

L'APPRENDIMENTO COOPERATIVO: UN METODO PER MIGLIORARE LA PREPARAZIONE E L'ACQUISIZIONE DI ABILITÀ COGNITIVE NEGLI STUDENTI

Liberato Cardellini¹, Richard M. Felder²

ABSTRACT

Cooperative learning (CL) is an instructional method in which students teams work on structured tasks under conditions that meet five criteria: (1) *positive interdependence* (if a team member fails to fulfill his or her responsibilities, the entire team suffers consequences); (2) *individual accountability* (each team member is held accountable for understanding both the part of the work for which he/she was primarily responsible and the work that was done primarily by the rest of the team); (3) *face-to-face interaction*, at least part of the time; (4) *appropriate use of interpersonal skills* (leadership, communication, conflict resolution, and other elements of successful teamwork), and (5) *periodic self-assessment of group functioning*. This paper defines cooperative learning, outlines different ways to incorporate it into classroom instruction, summarizes its effects on student learning and skill development as demonstrated by hundreds of empirical research studies, and offers suggestions for its implementation in chemistry courses.

I. INTRODUZIONE

Se si paragona il mondo della produzione industriale con quello della produzione culturale, quest'ultimo ne esce perdente. L'industria aumenta costantemente la propria efficienza, producendo una quantità maggiore di beni, con un numero sempre minore di impiegati. La scuola può sperare di competere e di essere considerata ancora indispensabile alla società se saprà aumentare la qualità del "prodotto", aumentandone il valore aggiunto. Ovvero se saprà formare tecnici e dirigenti con le caratteristiche che più interessano al mondo del lavoro [1]: una preparazione a vasto respiro, la capacità di lavorare in gruppo e l'abilità nel problem solving. Quale tecnica didattica sviluppa maggiormente queste capacità? Se fosse possibile migliorare in modo significativo l'interesse per la materia e il coinvolgimento degli studenti, con interventi a basso costo, potrebbe questa tecnica suscitare l'interesse degli insegnanti?

¹ Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra, Facoltà di Ingegneria dell'Università, Via Breccie Bianche - 60131 Ancona. E-mail: libero@popcsi.unian.it.

² Department of Chemical Engineering, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7905, USA. E-mail: felder@eos.ncsu.edu.

In questo articolo viene presentato un metodo di insegnamento, da noi sperimentato, che presenta dei vantaggi rispetto alla lezione tradizionale. Questo metodo si basa sul coinvolgimento attivo dello studente nell'apprendimento (in classe, oltre che osservare ed ascoltare il docente, lo studente è impegnato in altre attività) e sulla cooperative learning; gli studenti lavorano in gruppi in attività strutturate secondo determinati criteri.

II. ISTRUZIONE BASATA SULLA LEZIONE VERSO L'APPRENDIMENTO CENTRATO SULLO STUDENTE

A. La lezione tradizionale

La maggior preoccupazione didattica di molti docenti è il completamento del programma e minore enfasi viene posta su quanto sia significativo e stabile nella memoria ciò che gli studenti apprendono. A seconda di quanto lo studente è coinvolto nel processo di apprendimento, possiamo riconoscere diverse strategie didattiche. Nella lezione "ex cathedra", tradizionale dell'insegnamento universitario, il docente fornisce informazioni da apprendere e lo studente è coinvolto soprattutto nello sforzo di seguire la spiegazione e di prendere appunti. Ricerche condotte sulla sua efficacia smentiscono che la lezione sia un modo efficiente di trasmettere informazioni in modo accurato [2]. Di circa 5000 parole ascoltate in 50 minuti di lezione, gli studenti ne appuntano circa 500 e in media trascrivono circa il 90% delle informazioni scritte dal docente sulla lavagna. Lo studio di Johnstone considera la capacità della memoria di lavoro (Working memory capacity) e la dipendenza o l'indipendenza dal campo (Field dependence/independence; FD/FI). FD/FI è una misura psicologica standard che evidenzia tra l'altro, l'abilità di una persona di separare le informazioni essenziali dal resto; un pò come separare il "segnale" dal "rumore" [3]. Inoltre, nello studio citato viene considerato il numero totale di unità di informazione trascritte dallo studente. L'unità di informazione è definita come il più piccolo blocco di conoscenza che ha senso come asserzione a se stante. L'analisi del numero totale di parole registrate, il numero totale di unità di informazione appuntate e la loro completezza mostra che c'è una relazione con la capacità della memoria di lavoro: studenti con bassa capacità della memoria di lavoro registrano circa lo stesso numero di parole appuntate dagli studenti con elevata capacità della memoria di lavoro, ma la qualità e la completezza di quanto scritto, è minore. La correlazione tra FD/FI e appunti presi è analoga, ma se si considerano le unità di informazione e la loro completezza, si vede che gli studenti FI registrano informazioni più complete e significative. In sostanza, la lezione tradizionale favorisce di più gli studenti maggiormente dotati.

Anche gli studenti che sono più dotati hanno però difficoltà a sostenere l'attenzione e l'interesse vivi per una intera ora o più; dopo circa 10 minuti, l'attenzione comincia a calare. Un

altro studio ci dice che immediatamente dopo una lezione (di 50 minuti), gli studenti ricordano circa il 70% di quanto presentato nei primi 10 minuti, e il 20% del contenuto presentato negli ultimi 10 minuti [4]. E' vero quanto Bodner afferma: "insegnare e apprendere non sono sinonimi: possiamo insegnare - e insegnare bene - senza che gli studenti imparino" [5].

Possiamo riassumere gli aspetti negativi della lezione affermando che qualche volta non riguarda il processo di insegnamento e di apprendimento, ma si riduce ad un esercizio di stenografia; ha a che fare con la trasmissione di ciò che Whitehead chiama idee inerti [6]. In ultima analisi, la cosa più importante nell'insegnamento è quanto gli studenti imparano frequentando l'ambiente che come esperti, sappiamo creare.

B. Il costruttivismo e l'apprendimento centrato sullo studente

Le idee dei filosofi della scienza hanno prodotto un radicale cambiamento nella natura della conoscenza scientifica. Il costruttivismo, che secondo von Glasersfeld fonda le proprie radici nel trattato *De antiquissima Italorum sapientia* (1710) di Giambattista Vico e nella teoria della cognizione di Piaget [7], propone una costruzione radicale della conoscenza. Ciò deriva dalla convinzione della impossibilità dell'individuo di conoscere la realtà oggettiva; la conoscenza viene vista come qualcosa che l'individuo costruisce nel tentativo di ordinare le proprie esperienze [8]. Driver et al. propongono una costruzione sociale dell'apprendimento scientifico; la conoscenza scientifica viene costruita quando gli studenti sono attivamente impegnati in dibattiti e attività riguardanti problemi scientifici [9]. Questa nuova concezione epistemologica della scienza è stata accompagnata da (e forse ha prodotto) una nuova concezione sulla natura dell'apprendimento. La visione della psicologia del comportamento, centrale alla quale era la struttura stimolo-risposta, è rimpiazzata dalla psicologia cognitiva: lo studente è attivamente coinvolto nella costruzione della conoscenza. "Il modello costruttivistico può essere sintetizzato in una singola frase: *La conoscenza è costruita nella mente di colui che impara.*" [5]. La costruzione di nuova conoscenza avviene mediante l'osservazione ragionata di eventi, interpretata e mediata attraverso concetti che già possediamo. Secondo David Ausubel, "Il fattore singolarmente più importante che influenza l'apprendimento è ciò che lo studente già conosce. Accerta questo e insegna in accordo." [10].

La costruzione della conoscenza può essere perciò vista come un processo dinamico aperto alla competizione intellettuale; un insieme di progressive transizioni tra modelli aventi un differente grado di capacità esplicativa, che incoraggiano la ristrutturazione concettuale attraverso conflitti cognitivi [11]. Il costruttivismo non è soltanto una teoria della conoscenza, ma propone una propria concezione della verità e della relazione tra conoscenza e realtà [12]; rispetto a questa concezione non vogliono prendere posizione.

Secondo Vygotsky [13], lo sviluppo cognitivo è un processo sociale e la capacità di ragionare aumenta nell'interazione con i propri pari e con persone maggiormente esperte. Lo scopo di lavorare in gruppi è anche quello di sviluppare abilità nel ragionamento critico.

III. COOPERATIVE LEARNING: DEFINIZIONE

L'apprendimento cooperativo (Cooperative Learning, CL) è un processo di istruzione che coinvolge gli studenti nel lavoro di gruppo per raggiungere un fine comune. Un esercizio di apprendimento in gruppo si qualifica come CL se sono presenti i seguenti elementi [14]:

1 - *Positiva interdipendenza*. I membri del gruppo fanno affidamento gli uni sugli altri per raggiungere lo scopo. Se qualcuno nel gruppo non fa la propria parte, anche gli altri ne subiscono le conseguenze. Gli studenti si devono sentire responsabili del loro personale apprendimento e dell'apprendimento degli altri membri del gruppo [15].

2 - *Responsabilità individuale*. Tutti gli studenti in un gruppo devono rendere conto per la propria parte del lavoro e di quanto hanno appreso. Ogni studente, nelle prove di esame, dovrà rendere conto personalmente di quanto ha appreso.

3 - *Interazione faccia a faccia*. Benché parte del lavoro di gruppo possa essere spartita e svolta individualmente, è necessario che i componenti il gruppo lavorino in modo interattivo, verificandosi a vicenda la catena del ragionamento, le conclusioni, le difficoltà e fornendosi il feedback. In questo modo si ottiene anche un altro vantaggio: gli studenti si insegnano a vicenda. Questa opportunità viene elencata nei Comandamenti Educativi da Johnstone [16].

4 - *Uso appropriato delle abilità nella collaborazione*. Gli studenti nel gruppo vengono incoraggiati e aiutati a sviluppare la fiducia nelle proprie capacità, la leadership, la comunicazione, il prendere delle decisioni e difenderle, la gestione dei conflitti nei rapporti interpersonali.

5 - *Valutazione del lavoro*. I membri, periodicamente valutano l'efficacia del loro lavoro e il funzionamento del gruppo, ed identificano i cambiamenti necessari per migliorarne l'efficienza.

A. Le forme di CL

Gli esperti in CL distinguono tra *cooperative learning informale* — esercizi brevi sottoposti in classe a gruppi non fissi di due o più studenti — e *cooperative learning formale* — esercizi più lunghi e impegnativi sottoposti a gruppi di studenti che lavorano insieme per una parte significativa del corso. I risultati didattici derivanti da ciascuna di queste categorie sono efficaci. Nei paragrafi che seguono verranno presentati alcuni esercizi; per una lista più completa, riferirsi alla bibliografia [17-20].

Nella CL informale, viene chiesto agli studenti di mettersi insieme a vicini di posto, in gruppi di 2 - 4 persone e si assegna il compito di scrivere ad uno scelto a caso (gli studenti si

contano, 1, 2, 3, ... e il docente assegna il compito: "il numero 2 di ogni gruppo scriverà questo esercizio"). Il docente propone poi una questione o un problema, dando agli studenti un tempo compreso tra 30 secondi fino a 5 minuti per lavorare e soltanto a quello scelto è permesso scrivere; allo scadere del tempo chiede ad alcuni studenti, appartenenti a gruppi diversi, la risposta elaborata dal proprio gruppo. La questione può riguardare spiegazioni precedenti, impostare la soluzione di un problema, completare dei passaggi mancanti in un procedimento di calcolo o in una procedura sperimentale o l'analisi di dati, formulare una spiegazione su una osservazione sperimentale, ipotizzare una serie di cause, riassumere una lezione, generare una o due domande sugli argomenti relativi ad una certa lezione, elencare i possibili difetti di un esperimento o di un progetto industriale, o rispondere a domande che il docente normalmente chiede alla classe durante una spiegazione. Una variante a questo metodo è la coppia che ragiona insieme (think-pair-share), dove il docente chiede prima di formulare individualmente delle risposte, e poi di mettersi insieme a coppie, per sintetizzare una risposta, mettendo insieme le risposte individuali. Poi ad alcuni studenti, appartenenti a coppie diverse sarà chiesto di fornire le loro risposte.

Richiedere la risposta ad alcuni studenti rafforza l'idea della responsabilità personale ed è una caratteristica essenziale di questo approccio. Se il docente chiede a dei volontari, gli studenti hanno pochi incentivi per partecipare attivamente, non avendo nulla da perdere se restano passivi. Se invece sanno che chiunque può essere chiamato, il desiderio di evitare il conseguente imbarazzo, motiverà la maggior parte ad avere pronta la miglior risposta possibile.

Nella CL formale, gli studenti lavorano in gruppi su problemi, su progetti o su relazioni di laboratorio. Il lavoro può essere fatto tutto o in parte in classe, o fuori della classe. Una interdipendenza positiva si ottiene assegnando ruoli differenti a differenti membri del gruppo, fornendo un training specifico nei differenti aspetti del progetto ai diversi membri del gruppo e assegnando a caso a ciascuno studente una relazione su una parte del progetto. Poi si dà un giudizio ad ogni differente relazione, valutando anche il progetto del gruppo in modo complessivo. L'impegno individuale viene assicurato esaminando ogni studente su ogni aspetto del progetto elaborato dal gruppo. Altre tecniche per raggiungere questi e gli altri tre elementi della CL, saranno discussi nel paragrafo che illustra come mettere in pratica questa tecnica.

B. Gli studi sulla CL

Centinaia di studi hanno dimostrato che quando correttamente applicato [21], l'apprendimento cooperativo è superiore all'istruzione tradizionale poiché migliora l'apprendimento, facilita lo sviluppo di abilità cognitive di alto livello e l'attitudine a lavorare con gli altri; aiuta gli studenti a costruire la confidenza nelle proprie capacità, preparandoli così all'ambiente di lavoro che probabilmente incontreranno nella vita professionale [22-24]. E' stato

dimostrato che l'apprendimento cooperativo produce nello studente una comprensione più approfondita che viene maggiormente ritenuta nel tempo [25]. In un convincente studio riguardante l'apprendimento della fisica generale in un corso con molti studenti, Heller et al. dimostrano che l'approccio cooperativo è efficace per migliorare le capacità individuali nella risoluzione dei problemi di fisica per tutti gli studenti [26].

Uno di noi ha condotto un esteso studio longitudinale: la tecnica dell'apprendimento cooperativo è stata utilizzata sugli stessi studenti in cinque insegnamenti semestrali consecutivi nel corso di laurea in ingegneria chimica [18]. I risultati ottenuti nello studio sono stati riportati in una serie di articoli [23, 27-30]. Rispetto al gruppo di studenti di controllo ai quali è stato insegnato in modo tradizionale, gli studenti nel gruppo sperimentale hanno avuto una probabilità maggiore di ottenere la laurea in ingegneria chimica (gruppo sperimentale = 85%, gruppo di controllo = 68%) e in un numero sensibilmente minore hanno abbandonato gli studi (gruppo sperimentale = 4%, gruppo di controllo = 11%). Forti evidenze basate su episodi scolastici suggeriscono che il gruppo sperimentale è stato superiore al gruppo di controllo rispetto allo sviluppo di abilità cognitive di alto livello, alla comunicazione e al lavoro di gruppo. Gli studenti del gruppo sperimentale hanno espresso una valutazione significativamente superiore sulla qualità del corso e in numero maggiore hanno espresso la loro intenzione di proseguire gli studi in ingegneria chimica (più del doppio, rispetto al gruppo di controllo).

Certamente non tutti gli studi sulla CL riportano risultati positivi [31] e i maggiori esperti avvisano delle difficoltà sull'uso del metodo e sui pericoli di usarlo male [20, 22]. Non di meno, una schiacciante quantità di evidenze riportate nella letteratura evidenziano che se le cinque condizioni della CL sono soddisfatte e se il docente prende le misure necessarie per minimizzare e superare la resistenza degli studenti a questo approccio [32], il miglioramento nell'apprendimento che si ottiene, ampiamente ne giustifica gli sforzi. Vengono riportati tre riferimenti che riepilogano molta della ricerca fatta sulla CL [24].

IV. METTENDO IN PRATICA LA COOPERATIVE LEARNING: ISTRUZIONI PER L'INSEGNANTE

L'apprendimento cooperativo è una tecnica di insegnamento centrata sullo studente che interagisce con altri studenti. Si può prevedere una qualche ricompensa (bonus, che vengono alla fine considerati nella valutazione) ai gruppi che operano con più impegno e ottengono risultati migliori. La competizione viene spostata dagli individui ai gruppi, e nel gruppo, gli studenti sono attivamente impegnati in attività che costruiscono la conoscenza. Si potrebbe obiettare che mettendo in pratica questo metodo, l'insegnante diminuisce il proprio controllo sulla classe. In parte questo è vero, ma è uno dei modi di guardare al problema. E' sempre il docente che propone

i problemi da risolvere, che fissa i tempi, che fornisce gli spunti ai gruppi che lo richiedono, che stabilisce chi deve rispondere, e così via. Nell'insegnamento, ci sono problemi ben più gravi di questo; è una grande delusione constatare a volte in qualche studente l'assenza della comprensione concettuale. Se questo metodo viene correttamente applicato, la maggiore conoscenza appresa dagli studenti colmerà qualunque sensazione negativa che alle volte possiamo percepire.

Benché risulta vantaggiosa, la tecnica CL può comportare alcuni pericoli e per evitarli, vanno prese delle precauzioni. La prossima sezione accenna ad entrambe; una discussione più completa può essere trovata in letteratura [19, 20, 23, 32].

A. La resistenza degli studenti

La maggior parte degli studenti riconosce il miglioramento nell'apprendimento che risulta dal metodo CL; tuttavia gli studenti non sono abituati a lavorare in gruppo, sia in classe che fuori e spesso, all'inizio alcuni mostrano un risentimento verso questo approccio. Gli studenti hanno una varietà di stili di apprendimento e nessun approccio didattico può essere ottimale per ciascuno [33].

Woods [34] osserva che quando gli studenti vengono forzati a farsi carico di maggiori responsabilità verso la loro preparazione, essi sperimentano le sensazioni psicologiche associate al trauma: 1. Shock; 2. Negazione; 3. Forte emozione; 4. Resistenza e fuga; 5. Accettazione; 6. Lotta ed esplorazione; 7. Ritorno della confidenza; 8. Integrazione e successo. La successione degli atteggiamenti riportata trova analogie con lo schema dello sviluppo cognitivo ed etico nei 9 livelli di Perry [35].

La resistenza alla CL che si può percepire in alcuni studenti fa parte del processo di maturazione dalla dipendenza all'autonomia intellettuale. Questa iniziale resistenza può essere minimizzata se l'istruttore spiega i benefici riconosciuti dalle ricerche a questo metodo (inclusi voti più alti ottenuti all'esame). Felder e Brent [20, 32] offrono una varietà di risposte efficaci alle osservazioni e alle lamentele degli studenti.

Quando un istruttore usa la CL in una classe non abituata a questo metodo, quelli che non lo amano di solito esprimono vivacemente i loro sentimenti mentre gli altri rimangono in silenzio e il docente può erroneamente concludere che il metodo sta fallendo ed è tentato di ritornare alla solita lezione. Quando però tutti gli studenti hanno espresso il loro parere, risulta che la maggior parte sono soddisfatti con il lavoro di gruppo e fortemente si oppone al ritorno a metodi di istruzione più tradizionali. Perciò, una buona pratica è chiedere agli studenti a circa metà del corso (non prima) il loro parere circa il funzionamento dei gruppi. La valutazione a metà corso è probabile che risulti simile a quella ottenuta alla fine di un corso di chimica all'Università di Ancona: attraverso un questionario, è stato chiesto agli studenti di esprimere un giudizio sul

metodo cooperativo. 41 studenti hanno espresso il loro parere su questa tecnica; tutti la valutano in modo positivo: 31 la useranno anche in altri corsi, 2 non la useranno mai più e i rimanenti la useranno se troveranno altri studenti per formare il gruppo. Se il docente viene confortato dal giudizio degli studenti, e con metà del corso ancora a disposizione, si sentirà incoraggiato a continuare e troverà risposte efficaci per quei pochi studenti che si lamentano circa il lavoro di gruppo.

B. Attività informali in classe

Una suddivisione del tempo in classe tipica di chi adotta questo metodo consiste nel dedicare il 10-25% all'apprendimento attivo (gli studenti lavorano da soli o in gruppo) e il resto alle usuali spiegazioni e alla risoluzione di problemi da parte del docente. Molte delle attività CL informali dovrebbero consistere nella formulazione da parte degli studenti di brevi risposte a domande o a risolvere esercizi o parte di problemi (vedi sezione III.A) nel tempo tra 30 secondi e 5 minuti. Dare un tempo più lungo di 5 minuti ai gruppi per completare la risoluzione di problemi è generalmente inefficace: alcuni gruppi finiscono prima e di conseguenza sprecano tempo, altri si distraggono e qualche gruppo spende del tempo a risolvere problemi in modo sbagliato.

Poiché una parte del tempo a disposizione per la lezione viene spesa nel lavoro di gruppo, è necessaria una riorganizzazione del materiale che costituisce il programma. Alcune parti possono essere condensate, magari fornendo agli studenti una copia dei lucidi che usiamo per la lezione, così gli studenti risparmiano il tempo che normalmente spendono a ricopiare il materiale e la lezione. Il tempo della lezione viene dedicato alle parti più importanti o a quelle che richiedono un maggiore sforzo concettuale, lasciando agli studenti il compito di fare il resto da soli. Se agli studenti verrà trasmesso un programma dettagliato degli argomenti di esame, essi saranno in grado di preparare anche quelle parti non affrontate a lezione. Se ad esempio vengono proposti alcuni problemi particolarmente impegnativi, e per invogliare gli studenti ad impegnarsi si "minaccia" di mettere qualcuno di questi problemi nel compito di esame, e poi lo si fa, gli studenti capiscono che facciamo sul serio e si impegnano di conseguenza. Usando questi accorgimenti, si è in grado di finire il programma e mettere in pratica la tecnica CL.

Alcune volte nell'arco di un corso, l'istruttore potrebbe voler ritornare sopra un esempio particolarmente importante o sopra un concetto o un passaggio nel testo — un passaggio che lega insieme importanti concetti fondamentali per una parte significativa del corso. Per massimizzare la probabilità che gli studenti comprendano l'esempio o il passaggio, il docente può dedicare gran parte dell'ora a disposizione al lavoro dei gruppi sull'argomento. La struttura CL chiamata *thinking-aloud pair-problem-solving* (TAPPS) [36] si presta bene a questo proposito. Gli studenti si raggruppano in coppie all'inizio della lezione e da soli si assegnano il ruolo (a) ad uno e

(b) all'altro, senza sapere il significato delle due lettere. L'istruttore poi assegna l'esempio o il passaggio del testo e informa che lo studente (a) è colui che spiega, mentre (b) è quello che pone le domande (o viceversa). Il compito di colui che spiega è di spiegare l'esempio, passaggio per passaggio o il passaggio, frase per frase. Lo studente che ha il ruolo di porre le domande, chiede spiegazioni quando qualcosa non è chiaro, suggerendo a colui che spiega di prendere appunti sul ragionamento svolto, se si ritrovano in silenzio, e offrendo spiegazioni se lo studente (a) non sa andare avanti. Durante il processo l'istruttore circola tra i gruppi, osservandoli al lavoro, ponendo domande e offrendo aiuto, se richiesto.

Dopo 5-10 minuti, il docente ferma gli studenti e chiama due o tre tra quanti avevano il compito di porre le domande per spiegare alla classe l'esempio o il passaggio, fino al punto in cui son giunti e, se necessario, fornisce ulteriori spiegazioni e chiarificazioni. Gli studenti poi scambiano i loro ruoli e continuano a lavorare dal punto in cui erano giunti. Dopo altri 10 minuti l'istruttore ferma gli studenti e raccoglie le risposte da due o tre gruppi differenti. Alla fine della lezione gli studenti capiscono l'esempio o il passaggio molto meglio di quanto potrebbero se il docente lo avesse semplicemente spiegato.

Il resto dei nostri suggerimenti riguarda le attività CL formali.

C. Regole per la formazione dei gruppi CL formali

I gruppi CL formali dovrebbero essere composti da studenti con diversi livelli di abilità. Tutti gli studenti beneficiano da tale organizzazione: gli studenti più deboli hanno il beneficio di essere aiutati dai loro compagni maggiormente dotati, e gli studenti più preparati (che sono in genere quelli inizialmente ostili al lavoro di gruppo) forse ne traggono un beneficio maggiore consistente nella "prova cognitiva" di imparare, insegnando. Come ogni professore sa, anche quando si comprende un argomento, l'esercizio di formulare spiegazioni, pensare a degli esempi e rispondere alle domande, permette un approfondimento della comprensione non raggiungibile in altro modo. I gruppi interamente formati dai migliori studenti è probabile che si dividano il lavoro e completino la loro parte separatamente piuttosto che funzionare come un vero gruppo. Siccome non hanno la necessità di spiegare ad altri, essi non ottengono il beneficio dell'apprendimento profondo che deriva dalla prova cognitiva.

Un'altra regola per la formazione dei gruppi è che i membri delle minoranze di razza o di sesso non devono essere in minoranza nei gruppi, specialmente se il corso fa parte del primo biennio degli studi universitari. Gli studenti appartenenti alle minoranze tendono ad assumere un ruolo più passivo all'interno dei gruppi, o per loro scelta o perché forzati in questo ruolo dai loro compagni; il gruppo perderebbe perciò molti dei benefici dell'apprendimento CL. Se ad esempio le donne sono una minoranza tra gli iscritti al corso di chimica, gruppi formati da tutti uomini, tutte

donne, un numero pari tra i due sessi o una maggioranza di donne, sono accettabili, ma gruppi con più uomini che donne devono essere evitati.

Entrambe queste regole — livelli misti di abilità e evitare che le minoranze siano minoranza nei gruppi — indicano che l'istruttore deve formare i gruppi piuttosto che lasciare agli studenti il compito di organizzarsi, e certamente le ricerche in letteratura appoggiano questa conclusione. Quando gli studenti formano i gruppi, gli amici tendono a mettersi insieme e i migliori studenti si cercano a vicenda. Una buona maniera per formare i gruppi è quella di formare dei gruppi provvisori a caso, di pratica, per le prime tre settimane di un corso, fare una prova scritta durante questo periodo e usare i risultati come indicatori di abilità per formare i gruppi permanenti. Se gli studenti obiettano perché assegnati ad un certo gruppo, una risposta efficace è quella di sottolineare che quando andranno nel mondo del lavoro non avranno la possibilità di scegliere con chi lavorare: tanto vale abituarsi fin da ora a questa realtà.

Nella letteratura non c'è unanime consenso nel numero dei componenti il gruppo. Fraser et al. [37] riportano di due studi; in uno, il gruppo è formato da due studenti e nell'altro il numero dei studenti è di due, tre e quattro e confrontano i risultati ottenuti dagli studenti nei gruppi con studenti che studiano in maniera individuale. La conclusione di questo studio è che i risultati ottenuti nei gruppi sono superiori alle prestazioni individuali e il tempo impiegato nello studio nei gruppi è più produttivo. I gruppi con tre studenti vanno meglio dei gruppi composti da un numero diverso di studenti. Gruppi formati da tre studenti vengono considerati ottimali anche nella risoluzione di problemi di fisica [38] e nel fare le relazioni su esperienze di laboratorio [39].

D. La necessità di sfide adeguate

Questo metodo, per dare tutti i suoi frutti, richiede che gli studenti affrontino problemi più difficili: devono, per quanto possibile, operare nella "zona dello sviluppo prossimale" [40]. Gli studenti, lavorando in gruppo secondo i ruoli illustrati più avanti, hanno la capacità di risolvere problemi più difficili rispetto ai problemi che vengono proposti per la soluzione individuale. Le loro capacità logiche e cognitive devono essere messe alla prova. Quando chiedono il nostro aiuto, il nostro compito non è quello di fornire la soluzione al problema, ma dare dei suggerimenti sulle strategie del problem solving; la nostra funzione è quella di facilitare la loro personale acquisizione delle abilità cognitive. Ad esempio, chiediamo come è stato rappresentato il problema; se il problema sia stato suddiviso in sottoproblemi più facilmente risolvibili; spesso gli studenti, per superare l'ostacolo rappresentato dal problema non immediatamente risolvibile, ricorrono a delle assunzioni che risultano quasi sempre sbagliate: se chi ci chiede aiuto ha fatto ricorso a qualche assunzione, comunque chiediamo loro di dimostrarne la correttezza o di confutarla [41]. In questo modo creiamo negli studenti un conflitto cognitivo che può essere di

aiuto a formulare una nuova e migliore rappresentazione del problema, perché derivata dal confutare quella precedente che è risultata sbagliata. Naturalmente dobbiamo suggerire, quando appropriato, strategie generali del problem solving.

E. Facilitare la positiva interdipendenza

Diversi metodi vengono usati per incoraggiare o anche forzare i membri del gruppo a fare affidamento uno nell'altro. Uno è quello di assegnare differenti ruoli a ogni membro del gruppo (coordinatore, colui che prende nota, controllore, ecc.) e di ciò riferiremo più avanti. Un altro è quello di usare la struttura "a puzzle", in cui ad ogni membro del gruppo viene fornita una preparazione specializzata in un certo aspetto del lavoro del gruppo. In esperienze di laboratorio, ad esempio, differenti membri del gruppo possono ricevere un tirocinio extra nei differenti aspetti dell'esperienza: nelle apparecchiature sperimentali, nelle procedure sperimentali, nell'analisi dei dati sperimentali e nelle basi teoriche dell'esperimento. Per ricevere un voto alto, la relazione finale deve riflettere le competenze di ogni membro del gruppo. I benefici nell'apprendimento saranno maggiori se ogni studente viene individualmente esaminato in tutti gli aspetti dell'esperimento, così che ogni esperto deve trasmettere la propria competenza agli altri membri del proprio gruppo.

Una maniera per incoraggiare gli studenti a dare il meglio promovendo così una positiva interdipendenza tra i membri del gruppo è di dare dei bonus ai gruppi i cui membri, nel compito scritto individuale prendono un buon voto medio.

F. I ruoli individuali nei gruppi

In un gruppo di tre, ci si aspetta che ciascun membro rivesta uno dei seguenti ruoli [42]: 1) leader; 2) scettico; 3) controllore.

Durante la discussione nel gruppo, ogni componente ha la responsabilità di prendere in considerazione questioni che vengono sollevate da un altro membro e che sono rilevanti o pertinenti rispetto al ruolo che esso riveste. Ogni membro del gruppo deve sentire l'obbligo di aiutare il gruppo a lavorare efficacemente, senza perdere tempo. E' necessario fornire agli studenti una traccia per definire le responsabilità e una guida per la discussione.

Leader/Coordinatore. Le responsabilità del coordinatore sono: i) organizzare la prossima riunione del gruppo; ii) presiedere e facilitare la discussione nel gruppo; iii) mantenere l'attenzione del gruppo focalizzata sulla soluzione del compito; iv) incoraggiare il gruppo ad affrontare il problema secondo una successione di stadi; v) incoraggiare la partecipazione di tutti i membri del gruppo nel processo di problem solving.

Vengono esemplificate alcune domande che il leader può porre o commenti appropriati che il coordinatore può fare. Ciascuno spieghi o sintetizzi il testo del problema. Possiamo usare un diagramma o ricorrere ad uno schema per chiarire il problema o una parte di esso? Qual è l'incognita o cosa richiede il problema? Elenchiamo le ipotesi, le assunzioni e le difficoltà. Concentriamoci sul problema. Elenchiamo tutti i metodi possibili di risoluzione. Qual è l'algoritmo più generale che permette la soluzione di questo problema? Possiamo considerare questo punto quando specifichiamo nel dettaglio la successione dei passaggi. Passiamo al prossimo stadio. In che maniera puoi difendere questa tua convinzione?

Scettico. Lo scettico pone frequentemente domande rispetto al procedimento di soluzione del problema, cerca spiegazioni e chiede valutazioni. Non si accontenta di "sì" o "no", ma ricorda che l'enfasi deve essere posta sul "perché" o sul "come" e sulle relazioni con informazioni e algoritmi precedentemente noti. È compito dello scettico stimolare il gruppo nella ricerca di soluzioni alternative.

Le responsabilità dello scettico sono: i) porre domande sulla ragione per cui si esegue un certo passaggio o si segue una particolare direzione nel tentativo di risolvere il problema; ii) cercare di pensare e proporre soluzioni alternative al problema; iii) determinare il numero di cifre significative in ogni calcolo; iv) stabilire se il risultato in un certo passaggio ha senso o meno; v) focalizzare o identificare ogni assunzione fatta nella risoluzione del problema, dimostrando la correttezza o la falsità dell'assunzione considerata.

Vengono esemplificate alcune domande che lo scettico può porre o commenti appropriati che lo scettico può fare. Perché stiamo facendo questo passaggio? Come può la risposta a questo passaggio permetterci di giungere ad una soluzione accettabile del problema? Prima di fare questo passaggio, dobbiamo considerare questo punto. Abbiamo bisogno di tutte queste cifre significative? Dobbiamo usare un numero maggiore di cifre significative? La nostra risposta ha senso? Come mai non è in accordo con la nostra stima? Quali assunzioni abbiamo fatto nella risoluzione di questo problema?

Controllore. Le responsabilità del controllore sono: i) controllare se tutti i dati e le informazioni del testo (anche quelle derivanti da inferenze) sono state considerate; ii) tenere traccia della discussione del gruppo; iii) scrivere la soluzione del problema con tutti i passaggi e far controllare agli altri membri del gruppo la stessa; iv) incoraggiare gli altri membri del gruppo a fare la verifica; v) preparare una versione "in bella" della soluzione del problema per il professore.

Vengono esemplificate alcune domande che il controllore può porre o commenti appropriati che il controllore può fare. Il libro di testo potrebbe aiutarci? Quali altre fonti di informazioni che ci possono essere utili? Ciascuno nel gruppo dovrebbe controllare questo calcolo. Prima che scrivo la soluzione, siamo tutti d'accordo sul procedimento? Come possiamo fare la verifica? È necessario dimostrare la validità di questa assunzione.

In un gruppo di quattro, un ruolo ulteriore è quello del "revisore", con la responsabilità di verificare che quanto preparato da chi prende nota sia privo di errori.

G. Promuovere la piena partecipazione nel processo problem solving

C'è sempre il problema che qualcuno si limiti a copiare. Che fare? Intanto è necessario sottolineare sin dalla prima lezione che gli studenti sono responsabili del loro apprendimento. Poi va ricordato che le prove scritte di esame sono individuali, e gli studenti che partecipano attivamente al lavoro di gruppo hanno maggiori probabilità di superare l'esame scritto. Se ad ogni soluzione proposta dal gruppo richiediamo di scrivere i nomi nel foglio e controlliamo che i ruoli ogni volta siano stati ruotati, renderemo difficile la vita a chi non vuole impegnarsi. Naturalmente cercheremo di scoraggiare la pratica del copiare per quanto possibile, ad esempio assegnando i posti nella prova scritta con il criterio di tenere lontani tra loro i membri dello stesso gruppo.

H. Conflitti interpersonali all'interno dei gruppi

Adottando questo metodo, all'interno dei gruppi si origina una nuova dinamica; nuove e più profonde relazioni si stabiliscono tra i membri del gruppo e alle volte si originano dei conflitti. Se il lavoro del gruppo non è fortemente finalizzato al lavoro didattico, studenti poco motivati possono prendere il controllo del gruppo. Tra i nostri compiti dobbiamo considerare la gestione delle eventuali difficoltà che alle volte gli studenti incontrano lavorando nei gruppi. Nella nostra esperienza, non abbiamo mai incontrato problemi interpersonali insolubili. Comunque è bene dichiararsi disponibili a dialogare e a risolvere con i membri del gruppo questi problemi.

I. Valutazione da parte degli studenti del funzionamento del gruppo

Uno degli elementi essenziali della CL formale è la valutazione periodica che gli studenti fanno del buon funzionamento del loro gruppo, identificando i problemi e suggerendo soluzioni. La loro tendenza naturale è quella di evitare di confrontarsi con i problemi e la maggior parte degli studenti farà l'opposto, solo se forzata. Ogni poche settimane ai gruppi dovrebbe essere richiesto di scrivere e consegnare le loro risposte a queste tre domande: (1) *Che cosa come gruppo riusciamo a fare bene?* (2) *Che cosa potremo fare meglio?* (3) *C'è qualcosa che in futuro faremo in modo differente?* L'atto di formulare risposte a queste domande spesso inizia delle discussioni tra i membri del gruppo circa problemi interpersonali di vario tipo e queste discussioni possono mettere in allerta l'istruttore circa potenziali disfunzioni nei gruppi. Questi problemi possono essere risolti o dagli studenti stessi o con l'intervento del docente.

J. Sciogliere e riformare i gruppi

Alcuni gruppi semplicemente non possono funzionare. Talvolta uno studente rifiuta di cooperare — spesso è assente agli incontri del gruppo, arriva agli incontri impreparato/a, non svolge i compiti per i quali era responsabile. Alle volte uno studente è costretto a fare tutto il lavoro e non ottiene cooperazione dagli altri membri del gruppo. Talvolta i conflitti interpersonali tra i membri del gruppo raggiungono un punto vicino alla violenza, o peggio, la raggiungono e nulla di quanto il docente suggerisce migliora la situazione.

Un approccio che abbiamo trovato efficace è quello di dire agli studenti a metà del corso che i gruppi saranno sciolti e riformati in modo diverso, a meno che da ogni membro del gruppo otteniamo una dichiarazione firmata che essi desiderano rimanere insieme e in tal caso lo possono fare. La nostra esperienza è che quasi tutti desiderano restare insieme; le eccezioni possono essere costituite da quei gruppi che insieme comunque non possono funzionare. L'esperienza sperimentata in tali gruppi è così spiacevole, che gli studenti nel nuovo gruppo cambiano il loro comportamento.

Raccomandiamo anche di dare agli studenti come ultima risorsa la facoltà di espellere un membro del gruppo che rifiuta di cooperare o di lasciare un gruppo quando gli altri membri rifiutano di cooperare. I membri del gruppo che sono determinati ad espellere un membro e lo studente che si propone di lasciare il gruppo devono prima mandare un avviso scritto annunciando le loro intenzioni e farne avere una copia all'istruttore. Il gruppo dovrà poi incontrarsi nell'ufficio dell'istruttore per discutere la situazione. Se il membro o i membri non cooperativi non cambiano il loro comportamento o rifiutano di partecipare all'incontro, l'azione minacciata diventa operativa. Lo studente che viene espulso o che lascia il gruppo, deve trovare un altro gruppo di tre disposto ad accettarlo come quarto membro. Nella nostra esperienza, molto raramente un gruppo si scioglie per altre ragioni; di solito gli studenti risolvono i problemi tra loro o con l'aiuto dell'istruttore. Le capacità che essi sviluppano nel processo cooperativo sono almeno importanti e utili quanto la conoscenza tecnica e le abilità acquisite nel corso; probabilmente diventano più importanti dopo il termine degli studi.

V. L'USO DELLA CL PER INSEGNARE ABILITA' NEL PROBLEM SOLVING

Gli studenti apprendono la risoluzione dei problemi chimici attraverso gli esempi svolti dal docente. L'esperto risolvendo i problemi non riesce a cogliere le difficoltà sperimentate dallo studente che deve ordinare il ragionamento secondo una logica nuova e deve rendere a se stesso familiari nuovi processi cognitivi. L'insegnamento e l'apprendimento di tecniche problem solving attraverso esempi non sempre è efficace; indirettamente questo fatto viene dimostrato da studi che

dimostrano che la capacità di risolvere i problemi non implica la comprensione teorica dei principi chimici coinvolti [43].

Esistono condizioni favorevoli all'apprendimento quando una persona deve confrontarsi con un problema per risolvere il quale non sono disponibili procedure note. Facendo lavorare gli studenti in piccoli gruppi, si fornisce loro l'opportunità di spiegare, di confutare, di difendere le loro convinzioni; questo è un processo che in modo attivo favorisce l'apprendimento.

E' stato adottato un metodo problem solving per favorire l'analisi del problema in modo sistematico secondo quattro distinti stadi [44]. Continuamente è stato sottolineato che la soluzione del problema deriva dalla sua comprensione concettuale. Dopo il testo del problema, venivano riportate le seguenti istruzioni:

Ragiona in modo qualitativo sullo svolgimento, prima di sviluppare l'algoritmo.

Stima il risultato numerico, prima di fare i calcoli.

Prova (vera o falsa) l'assunzione, il passaggio, la formula,

Verifica il risultato numerico, per essere certo che sia corretto.

Spiega perché il ragionamento è corretto.

Formula un problema più difficile sullo stesso argomento.

Sebbene questo approccio alla risoluzione dei problemi possa essere insegnato nella classe tradizionale, esso viene trasmesso in modo più efficace nella dinamica di un gruppo. Alcuni studenti più facilmente di altri adottano una strategia sistematica di problem solving o riescono prima di altri a comprenderla e metterla in pratica con successo. Quando essi fanno questo ripetutamente come membri di un gruppo CL, gli altri studenti vengono esposti a questa strategia di risoluzione ed è probabile che qualcun altro, apprezzandone i benefici, incomincerà ad usarla. Anche se non è garantito che tutti gli studenti in un corso useranno un approccio sistematico alla risoluzione dei problemi, la loro percentuale sarà certamente superiore a quella che si avrebbe in un corso tradizionale. Questa percentuale verrà ulteriormente incrementata se l'istruttore fornisce adeguati feedback sulla soluzione dei problemi in classe o nel gruppo e illustra i benefici di usare un ragionamento sistematico. Soprattutto nelle prime esperienze sulla risoluzione dei problemi, è necessario raccogliere le soluzioni proposte dai vari gruppi e valutarle fornendo commenti positivi e mettendo in evidenza le cose migliori, dando suggerimenti che aiutano gli studenti a crescere.

Lo stimolo a studiare ogni giorno e un controllo indiretto della preparazione individuale è stato operato attraverso la valutazione delle mappe concettuali: quasi tutti gli studenti hanno realizzato una mappa per ogni argomento del corso di chimica generale.

VI. CONSIDERAZIONI FINALI

Cooperative learning è molto più che far lavorare studenti in gruppi e chiedere loro di scrivere una relazione sui loro sforzi. La vera CL richiede la positiva interdipendenza tra i membri del gruppo, far sentire ogni membro del gruppo responsabile per i risultati del gruppo, avendo ciascuno almeno in parte contribuito al risultato nell'interazione faccia a faccia, aiutandoli a sviluppare le abilità di comunicazione e di rapporto interpersonale, necessarie per l'effettivo funzionamento del gruppo e, periodicamente, la valutazione da parte degli studenti del lavoro di gruppo.

Un sostanziale numero di dati riportati nella letteratura indicano che l'apprendimento cooperativo, quando viene attuato in modo appropriato è superiore all'apprendimento tradizionale attraverso la lezione e la risoluzione dei problemi attraverso esempi. Benché gli istruttori che usano la CL possano incontrare una iniziale resistenza ed anche ostilità in alcuni studenti, se essi seguono le istruzioni da tempo stabilite, come quelle riportate in questo articolo, i benefici prodotti nei loro studenti supereranno di gran lunga le difficoltà incontrate lungo la via.

La nostra speranza è di suscitare interesse per questo metodo didattico; vorremmo leggere in futuro le esperienze di qualche collega che ha messo in pratica questa tecnica. McKeachie attribuisce il successo della CL al fatto che interagendo con i propri pari, lo studente opera una maggiore elaborazione cognitiva e può ammettere e chiarire la propria confusione [45].

Bibliografia

- [1] P. Fensham, "Toward 2000 and beyond: the lessons we still need to learn?", *Book of abstracts*, 14th ICCE: Brisbane, Australia, 1996, p. 2.
- [2] A. H. Johnstone, W. Y. Su, "Lectures - a learning experience?", *Educ. Chem.*, 1994, **31**, 75.
- [3] H. A. Witkin, D. R. Goodenough, *Cognitive styles: essence and origins. Field dependence and field independence*, International Universities Press, Inc.: New York, 1981, cap. 2; C. Gobbo, S. Morra, *Lo sviluppo mentale. Prospettive neopiagetiane*, Il Mulino: Bologna 1997, p. 57-59.
- [4] J. Hartley, I. K. Davies, "Note-taking: A critical review", *Programmed Learning and Educational Technology*, 1978, **15**, 207, citato in: W. J. McKeachie, *Teaching Tips. Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers*, 9th Ed., Lexington, MA: D. C. Heath and Co., p. 56.
- [5] "Teaching and learning are not synonymous; we can teach, and teach well, without having the students learn." G. M. Bodner, "Constructivism: A Theory of Knowledge", *J. Chem. Educ.*, 1986, **63**, 873.

- [6] "[...], ideas that are merely received into the mind without being utilized, or tested, or thrown into fresh combinations.", A. N. Whitehead, "The Aims of Education and Other Essays", in F. S. C. Northrop, M. W. Gros, (Eds), *Alfred North Whitehead*, New York: The Macmillan Co., 1953, p. 87. Questo problema viene sottolineato anche da McKeachie: "[...], a major problem with the lecture is that students assume a passive, non-thinking, information receiving role.", W. J. McKeachie, *Teaching Tips. Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers*, 9th Ed., Lexington, MA: D. C. Heath and Co., p. 68.
- [7] E. von Glasersfeld, "Cognition, construction of knowledge, and teaching", *Synthese*, 1989, **80**, p. 123; "The work of Jean Piaget, the most prolific constructivist in our century, can be interpreted as one long struggle to design a model of the generation of viable knowledge", *ibidem*, p. 125.
- [8] E. von Glasersfeld, "An Introduction to Radical Constructivism", in P. Watzlawick, (Ed.), *The Invented Reality - How Do We Know What We Believe We Know? Contributions to Constructivism*, W. W. Norton & Co., Inc.: New York, 1984, p.17-40.
- [9] R. Driver, H. Asoko, J. Leach, E. Mortimer, P. Scott, "Constructing Scientific Knowledge in the Classroom", *Educational Researcher*, 1994, **23**, 5.
- [10] "The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.", D. P. Ausubel, J. D. Novak, H. Hanesian, *Educational Psychology, A Cognitive View*, 2nd ed. Holt, Rinehart and Winston: New York, 1978, come riportato in: J. D. Novak, D. B. Gowin, *Learning how to learn*, Cambridge University Press: New York, 1995, p. 40.
- [11] K. Smith, D. W. Johnson, R. T. Johnson, "Can Conflict Be Constructive? Controversy Versus Concurrence Seeking in Learning Groups", *Journal of Educational Psychology*, 1981, **73**, 651; I. Lakatos, "La falsificazione e la metodologia dei programmi di ricerca scientifici", in I. Lakatos, A. Musgrave, (Eds), *Critica e crescita della conoscenza*, Feltrinelli: Milano 1993, p. 194; M. Niaz, "Progressive Transitions from Algorithmic to Conceptual Understanding in Student Ability to Solve Chemistry Problems: a Lakatosian Interpretation", *Sci. Educ.*, 1995, **79**, 19.
- [12] "I have never denied an absolute reality, I only claim, as skeptics do, that we have no way of knowing it.", E. von Glasersfeld, "A Constructivistic Approach to Teaching", in L. P. Steffe, J. Gale, (Eds), *Constructivism in Education*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1995, p. 7; "Truth in constructivism, as I keep repeating, is replaced by viability. ... we cannot put any meaning to the expression 'to exist' outside our sphere of experience.", E. von Glasersfeld, "Questions and Answer about Radical Constructivism", in M. K. Pearsall, (Ed.), *Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science, Vol. II, Relevant Research*, The National Science Teachers Association: Washington, 1992, p. 171.

- [13] a) L. S. Vygotsky, *Pensiero e linguaggio* (a cura di E. Hanfmann, G. Vakar), Giunti Barbèra: Firenze, 1966; "La cooperazione costituisce in larga misura la colonna portante della teoria di Vygotskij", C. M. Jennings, X. Di, "L'approccio vygotkiano all'apprendimento cooperativo", in L. Dixon-Krauss, (Ed.), *Vygotskij nella classe*, Erickson: Trento, 1998, p. 112.
- [14] D. W. Johnson, R. T. Johnson, "Toward a *Cooperative* Effort: A Response to Slavin", *Ed. Leadership*, 1989, **46**, 80; D. W. Johnson, R. T. Johnson, K. A. Smith, *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*, Interaction Book Company: Edina, Mn, 1991, p. 1:18-20.
- [15] "The second ingredient that is apparently needed to make cooperative learning methods instructionally effective is *individual accountability*.", R. E. Slavin, "When Does Cooperative Learning Increase Student Achievement?", *Psychological Bulletin*, 1983, **94**, p. 441.
- [16] A. H. Johnstone, "Chemistry Teaching - Science or Alchemy?", *J. Chem. Educ.*, 1997, **74**, 262.
- [17] D. W. Johnson, R. T. Johnson, K. A. Smith, *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*, Interaction Book Company: Edina, Mn, 1991.
- [18] R. M. Felder, "Active-Inductive-Cooperative Learning: An Instructional Model for Chemistry?", *J. Chem. Educ.*, 1996, **73**, 832.
- [19] B. J. Millis, P. G. Cottell, Jr., *Cooperative Learning for Higher Education Faculty*, Oryx Press: Phoenix, AZ, 1988.
- [20] R. M. Felder, R. Brent, *Cooperative Learning in Technical Courses: Procedures, Pitfalls, and Payoffs*, ERIC Document Reproduction Service, ED 377038, October 1994. Questa monografia si trova in http://www2.ncsu.edu/effective_teaching/.
- [21] "I am becoming increasingly concerned about a widespread belief that *all* forms of cooperative learning are instructionally effective. This is emphatically not the case", R. E. Slavin, "Cooperative learning and student achievement", *Ed. Leadership*, 1988, **47**, 31; "The current interest in cooperative learning stems from two broad forces: (1) the recognition that competitive educational environments encourage students to compete with one another rather than learn in a cooperative fashion and (2) evidence that suggests that cooperative learning, when properly implemented, has the potential for contributing positively to academic achievement, social skills, and self-esteem.", M. L. Manning, R. Lucking, "The What, Why, and How of Cooperative Learning", in M. K. Pearsall, (Ed.), *Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science, Vol. II, Relevant Research*, The National Science Teachers Association: Washington, 1992, p. 70.
- [22] D. W. Johnson, G. Maruyama, R. Johnson, D. Nelson, L. Skon, "Effects of Cooperative, Competitive, and Individualistic Goal Structures on Achievement: A Meta-Analysis",

- Psychological Bulletin*, 1981, **89**, 47 (Si tratta di una review riguardante 122 studi sull'apprendimento); T. T. Moench, "The Participative Learning System", *J. Coll. Sci. Teaching*, 1986, **16**, 437; Rif. [18] a, p. 2:12-24; W. R. Robinson, "Groups-of-Three Study", in S. C. Nurrenbern, (Ed.), *Experiences in Cooperative Learning: A Collection for Chemistry Teachers*, Institute for Chemical Education: Univ. of Wisconsin, 1995, p. 148-149; T. Kerns, "Should We Use Cooperative Learning in College Chemistry?", *J. Coll. Sci. Teaching*, 1996, **26**, 435; L. S. Kogut, "Using Cooperative Learning To Enhance Performance in General Chemistry", *J. Chem. Educ.*, 1997, **74**, 720; G. M. Bodner, P. A. Metz, K. Tobin, "Cooperative learning: An alternative to teaching at a medieval university", *Aust. Sci. Teach. J.*, 1997, **43**, 23.
- [23] R.M. Felder, "A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. IV. Instructional Methods and Student Responses to Them," *J. Engr. Education*, 1995, **84**, 361; R.M. Felder, "A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. V. Comparisons with Traditionally-Taught Students, *J. Engr. Education*, in press.
- [24] D. W. Johnson, R. T. Johnson, *Cooperative, competitive, and individualistic efforts and adult learning: A meta-analysis*, University of Minnesota: Minneapolis Cooperative Learning Center, 1997; D. W. Johnson, R. T. Johnson, K. A. Smith *Cooperative learning: Increasing college faculty instructional productivity*, ASHE-ERIC Higher Educational Report No. 4, George Washington University: Washington, DC, 1991; *Collaborative learning in higher education: A sourcebook*, National Center on Postsecondary Teaching, Learning, and Assessment, Pennsylvania State University, 1992.
- [25] R. C. Dougherty, C. W. Bowen, T. Berger, W. Rees, E. K. Mellon, E. Pulliam, "Cooperative Learning and Enhanced Communication", *J. Chem. Educ.*, 1995, **72**, 793.
- [26] P. Heller, R. Keith, S. Anderson, "Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving", *Am. J. Phys.*, 1992, **60**, 627.
- [27] R. M. Felder, K. D. Forrest, L. Baker-Ward, E. J. Dietz, P. H. Mohr, "A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention: I. Success and Failure in the Introductory Course", *J. Engr. Education*, 1993, **82**, 15.
- [28] R. M. Felder, P. H. Mohr, E. J. Dietz, L. Baker-Ward, "A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention: II. Rural/Urban Student Differences", *J. Engr. Education*, 1994, **83**, 209.
- [29] R. M. Felder, G. N. Felder, M. Mauney, C. E. Hamrin, Jr., E. J. Dietz, "A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention: III. Gender Differences in Student Performance and Attitudes", *J. Engr. Education*, 1995, **84**, 151.
- [30] R. M. Felder, "Cooperative Learning in a Sequence of Engineering Courses: A Success Story", *Cooperative Learning and College Teaching*, 1995, **5**, 10; Rif. [18], p. 835.

- [31] R. F. Kempa, A. Ayob, "Learning interactions in group work in science", *Int. J. Sci. Educ.*, 1991, **13**, 341.
- [32] R. M. Felder, R. Brent, "Navigating the Bumpy Road to Student-Centered Instruction", *College Teaching*, 1996, **44**, 43.
- [33] R. M. Felder, "Reaching the Second Tier - Learning and Teaching Styles in College Science Education", *J. Coll. Sci. Teach.*, 1993, **23**, 286.
- [34] D. R. Woods, *Problem-based Learning: How to Gain the Most from PBL*, D. R. Woods : Waterdown, ON, 1994, p. 1-2, 1-4.
- [35] G. Perry, Jr., "Cognitive and Ethical Growth: The Making of Meaning", in A. Chickering, (Ed.), *The Modern American College*, Jossey Bass: San Francisco, 1981, p. 76-116.
- [36] A. Whimbey, J. Lochhead, *Problem Solving and Comprehension*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1991, p. 21-29, 340-344; Rif. [34], p. 3-16, 3-23.
- [37] "the time expended studying with peer-monitoring partners was more productive than simply studying additional hours alone.", S. C. Fraser, A. L. Beaman, E. Diener, R. T. Kelem, "Two, Three, or Four Heads Are Better than One: Modification of College Performance by Peer Monitoring", *Journal of Educational Psychology*, 1977, **69**, p. 106.
- [38] P. Heller, M. Hollabaugh, "Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups", *Am. J. Phys.*, 1992, **60**, 637.
- [39] W. R. Robinson, "Groups-of-Three Study", in S. C. Nurrenbern, (Ed.), *Experiences in Cooperative Learning: A Collections for Chemistry Teachers*, Institute for Chemical Education: University of Wisconsin: Madison, 1995, p. 148-149.
- [40] Rif. [13] a, p. 130; L. Dixon-Krauss, "La prospettiva storico-sociale di Vygotskij sull'apprendimento e le sue applicazioni", in L. Dixon-Krauss, (Ed.), *Vygotskij nella classe*, Erickson: Trento, 1998, p. 34.
- [41] K. Smith, D. W. Johnson, R. T. Johnson, "Can Conflict Be Constructive? Controversy Versus Concurrence Seeking in Learning Groups", *Journal of Educational Psychology*, 1981, **73**, 651; I. Lakatos, *Proofs and refutations: the logic of mathematical discovery*, Cambridge University Press: Cambridge, 1994.
- [42] La parte che segue è stata adattata da quanto riportato in: R. Sleet, P. Hager, P. Logan, M. Hopper, *Broader Skill Requirements of Science Graduates*, University of Technology: Sydney, Senza data, p. 128-130.
- [43] S. C. Nurrenbern, M. Pickering, "Concept Learning versus Problem Solving: Is There a Difference?", *J. Chem. Educ.*, 1987, **64**, 509; B. A. Sawrey, "Concept Learning versus Problem Solving: Revised", *J. Chem. Educ.*, 1990, **67**, 253.
- [44] L. Cardellini, "Il metodo ASV per risolvere i problemi chimici" *La Chimica nella Scuola*, 1984, **VI**, 4.

[45] "The best answer to the question, 'What is the most effective method of teaching?' is that it depends on the goal, the student, the content, and the teacher. But the next best answer is, 'Students teaching other students.'", W. J. McKeachie, *Teaching Tips. Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers*, 9th Ed., Lexington, MA: D. C. Heath and Co., p. 144.