeld, Herrman (1982), Weiser, Schertz (1983), Lesgold et al. (1988), sottolinea l'importanza di "percepire" il problema in modi tali che ne facilitino la soluzione, ossia di riconoscerne gli elementi chiave per la sua risoluzione, di identificare le analogie con i problemi che già conosce, di cogliere la necessità di riformularli per trasformarli in un qualcosa di già affrontato. Una corretta rappresentazione mentale del problema è il primo passo per la sua risoluzione (Anderson, 2009, pp. 230-231, sulla base degli esperimenti di Kaplan, Simon, 1990; Bassok, 1990; Bassok, Holyoak, 1989). Allo scopo di affinare la capacità di "leggere i problemi" la Clark (2010, p. 66) propone, per gli studenti che hanno già assimilato un primo corpus di conoscenze e di abilità di base, l'uso di ambienti di apprendimento "immersivi" (*immersive design*), basati su compiti realistici, tratti dalla vita quotidiana o lavorativa (*job-realistic task*), con i quali promuovere formazione in contesto, motivante, in grado di lavorare sulle capacità critiche degli studenti e favorire il transfer di quanto appreso (Clark, 2010, p. 222). Altro vantaggio degli ambienti immersivi e dei *job-realistic task* è l'indurre lo studente ad usare in modo organizzato un insieme di conoscenze ed abilità nella risoluzione di un problema; questo porta ad un miglior apprendimento (Clark, 2010, p. 173).

Le istanze suddette sono confermate dalle meta-analisi di Hattie (2009, pp. 210-212). Hattie assegna un'alta efficacia al *problem solving teaching* (ES=0,61), una strategia basata sull'azione del docente volta a definire le cause alla base del problema, identificare le alternative di soluzione, valutarle e selezionare le migliori (anche adottando prospettive multiple di interpretazione), progettare e mettere in atto un piano risolutivo e valutarne gli esiti. La strategia opposta, quella del *problem based learning* (dove è lo studente a doversi cimentare, seppur con l'aiuto di un tutor, nella costruzione autonoma di soluzioni a problemi "autentici", dal quale ricavare le conoscenze/abilità oggetto di apprendimento tramite un processo auto-diretto), ottiene un'efficacia bassissima in termini di riproduzione di conoscenza concettuale (ES=0,15), ma molto più alta in termini di comprensione ed applicazione dei principi sottostanti tale conoscenza (ES=0,66, Dochy et al., 2003, Gijbels et al., 2005). Le due strategie sembrano quindi essere complementari: la prima è utile per aiutare lo studente a costruire un substrato di conoscenza concettuale, la seconda per aiutare lo studente a sviluppare le abilità legate all'utilizzo di questa conoscenza nel risolvere problemi in modo autonomo, elemento chiave per il *transfer* di quanto appreso.

Anche Marzano et al. (2001) sottolineano l'efficacia di raccordare l'insegnamento ai contesti di applicazione delle conoscenze. Proporre agli studenti attività in cui devono generare ipotesi risolutive per un problema e testarle (ES=1,14), insegnare agli studenti come quello che apprendono può essere utile nella vita quotidiana (ES=0,92), proporre attività di *problem solving* che richiedano agli studenti di utilizzare le proprie conoscenze

ed abilità per superare un ostacolo (ES=0,54), sono tutte attività che migliorano l'apprendimento.

6. Apprendere in gruppo è più efficace che apprendere da soli?

Sì, a patto che le attività di apprendimento siano strutturate in modo opportuno. Contrariamente a quanto può suggerire il senso comune, non basta far "lavorare in gruppo" per migliorare l'apprendimento: è necessario che i membri del gruppo seguano un copione preciso. Strategie quali il *reciprocal teaching* (Rosenshine & Meister, 2004), il *peer tutoring* (Rohrback et al., 2003), lo *small group learning* (Springer et al., 1999) si dimostrano particolarmente efficaci. Nel *reciprocal teaching* (ES=0,74, Hattie, 2009), ogni studente a turno assume il ruolo di "insegnante" e illustra i significati associati a un materiale di studio (testo, video, ecc.), stimolando la discussione del gruppo su di essi. Questo favorisce l'elaborazione "profonda" dei materiali studiati (ad esempio attraverso strategie cognitive quali il riassumere, chiarificare, formulare domande e prevedere il seguito di un brano) e il controllo della propria comprensione, attraverso i feedback che giungono dal gruppo. Nel *peer tutoring* (ES=0,55, Hattie, 2009) uno studente, non necessariamente più anziano, assume il ruolo di "docente" uno o più compagni, non sostituendo ma affiancando l'insegnante. Tale cambiamento di ruolo, oltre a stimolare un'elaborazione "profonda" dei materiali di studio, favorisce anche lo sviluppo di capacità di autoregolazione dello studente-tutor sul proprio apprendimento e porta numerosi benefici agli studenti "tutorati", soprattutto riguardo alla comprensibilità dell'esposizione che lo studente-tutor è in grado di produrre. Nello *small group learning* (ES=0,49, Hattie, 2009), il docente forma coppie o piccoli gruppi mirati di allievi e assegna loro un compito da svolgere; i risultati migliori si ottengono quando le tecniche utilizzate sono strutturate (es. tecniche di *cooperative learning*), quando il gruppo è piccolo ed è formato da studenti che hanno già esperienza di lavoro di gruppo, quando i materiali su cui lavorare sono mirati alle caratteristiche e ai bisogni dei membri del gruppo. Anche Marzano et al. (2001) sottolineano l'efficacia di tecniche strutturate di *cooperative learning*, quali ad esempio il *jigsaw* (formazione di gruppi di studenti che approfondiscono ciascuno un argomento e successivamente ricomposizione degli studenti in nuovi gruppi in cui vi sia almeno uno studente formatosi nei gruppi di approfondimento originali, che possa esporre agli altri l'argomento di cui è diventato "esperto", ES=0,73) e il *peer explaining* (insegnamento operato da uno studente nei confronti di un altro o dell'intera classe, ES=0,63).

I benefici sul piano cognitivo s'intrecciano con quelli sul piano affettivo-relazionale. La Clark (2010, p. 115) evidenzia come la mente presti più attenzione e sia più propensa all'impegno se elabora messaggi "sociali" provenienti da relazioni interpersonali, che non messaggi che provengono da materiali di studio.

7. Alcune conclusioni: azioni efficaci nel promuovere apprendimento

Sulla base delle evidenze presentate cerchiamo a questo punto di trarre alcune conclusioni, isolando le azioni "efficaci" del docente nel promuovere apprendimento significativo (Tabella 1) e dell'allievo (Tabella 2).

Il docente agisce in modo efficace se:	*Il docente non agisce in modo efficace se:*
Propone materiali didattici sintetici e focalizzati sugli obiettivi di apprendimento.	Propone materiali didattici che contengono informazioni ridondanti o scarsamente coerenti con gli obiettivi di apprendimento per cui sono utilizzati.
Propone materiali didattici che utilizzano immagini e testi brevi di spiegazione, coerenti con l'immagine stessa.	Propone materiali didattici che obbligano lo studente a uno sforzo aggiuntivo nel capire che relazione c'è tra testi e immagini.
Opera un'opportuna mediazione dei contenuti di apprendimento per fare sì che l'allievo assegni il giusto significato alle informazioni ricevute o esperite.	Lascia che gli allievi assegnino da soli significato alle informazioni ricevute o esperite.
Presenta le informazioni in segmenti brevi e dà il tempo allo studente di assimilarle nelle proprie strutture cognitive.	Fornisce troppe informazioni, o inizia a spiegare un nuovo argomento senza che l'argomento precedente sia stato correttamente assimilato.
Prevede momenti in cui gli studenti debbano mettere alla prova le proprie rappresentazioni mentali (valutazione formativa), nelle quali controlla che le informazioni fornite siano effettivamente state assimilate nel modo corretto, e fornisce un feedback dettagliato allo studente utile per correggere miscomprensioni.	Non prevede momenti di "messa alla prova" delle rappresentazioni degli studenti o, se lo fa, non fornisce un feedback tempestivo e adeguato.
Cerca di capire "come ragionano gli studenti" e di adattare le attività didattiche a tale modo di ragionare, proponendo anche attività in grado di "potenziare" le capacità elaborative dello studente.	Lavora solo sui contenuti e non sulle strategie che gli allievi usano per elaborarli ed integrarli nelle proprie strutture cognitive.
Cerca di far emergere le *preconoscenze* degli studenti sugli argomenti trattati, se necessario fornisce feedback per eliminare le miscomprensioni, e usa le rappresentazioni corrette come base per "agganciare" i nuovi concetti.	Non rileva le preconoscenze degli studenti o si limita a far svolgere un test iniziale che sonda solo elementi "superficiali" di conoscenza.
Rende chiari fin da subito gli obiettivi che gli studenti dovranno raggiungere e i modi per capire se li hanno raggiunti o meno.	Inizia il corso non dichiarando gli obiettivi di apprendimento (o li cambia in itinere) e non fornisce guide per capire in modo non ambiguo se sono stati raggiunti o meno.
Usa tecniche per catturare l'attenzione e per far sì che ogni concetto esposto sia allocato nella giusta posizione di una struttura cognitiva.	Si limita a richiamare l'attenzione in classe con semplici rimproveri e non fa uso di organizzatori anticipati.

Fornisce spunti per riconoscere le molteplici situazioni cui i contenuti appresi possono essere applicati.	Lascia che siano gli studenti a cercare di applicare in autonomia i concetti visti a scuola a situazioni non esplicitamente affrontate a scuola.
Propone momenti di pratica (prima guidata poi indipendente) in cui gli studenti debbano applicare le proprie rappresentazioni anche a problemi nuovi, mai visti prima in quella forma.	Lascia che gli studenti facciano pratica da soli, oppure propone solo problemi del tutto analoghi a quelli visti nell'esposizione dei contenuti.
Propone periodicamente momenti di pratica di concetti esposti anche molto tempo prima.	Concentra tutta la pratica dei concetti esposti immediatamente dopo l'esposizione e poi non vi ritorna.
Usa gli allievi più bravi come risorsa per aiutare quelli in difficoltà.	Non propone attività che favoriscano le interazioni tra allievi.
Propone attività di gruppo strutturate (obiettivi precisi, strategie definite, preparazione preliminare del gruppo ad affrontare le attività proposte).	Propone attività di gruppo estemporanee e non rigidamente strutturate.

Tabella 1. Azioni afficaci del docente

Lo studente agisce in modo efficace se:	*Lo studente non agisce in modo efficace se:*
Cerca di gerarchizzare i concetti da apprendere, distinguendo tra concetti "importanti" e "meno importanti".	Cerca di apprendere tutti i concetti ricevuti o esperiti come se tutti avessero la stessa importanza.
Passa all'argomento successivo solo se quello che ha appena studiato gli è sufficientemente chiaro.	Anche se ha raggiunto solo una comprensione superficiale di un argomento, passa ad affrontare quello successivo.
Durante lo studio, mette in atto strategie per controllare la propria comprensione dei contenuti.	Non si pone il problema di capire se ha compreso o meno un determinato contenuto.
Durante lo studio, mette in atto strategie per estrarre i significati dai testi, classificarli, trovare esempi, identificare differenze e analogie con altri concetti conosciuti, sa mettere in evidenza specificità, riprodurre sequenze logiche e altri processi cognitivi di ordine superiore.	Si limita al ricordo di definizioni di termini associati ai concetti o all'applicazione meccanica di procedure già viste.
Esprime i propri dubbi al docente e ai compagni e chiede di avere un feedback.	Non cerca feedback sulla propria comprensione dal docente o dai compagni.

Tabella 2. Azioni efficaci dello studente.

Ovviamente le conclusioni presentate devono essere viste come un "punto di partenza" e uno stimolo al dibattito: le evidenze sono sempre passibili di più interpretazioni, più

teorie possono sottendere gli stessi dati e non tutte le pratiche didattiche sono state sottoposte a tutt'oggi a un'adeguata sperimentazione. Queste tre precauzioni epistemologiche devono costantemente metterci in guardia dal trarre conclusioni affrettate e definitive. E' interessante notare però come dalle ricerche emerga un quadro discretamente coerente di risultati comuni, con i quali il dibattito pedagogico e didattico dovrà fare i conti negli anni a venire.

Bibliografia

Adams G., Engelmann S. (1996). *Research on direct instruction: 20 years beyond Distar*. Seattle (Wa): Educational.

Anderson J. (2009). *Cognitive Psychology and its Implications* (7th edn.), New York: Worth.

Ausubel D. P. (1978, ed. or. 1968). *Educazione e processi cognitivi. Guida psicologica per gli insegnanti*. Milano: Franco Angeli.

Bassok M. (1990). *Transfer of domain-specific problem solving procedures*, Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory , and Cognition, 16, pp. 522-533.

Bassok M., Holyoak K. J. (1989). Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory , and Cognition*, 15, pp. 153-166.

Bianca M. L. (2005). *Rappresentazioni mentali e conoscenza. Un modello teorico-formale delle rappresentazioni mentali*. Milano: Franco Angeli.

Block J. A. (1971) (ed.). *Mastery Learning. Theory and Practice.* New York: Holt Reinehart & Winston.

Bloom B. S. (1968). *Learning for Mastery*, http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED053419.pdf (ver 29.07.13).

Borrione P., Abburrà L., Trinchero R. (2011). *Ocse-Pisa 2009: i risultati del Piemonte a confronto con le altre regioni italiane e straniere*. Torino: Ires Piemonte.

Bruner J. (1997, ed. or. 1996). *La cultura dell'educazione. Nuovi orizzonti per la scuola*. Milano: Feltrinelli.

Calvani A. (2011). "Decision Making" nell'istruzione. "Evidence based education" e conoscenze sfidanti. *ECPS Journal* 3/2011, http://www.ledonline.it/ecps-journal/allegati/ECPS-2011-3_Calvani.pdf (ver. 29.07.13).

Calvani A. (2011). *Principi dell'istruzione e strategie per insegnare. Per una didattica efficace*. Roma: Carocci.

Calvani A. (2012). *Per un'istruzione evidence based. Analisi teorico-metodologica internazionale sulle didattiche efficaci e inclusive*. Trento: Erickson.

Chi M. T. H., Feltovich P. J., Glaser R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, pp. 121-152.

Clark R. C. (2010). *Evidence-Based Training Methods. A Guide for Training Professionals.* Alexandria (Va): ASTD Press.

Clark R. C., Nguyen F., Sweller J. (2006). *Efficiency in learning. Evidence-based guidelines to manage cognitive load.* San Francisco: Pfeiffer Wiley.

Coe R. (2002). *Finding Out What Works: Evidence-Based Education.* Durham: Durham University School of Education.

Davies P. (1999). What is Evidence Based Education? *British Journal of Educational Studies*, Volume 47, Issue 2, June 1999, pp. 108-121.

Dochy F., Segers M., Van den Bossche P., Gijbels D. (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13, pp. 533-568.

Fendick F. (1990). *The correlation between teacher clarity of communication and student achievement gain. A meta-analysis*, Doctoral dissertation. University of Florida, Dissertation Abstracts International, 52, 01A.

Fuller R. (1982). *Essays from and about the ADAPT Program*. Lincoln, University of Nebraska, http://digitalcommons.unl.edu/adaptessays (ver 29.07.13).

Gick M. L., Holyoak K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, pp. 306-355.

Gijbels D., Van de Watering G., Dochy F., Van den Bossche P. (2005). The relationship between students' approaches to learning and learning outcomes. *European Journal of Psychology of Education*, 20(4), pp. 327–341.

Hattie J. (2009). *Visible Learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.

Irons A. (2008). *Enhancing Learning Through Formative Assessment and Feedback*. London: Routledge.

Johnson-Laird P. N. (1988, ed. or. 1983). *Modelli mentali.* Bologna: Il Mulino.

Kaplan C., Simon H. A. (1990). In search of insight. *Cognitive Psychology*, 22, pp. 374-419.

Kavale K. (2005). Effective intervention for students with specific learning disability: The nature of special education. *Learning Disabilities*, vol. 13, n. 4, pp. 127-138.

Keller F. S. (1968). Goodbye teacher…. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1, pp. 79-89.

Krätzig G. P., Arbuthnott K. D. (2006). Perceptual Learning Style and Learning Proficiency: A Test of the Hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 2006, Vol. 98, No. 1, pp. 238–246.

Lesgold A., Rubinson H., Feltovich P., Glaser R., Klopfer D., Wang Y. (1988). Expertise in a complex skill: Diagnosing X-ray pictures, in M. T. H. Chi, R. Glaser, M. J. Farr (eds.), *The nature of expertise.* Hillsdale (NJ): Erlbaum.

Marzano R. J., Kendall J. S. (2007). *The New Taxonomy of Educational Objectives*. Thousand Oaks (Ca): Corwin Press.

Marzano R. J., Pickering D. J., Pollock J. E. (2001). *Classroom Instruction that Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement*. Alexandria (Va): ASCD.

Marzano R. J., Pickering D. J., Heflebower T. (2011). *The highly engaged classroom*. Bloomington: Marzano Research Laboratory.

Mason L. (2006). *Psicologia dell'apprendimento e dell'istruzione*. Bologna: Il Mulino.

Mayer R. E., Stull A., DeLeeuw K., Almeroth K., Bimber B., Chun D., Bulger M., Campbell J., Knight A., Zhang H. (2009). Clickers in the classroom: Fostering learning with questioning methods in large lecture classes. *Contemporary Educational Psychology*, 34, pp. 51-57.

Mitchell D. (2008). *What really works in special and inclusive education*. London: Routledge.

Moseley D. et al. (2006). Frameworks for Thinking. A Handbook for Teaching and Learning. Cambridge: Cambridge University Press.

Paivio A. (1986). *Mental representations. A dual coding approach*, Oxford (England): Oxford University Press.

Palincsar A. S., Brown A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, pp. 117-175.

Pavio A. (1986). *Mental representations. A dual coding approach.* Oxford: Oxford University Press.

Pohl M. (2000). *Learning to think, Thinking to learn. Models and strategies to develop a classroom culture of thinking.* Cheltenam: Hawker Brownlow.

Pressley M., McCormick C. B. (1995). *Cognition, teaching, and assessment.* New York: Harper Collins.

Ranieri M. (2007). Evidence Based Education: un dibattito in corso. *Je-LKS, Journal of e-Learning and Knowledge Management*, 3, pp. 147-152.

Richard J. F. (2004). *Les activités mentales*. Paris: Armand Colin.

Rohrback C. A., Ginsburg-Block M. D., Fantuzzo J., Miller T. R. (2003). Peer assisted learning interventions with elementary school studies: A meta-analytic Review. *Journal of Educational Psychology*, 95, pp. 240-257.

Rosenshine B., Stevens R. (1986). Teaching Functions. In M. C. Wittrock (ed.), *Handbook of Research on Teaching*, 3td ed.. New York: Macmillan, pp. 376-391.

Rosenshine B., Meister C. (1994). Reciprocal teaching: A review of the research. *Review of Educational Research*, 64(4), pp. 479–530.

Rosenshine B. (2009). The empirical support for direct instruction. In S. Tobias, T. M. Duffy (eds.), *Constructivist instruction. Success or failure*? London: Routledge, pp. 201-220.

Schoenfeld A. H., Herrmann D. J. (1982). Problem perception and knowledge structure in expert and novice mathematical problem solvers. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol 8(5), pp. 484-494.

Silver E. A. (1979). Student perceptions of relatedness among mathematical verbal problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10(3), pp. 195-210.

Sinclair H., Kamii C. (1970). Some implications of Piaget's theory for teaching young children. *The School Review*, 78(2), pp. 169-183.

Slavin R. E. (2008). *Educational Psychology. Theory and Practice* (9th Edition). NewYork: Pearson Education.

Springer L., Stanne M. E., Donovan S. (1999). Effects of Small-Group Learning on Undergraduates in Science, Mathematics, Engineering, and Technology: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 1999, 69(1), pp. 50-80.

Sweller J., Chandler P. (1991). *Evidence for cognitive load theory*, Cognition and Instruction, 8, pp. 351-362.

Sweller J., van Merriënboer J. J. G., Paas F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, pp. 251-296.

Van Merriënboer J. J. G., Ayres P. (2005). Research on cognitive load theory and its design implications for e-learning. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), pp. 5-13.

Weiser M., Schertz J. (1983). Programming problem representation in novice and expert programmers. *International Journal of Man-Machine Studies*, 19, pp. 391-398.