

IL TEST SULL'ASSOCIAZIONE DI PAROLE NELLE SCIENZE

Riassunto

Il test sulle parole associate è il metodo più comune per indagare le strutture cognitive; in qualche modo permette di “guardare dentro la testa dello studente”. In questo studio, il test è utilizzato per rilevare le strutture cognitive relative a concetti della chimica generale degli studenti del primo anno di ingegneria, che seguono il corso di chimica generale. Per mettere in evidenza le strutture, sono stati calcolati i coefficienti di connessione tra gli stimoli e la frequenza delle parole associate ai vari stimoli. I risultati mostrano che gli studenti sono in grado di elencare diversi concetti e idee in relazione ad un certo stimolo. Tuttavia, i dati mettono in evidenza che gli studenti, almeno la grande maggioranza di essi, non sembrano possedere il quadro completo dei concetti e la rete di collegamenti tra essi, attraverso relazioni, idee o altri concetti. Soltanto una piccola frazione degli studenti mostra di possedere una rete di concetti sufficientemente collegata, come si vorrebbe che tutti gli studenti avessero. Questo metodo è in grado di evidenziare anche la presenza di eventuali idee sbagliate. E' stata trovata una correlazione positiva tra il punteggio ottenuto con il test Word Association e il punteggio ottenuto con l'esame tradizionale.

Abstract

The word association test is one the commonest and oldest educational tools for investigating the cognitive structure of learners. In the present study, a word association test was

(*) Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra, Facoltà di Ingegneria
Via Breccie Bianche - 60131 Ancona.
E-mail: libero@popcsi.unian.it;

(**) Centre for Science Education,
University of Glasgow, UK.
E-mail: alexj@nernst.chem.gla.ac.uk

LIBERATO CARDELLINI (*)
ALEX H. JOHNSTONE (**)

used to map the cognitive structure of the domain of general chemistry for first-year engineering students. In order to map the structures, relatedness coefficient values and response frequency were calculated. The results showed that the students generated many ideas related to given key words. However, they did not appear to see the overall picture as a network of related ideas. This method reveals also the network of associations between concepts, and a positive correlation between the score in this test and the exam score was found. Implications for using the word association test in the classroom are discussed.

Keywords: Word association test, Relatedness coefficients, Chemistry primers, Spread of activation, Semantic distance.

Introduzione

Chiunque abbia insegnato materie scientifiche di qualunque tipo, ha provato la deludente esperienza di constatare, sia nei compiti scritti che all'esame, le incomprensioni concettuali mostrate dagli studenti. Questo ci porta ad affermare che non è più difendibile la convinzione che le informazioni, e in particolare la comprensione di un certo concetto, possano essere trasferite intatte dalla testa dell'insegnante a quella dello studente. Un modo più plausibile di immaginare il processo educativo è quello di ammettere che ogni studente ricostruisce in modo personale la conoscenza dalle informazioni che il docente presenta, in base alle conoscenze che lo studente già possiede. L'esame spesso rivela la disparità tra le idee del docente e quelle dello studente, ma non riesce a spiegarne le

differenze. I tentativi dell'insegnante di correggere queste differenze concettuali percepite sono spesso privi di successo, e sembra che sia molto resistente al cambiamento quello che lo studente ha costruito per se stesso. Ci sono indiscutibili evidenze in letteratura che mostrano come gli studenti possano al contempo essere convinti delle proprie idee e di quelle dell'insegnante, benché queste idee siano alle volte tra loro in conflitto. Sotto pressione, gli studenti tendono a ritornare alle proprie idee.

E' perciò desiderabile trovare qualche tecnica che permetta al docente di “guardare dentro la testa dello studente” e rendersi conto dove le connessioni sbagliate risiedono e avere qualche idea precisa sulla maniera di rettificarle. Una di queste tecniche, il test Word Association, è conosciuta fin dagli anni '60, ma è stata poco usata dai docenti di materie scientifiche. Questo test è basato sull'idea che, se ad una persona viene presentata una parola iniziale (stimolo) e gli si chiede, sotto pressione, di dire la prima parola che gli viene in mente, l'idea più fortemente associata con la parola iniziale verrà rivelata nella risposta. Se la stessa parola iniziale viene poi riproposta e viene richiesta una nuova risposta, questa rappresenterà una associazione più lontana rispetto alla prima risposta ottenuta. Il processo può essere ripetuto alcune volte in modo da ottenere una successione di parole associate tutte collegate allo stimolo ma progressivamente più distanti e con significati che rilevano una vicinanza decrescente rispetto alla parola iniziale. Un nuovo stimolo può ora essere scelto e tutto il processo ripetuto di nuovo e così via. Se gli stimoli utilizzati sono i concetti chiave in una disciplina particolare di studio, dall'elaborazione del test è possibile costruire una mappa delle associazioni esistenti nella mente dello studente. Se due diverse parole ini-

ziali (concetti) sono seguite da stringhe molto simili, è probabile che queste due parole siano tra loro molto associate. Se, d'altra parte, due parole iniziali condividono poche associazioni, è probabile che questi due concetti siano tra loro debolmente associati nella mente dello studente. La forza relativa di queste associazioni può essere calcolata ottenendo una misura semi-quantitativa delle associazioni.

Ciò che emerge da queste "mappe" è che lo studente immagazzina informazioni in "isole" poco collegate tra loro, mentre il docente tende ad avere le proprie informazioni memorizzate in un reticolo fortemente interconnesso che gli permette di muoversi facilmente da un concetto ad un altro. Questa possibilità cognitiva rende il docente un abile risolutore di problemi. Gli studenti possono risolvere problemi di routine dentro ad una certa "isola", ma trovano difficoltà se il problema richiede l'uso di informazioni o di concetti che appartengono a più di un'"isola", anche se la complessità dei problemi è simile.

Le strutture cognitive

Come è che alcuni studenti sono bravi ed altri meno? Si può ipotizzare che la quantità di informazioni possedute dagli studenti sia differente, oppure che i concetti nella mente degli studenti siano organizzati e connessi diversamente, cosicché per alcuni l'accesso e il ritrovamento delle informazioni nella memoria a lungo termine è più difficile che per altri. Differenze nelle abilità nel gioco degli scacchi sono state attribuite a differenze nella quantità di conoscenza e non alla maniera in cui le strutture sono rappresentate [1].

Secondo la psicologia cognitiva la conoscenza esiste nella nostra memoria come unità cognitive collegate in una complessa struttura a rete (network) [2]. Parole, immagini, fatti e concetti sono rappresentati da proposizioni, da relazioni, da argomenti chiamati nodi (le unità cognitive) e organizzati in modo gerarchico, in una mappa semantica in cui ciascun nodo è collegato ad altri da un insieme di elementi, ovvero le proprietà delle unità cognitive [3]. In questo modello a network gerarchico, originariamente proposto da Collins e Quillian [4], i tempi di accesso alle informazioni (il soggetto doveva giudicare se una frase tipo "un canarino può volare"

sia vera o falsa) dipendono dal livello, ovvero dalla distanza semantica a cui si trovano. Le informazioni vengono ricercate nella memoria a lungo termine attivando le unità cognitive nella memoria di lavoro (priming) e distribuendo automaticamente l'attivazione (Spread of Activation) attraverso le reti neurali, nei nodi tra loro collegati da una qualche relazione [5]. L'attivazione, che determina sia la probabilità che la velocità di accesso alla memoria, si trasmette ai nodi collegati e la propagazione è estremamente rapida, però dipende da quanto frequentemente e da quanto recentemente quella unità cognitiva è stata usata nella memoria [6]. Pirolli e Anderson [7] hanno dimostrato che la pratica (ovvero lo studio ripetuto) ha un effetto sistematico nella diminuzione del tempo necessario al ritrovamento di informazioni dalla memoria. Ogni volta che una traccia (cioè alcuni nodi collegati attraverso relazioni significative) della memoria viene usata, ne risulta un rafforzamento delle relazioni che collegano i nodi interessati. La forza della traccia determina il livello di attivazione ovvero il tempo necessario a cercare l'informazione e anche la possibilità o meno che l'informazione sia ritrovata.

Diversi metodi possono essere usati per indagare la struttura cognitiva ovvero l'ipotetico costruito a cui si riferisce l'organizzazione delle relazioni tra i concetti nella memoria a lungo termine [8-20]. Il metodo delle parole associate (Word Association Test) è molto comune per indagare la rappresentazione interna delle strutture cognitive ed è quello più usato da diversi ricercatori in diverse discipline [9, 21-33].

Il test Word Association

La ricerca è stata condotta su studenti iscritti al primo anno di Università e frequentanti un corso di chimica. Per il test all'inizio del corso, il campione era costituito da 83 studenti; 26 donne e 57 uomini, età media 19,6 anni (d. s. = 1,0) voto medio di diploma 49,2/60 (d. s. = 6,4). Gli studenti avevano diversa provenienza: principalmente da liceo scientifico (55,4%), istituto tecnico industriale (10,8%) e istituto tecnico per geometri (18,1%). Al test alla fine del corso hanno preso parte 60 studenti; 21 donne e 39 uomini, età media 19,4 anni (d. s. = 1,6) voto medio di diploma 49,4/60 (d. s. = 6,1). La provenienza di questi studenti ri-

sultava così modificata: liceo scientifico (61,7%), istituto tecnico industriale (6,7%) e istituto tecnico per geometri (10,0%).

Per costruire il test sull'associazione di parole sono state scelte delle parole chiave significative per il corso di chimica generale, che costituiscono lo stimolo nel test; le parole sono: *Reazione (1), Equilibrio (2), Legame (3), Entalpia (4), pH (5), Ossidazione-riduzione (6), Mole (7), Soluzione (8), Stato di aggregazione (9), Orbitale (10)*. Ogni studente è stato fornito di un fascicolo sulla prima pagina del quale erano riportate queste istruzioni:

Quando si ascolta o si legge una parola, spesso vengono in mente altre parole. In questo studio si vogliono conoscere quali altre parole ti vengono in mente leggendo parole usate in Chimica. In ogni pagina troverai delle parole chiave, scritte molte volte. Ripeti la parola a te stessa/o, e poi velocemente scrivi la prima parola che ti viene in mente nella posizione 1. Continua poi a scrivere nelle altre posizioni, altre parole associate con la parola chiave, come ti vengono in mente. Continua in questo modo finché non viene detto di passare alla prossima pagina. Fai del tuo meglio. Scrivi velocemente, perché il tempo a disposizione è di 30 secondi per ogni pagina.

Seguivano due pagine con due esempi di parole associate con stimoli tratti dalla biologia e poi le dieci pagine che costituivano il test. L'esempio della pagina del test per la parola 'reazione' è riportato in figura 1:

REAZIONE	
REAZIONE	1
REAZIONE	2
REAZIONE	3
REAZIONE	4.....
REAZIONE	5.....
REAZIONE	6
REAZIONE	7
REAZIONE	8
REAZIONE	9
REAZIONE	10.....

Fig. 1. Esempio del test Word Association per la parola chiave 'reazione'

In ogni pagina è riportata la parola che costituisce lo stimolo che viene ripetuta dieci volte sulla sinistra della

pagina, con lo scopo di far ritornare il soggetto dopo ogni associazione alla parola chiave. Questo al fine di rendere minimo l'effetto di concatenamento delle parole, nel quale la risposta precedente piuttosto che la parola chiave costituisce lo stimolo per la risposta successiva. Ad esempio, la risposta data da uno studente alla parola 'reazione' è stata la seguente successione di associazioni: ossidoriduzione, doppio scambio, acido, base, sale, moli di reazione, reagente limitante, bilanciamento. La ripetizione della parola chiave ha diminuito l'effetto di concatenamento, ma non lo ha annullato: in 26 casi è stata trovata la successione (non importa l'ordine) soluto-solvente; in 29 la successio-

ne acido-basico-neutro; 35 volte la successione reagenti-prodotti; 26 volte la successione ossidante-riducente; 7 volte la successione ossidazione-riduzione; 10 volte la successione omogeneo-eterogeneo e 8 volte la successione esotermica-endotermica. Probabilmente questo è dovuto al fatto che queste associazioni sono molto forti nella mente di questi studenti.

Le risposte sono state ottenute in un tempo limitato e il tempo concesso per rispondere ad ogni stimolo è stato controllato dallo sperimentatore. Dati riportati in letteratura indicano che le associazioni libere possono non rivelare deboli associazioni dirette [34]. Le risposte possono essere

analizzate in diverse maniere e uno dei metodi più comunemente usati è il calcolo dei coefficienti di connessione (RC; Relatedness Coefficient) secondo la formula di Garskof e Houston [35], riportata in Appendice. Per ogni studente, dalle risposte ottenute nel test viene costruita una matrice e da questa si calcolano le sovrapposizioni tra le diverse parole chiave valutando il numero di identiche parole associate ad ogni parola chiave e la loro posizione nella successione delle associazioni, ottenendo così la matrice $[A_{ij}]$ dei coefficienti di connessione. L'elemento a_{ij} della matrice $[A_{ij}]$ rappresenta il grado di sovrapposizione tra lo stimolo i e lo stimolo j (i assume i valori da 1 a 9 e j assume i valori da 2 a 10). Nella matrice $[A_{ij}]$, per tutti i valori $i \neq j$, si ha che l'elemento $a_{ij} = a_{ji}$; si considerano perciò i soli elementi a_{ij} , con $j > i$. Si ottiene così un indice quantitativo delle connessioni tra le diverse parole chiave. Maggiore è il coefficiente di connessione (RC è un numero compreso tra 0 e 1; $RC = 1$ significa che ci si riferisce a due parole identiche), più forte è l'associazione tra i due concetti. La matrice $[A_{ij}]$ dei coefficienti di connessione, calcolata per tutti gli studenti viene riportata in grafico usando la tecnica di Waern [36]. Secondo questo metodo, viene scelto un valore di troncamento e si individuano le connessioni tra concetti aventi un coefficiente di sovrapposizione maggiore o eguale al valore di troncamento.

Risultati e discussione

Le "mappe dei concetti" sono state ottenute utilizzando la tabella delle frequenze ottenuta dalle risposte date a ciascuna delle dieci parole chiave considerando il totale di 60 studenti. L'analisi dei risultati suggerisce che è poco probabile che gli studenti abbiano nella loro mente i concetti, rappresentati dalle parole chiave, collegati tra loro. Poche parole sono frequentemente associate alle parole chiave: 39 studenti associano le parole ionico e covalente a 'legame'; acido, basico e neutro a 'pH'; numero di Avogadro a 'mole'; solido a 'stato di aggregazione'; elettrone a 'orbitale' (Fig. 2a). Con una procedura utilizzata in studi analoghi, nella tabella delle frequenze si fissano in modo arbitrario dei livelli di lettura o linee di separazione che permettono di suddividere gli studenti in base alla

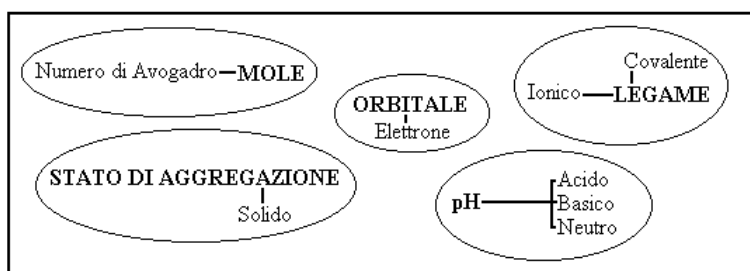
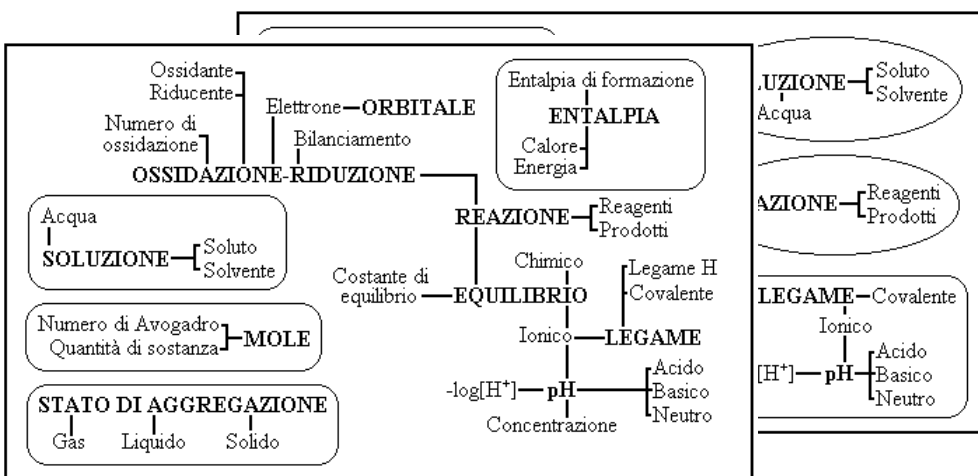


Fig. 2a. Interconnessione tra le parole chiave e le risposte nel 65% dei casi considerati



el 50% dei casi considerati

Fig. 2c. Interconnessione tra le parole chiave e le risposte nel 35% dei casi considerati

Fig. 2d. Interconnessione tra le parole chiave e le risposte nel 20% dei casi considerati

frequenza delle parole associate. Diminuendo la frazione di studenti considerati, altre isole gradualmente emergono e le isole precedenti si arricchiscono (Fig. 2b e 2c), e infine, una piccola frazione di studenti mostra una rete di concetti abbastanza collegata, così come il docente desidererebbe che fosse (Fig. 2d) per tutti gli studenti.

Questa mappa rivela la ricchezza delle connessioni tra i concetti, nella mente degli studenti. Però questa mappa si riferisce al 20% degli studenti; è necessario tuttavia evidenziare che non tutti i 12 studenti hanno nella loro mente questa rete di collegamenti tra i concetti. Qualcuno può avere alcuni concetti fortemente connessi, ma non tutti i 12 studenti hanno queste connessioni, come i valori dei coefficienti RC individuali evidenziano. La Figura 2d

collegati nella mente di pochissimi studenti: 8 studenti su 60 associano temperatura a ‘stato di aggregazione’, mentre 13 studenti associano temperatura a ‘entalpia’.

Per avere una valutazione quantitativa, ancorché relativa, di come ogni studente collega ciascuno degli stimoli tra loro, è stata calcolata una matrice dei coefficienti RC per ogni studente. È stata poi calcolata la matrice del valore medio dei coefficienti RC per i 60 studenti, come media aritmetica di ciascun termine a_{ij} delle matrici individuali. La matrice ottenuta è riportata in Tabella 1.

La Fig. 3 mostra la struttura inerente alla matrice risultante, riportata in grafico usando la tecnica di Waern [36]. Come mostra la figura, le parole ‘ossidazione-riduzione’ e ‘reazione’ sono fortemente collegate. Una pos-

Tab.1. Valore medio dei coefficienti RC per gruppo di 60 studenti per tutte le possibili sovrapposizioni

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,14	0,02	0,06	0,06	0,20	0,10	0,04	0,01	0,01
2	—	0,10	0,02	0,07	0,02	0,04	0,06	0,02	0
3	—	—	0,01	0,06	0,02	0,02	0,04	0,09	0,08
4	—	—	—	0	0,04	0,01	0	0,01	0
5	—	—	—	—	0	0,01	0,11	0	0
6	—	—	—	—	—	0,04	0,01	0	0,04
7	—	—	—	—	—	—	0,05	0,04	0,03
8	—	—	—	—	—	—	—	0,03	0
9	—	—	—	—	—	—	—	—	0,03

mostra che 3 parole chiave, ‘entalpia’, ‘legame’ e ‘stato di aggregazione’, sono ancora isole, benché complesse, collegate con un unico ponte ad altri concetti o parole chiave. ‘Entalpia’ e ‘stato di aggregazione’, sono concetti

sibile interpretazione è che nella mente degli studenti questi concetti hanno forti connessioni, ovvero, i nodi rappresentati da questi concetti sono molto vicini e ben collegati attraverso concetti comuni.

Poiché i coefficienti RC sono una misura relativa del numero e della collocazione nella graduatoria di identiche parole associate a due stimoli, un valore più grande di RC si può ottenere usando un numero minore di parole purché identiche [37]. Nell’esempio riportato in **Appendice**, se a ‘pH’ sono associate le parole soluzione e acido, e se a ‘soluzione’ sono associate le parole acido e pH, si ottiene un valore per RC di 0,85. Il numero totale di risposte associate a ciascuna parola chiave è riportato in Tabella 2 ed è comunque molto elevato.

Il collegamento tra tutte le parole chia-

Tab.2. Dati parziali e totali relativi alle risposte per tutte le parole-stimolo usate nel test parole associate

Parole chiave	Numero totale di risposte
1 Reazione	395
2 Equilibrio	289
3 Legame	365
4 Entalpia	284
5 pH	364
6 Ossidazione-riduzione	258
7 Mole	268
8 Soluzione	356
9 Stato di aggregazione	297
10 Orbitale	326
Numero totale di parole differenti	343
Numero totale di parole usate	3202
Numero totale di parole inconsistenti	168
Numero medio di parole associate	53,4
Numero medio di sovrapposizioni	10,5

ve si ha al valore 0,05, molto distante da 1; ciò dimostra che le connessioni tra questi concetti nella mente degli studenti sono abbastanza deboli. L’analisi delle matrici individuali dei coefficienti RC evidenzia che nessuno degli studenti è in grado di percepire tutti i collegamenti che esistono tra le 10 parole chiave.

L’assunzione su cui il test Word Association si basa è che l’ordine col quale le risposte vengono ritrovate nella memoria a lungo termine riflette la struttura interna e le relazioni tra i concetti [38].

Nel test Word Association, il grado di sovrapposizione tra le gerarchie delle risposte è una misura della distanza semantica (Semantic Distance) tra le parole chiave usate come stimolo [39]. Diverse ricerche suggeriscono una regolarità nelle strutture semantiche della memoria: i concetti lontani tra loro nella gerarchia richiedono per essere ritrovati un tempo maggiore mentre i concetti vicini richiedono un tempo minore e rivestono una maggiore importanza nel dare

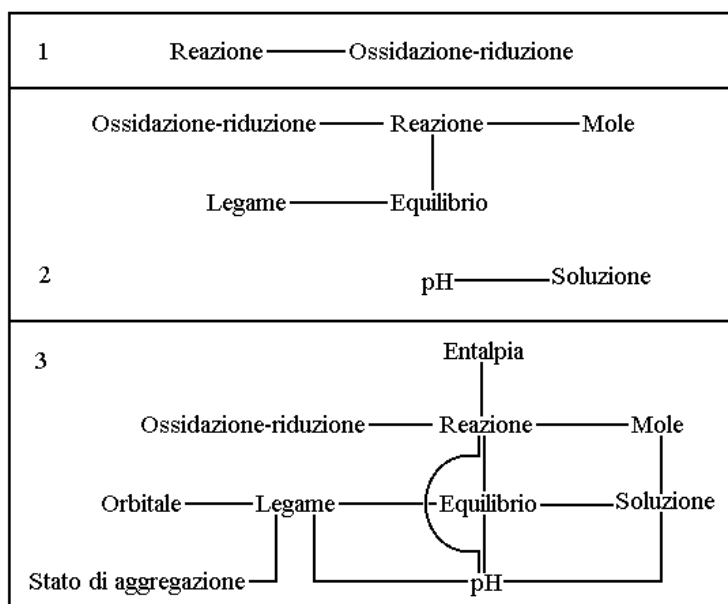


Fig. 3. Struttura cognitiva per il gruppo di 60 studenti. Troncamenti: 1 al valore 0,2; 2 al valore 0,1; 3 al valore 0,05

significato al concetto considerato. Questo può spiegare l'importanza dell'ordine delle risposte date dallo studente a ciascuna parola chiave.

Il numero di parole associate ad un certo stimolo dipende anche dal tipo di studente e può essere influenzato da vari fattori psicologici: la capacità della memoria di lavoro, il pensiero convergente come opposto al pensiero divergente e la dipendenza o l'indipendenza dal campo (Field dependence/independence [40]). In un recente studio condotto da uno degli autori [41] è stata trovata una relazione significativa tra il fattore psicologico convergenza/divergenza e i risultati del test Word Association. È stato trovato che i tipi divergenti forniscono un numero maggiore di parole associate alla parola chiave. Questa correlazione è stata confermata nel presente studio: 13 studenti sono stati individuati come divergenti e il loro numero medio di parole associate alle dieci parole chiave è risultato 60,5, che risulta essere un valore superiore al numero medio di parole associate ottenuto da tutti gli altri 47 studenti che è 51,4.

Può essere interessante il confronto tra i dati risultanti dal test di associazione di parole somministrato alla fine del corso, con un identico test proposto all'inizio dello stesso corso di chimica; i dati sotto riportati si riferiscono a 58 studenti che hanno fornito risposte ad entrambi i test.

Dal confronto, risulta che i dati sono molto diversi. Il linguaggio degli studenti si è arricchito (il numero medio di parole associate è triplicato) ed è

diventato più preciso: su un totale di 3154 parole usate alla fine del corso, ne sono state scartate 160, mentre all'inizio del corso, usando lo stesso criterio, su un totale di 998 parole, ne erano state scartate 265. Inoltre, dalle matrici dei valori medi dei coefficienti RC risulta che il numero di sovrapposizioni con $RC > 0,03$ è passato da 3, all'inizio del corso, a 25, alla fine del corso. Alcune associazioni possono essere una indicazione di possibili idee sbagliate. Nel test somministrato a 83 studenti all'inizio del corso, allo stimolo 'equilibrio', 9 volte è stato associato 'statico' o 'stasi' e 3 volte 'atomico'; a 'legame', 4 volte è stato associato 'atomico'. Nel test alla fine del corso, ad 'equilibrio' soltanto 3 volte è stato associato 'statico' o 'stasi'.

Il criterio scelto per l'accettazione o per il rifiuto delle risposte rivela la parte soggettiva di questo metodo di valutazione. In questa elaborazione è stato seguito un criterio severo: una parola è stata giudicata 'accettabile' se relativa allo stimolo e scientificamente corretta e appartenete al linguaggio chimico. Parole come 'pelle' o 'shampoo', seppur nel linguaggio comune sono associate al pH, ai fini

di questo studio sono state ritenute inconsistenti. Non si è voluto interferire nell'attribuzione del significato delle parole: 'ossidante' è stato ritenuto diverso da 'ossidazione' come pure 'riducente' da 'riduzione'. A ciascuna delle diverse parole è stato attribuito un codice e i valori calcolati per i coefficienti RC risultano diversi da zero solo quando vengono trovati codici uguali. L'utilizzo di questo criterio può essere il motivo che spiega in parte i relativamente bassi valori, se confrontati con altri studi [42], dei coefficienti RC riportati in Tab. 1: ciò è una indicazione di una debole connessione tra i concetti. D'altra parte i risultati riportati in letteratura si riferiscono ad un argomento del programma, mentre in questo studio gli stimoli essendo riferiti a diversi argomenti del corso di chimica generale, sono molto distanti tra loro nel significato. Un'altra possibile spiegazione potrebbe risiedere nell'organizzazione del corso: un corso di chimica generale svolto nel tempo di 13 settimane non consente a molti studenti di attivare in modo stabile i collegamenti tra mondo microscopico e mondo macroscopico, e i collegamenti cognitivi tra i vari argomenti necessari per la padronanza della materia. L'analisi della tabella 1 mostra che connessioni apprezzabili esistono tra 'reazione' e i concetti 'equilibrio', 'ossidazione-riduzione' e 'mole' ed anche che le sovrapposizioni di 'entalpia' con gli altri stimoli sono molto scarse. L'analisi delle matrici individuali mostra alcune connessioni relativamente forti; risultano diversi valori di $RC > 0,5$ fino ad un valore $a_{1,6} = 0,86$.

Si potrebbe arguire che ad alcune delle parole chiave qui usate si potrebbe sostituire un concetto sovraordinato; come ad esempio a 'orbitale', 'atomo', che attiva parole con un significato più esteso, perciò con una probabilità maggiore di sovrapporsi ad altri stimoli. I risultati di un test analogo, somministrato all'inizio di un altro corso, con un insieme diverso di parole chiave (nuo-

	Test all'inizio del corso	Test alla fine del corso
Numero medio di parole associate:	17,2	54,4
Numero medio di sovrapposizioni:	1,29	10,9
Numero totale di parole differenti	137	334
Numero totale di parole usate	998	3154
Numero totale di parole inconsistenti	265	160

vo set) ottenuto sostituendo 'entalpia' con 'velocità di reazione', 'mole' con 'molecola' e 'orbitale' con 'atomo', confermano questa ipotesi. Il numero di risposte differenti asso-

zionale.

Questo test rivela però che molti studenti hanno nelle loro menti diversi concetti significativi del corso di chimica come isole scarsamente collega-

	vecchio set	nuovo set
Numero di studenti	83	86
Numero medio di parole associate	17,0	19,0
Numero medio di sovrapposizioni	1,40	2,50

ciate ad una parola chiave è una significativa e diretta indicazione della comprensione del concetto, poiché il suo significato aumenta con l'aumento del numero e della complessità dei collegamenti che l'individuo può fare con altri concetti collegati [43]. Per avere una valutazione dei risultati del test Word Association, è stato attribuito un punto per ogni parola "valida" e il punteggio nel test è stato correlato al voto nell'esame finale. La correlazione è stata tentata per gli studenti (43) che hanno superato l'esame entro 1 mese dalla data della somministrazione del test; la sessione di esame successiva era a circa 20 settimane dalla stessa data ed è possibile perciò ritenere che la preparazione in chimica del resto degli studenti al momento del test non fosse approfondita. C'è una correlazione positiva (Coefficiente di correlazione di Pearson: $r = 0,471$ significativo a livello $p < 0,002$) tra il punteggio ottenuto nel test Word Association e il punteggio ottenuto nell'esame tradi-

te tra loro e alla fine del corso non sono in grado di percepire la ricchezza dei collegamenti che esiste tra questi concetti. I collegamenti tra i concetti e le spiegazioni dei fenomeni chimici utilizzando i concetti derivati dalla teoria, non vengono messi in evidenza all'esame, dove viene richiesta la risposta a domande specifiche basate sulle isole della mappa delle frequenze.

Considerazioni finali

In questo studio, il test Word Association è stato utilizzato in due diverse situazioni di conoscenza della chimica generale: i risultati mostrano che è una tecnica importante per rivelare il tipo e il numero dei concetti nella mente dello studente, come pure la forza dei collegamenti che esistono tra essi. Questo test è facile da preparare ed è semplice la sua somministrazione e, indipendentemente dal numero degli studenti, il tempo necessario per completarlo è di appena cinque minuti. La succes-

sione delle parole chiave può essere casuale e diversa in ogni fascicolo, così si previene la possibilità che le risposte ad uno stimolo siano influenzate dall'essere precedute sempre da un altro stesso stimolo [44] e si può eliminare la possibilità che studenti, vicini di banco, si influenzino a vicenda. Dove invece è richiesto molto tempo è nella lunga procedura necessaria per l'elaborazione numerica del test. E' però possibile ottenere una mappa dei concetti dalla frequenza delle risposte e noi insegnanti possiamo essere in grado di formulare un giudizio composito ispezionando il tipo e il numero di risposte ai vari stimoli.

Gli insegnanti possono utilizzare questo metodo per valutare la conoscenza iniziale della materia da parte degli studenti e per favorire l'apprendimento significativo di nuovi concetti; cioè l'apprendimento costruito su concetti che fanno parte della struttura cognitiva posseduta dallo studente. Inoltre è possibile utilizzare questo test come strumento diagnostico sia per verificare i progressi fatti dagli studenti nell'apprendimento della materia, poiché è in grado di evidenziare il numero e la forza dei collegamenti tra i concetti, sia per individuare la mancanza o la debolezza di collegamenti oltre che per evidenziare eventuali idee sbagliate degli studenti. E' perciò uno strumento utile all'insegnante per rendere più efficace il proprio insegnamento.

Appendice

Il coefficiente di connessione è una misura della sovrapposizione tra due parole chiave attraverso la ricerca di parole identiche date come risposte. I coefficienti di connessione vengono calcolati usando la formula di Garskof e Houston [35]:

$$RC = \frac{\bar{A} \cdot \bar{B}}{(A \cdot B) - [n^p - (n - 1)^p]^2}$$

dove:

- \bar{A} rappresenta il rango di una parola condivisa da A e B nella successione di parole sotto A e \bar{B} rappresenta il rango della stessa parola nella successione di parole B. (Più forte è l'associazione, più grande è il numero del rango).
- $A \cdot B$ rappresenta la somma dei prodotti dell'ordine del rango di ciascuna parola in A per il rango della stessa parola in B.
- $A \cdot B$ rappresenta la somma dei prodotti dell'ordine del rango delle parole in A moltiplicate per lo stesso ordine del rango delle parole in B, considerando la lista più lunga.
- n rappresenta il numero di parole nella lista più lunga.
- p rappresenta un numero maggiore di zero che può essere determinato dalla forma della curva di distribuzione della probabilità delle risposte; in questo studio p è stato posto uguale a 1. cosicché tutte le porzioni della distribuzione delle risposte del soggetto hanno ricevuto uguale peso.

In questo caso la formula si riduce a:

$$RC = \frac{\bar{A} \cdot \bar{B}}{(A \cdot B) - 1}$$

Il denominatore si può indicare anche come $\sum n^2 - 1$, dove n è il numero di parole nella lista più lunga. Possiamo illustrare il calcolo del coefficiente RC con due esempi: Parole chiave: 'Mole' e 'Soluzione'.

Associazioni	Rango	Associazioni	Rango
Mole	5	Soluzione	5
N.ro di Avogadro	4	Soluto	4
Reazione	3	Solvente	3
Molecole	2	Reazione	2
		Ioni	1

Nella lista associata a 'mole' appare la parola 'reazione' con rango 3; la stessa parola compare nella lista associata a 'soluzione' e in questa lista ha rango 2.

Parole che si sovrappongono: reazione.

$\underline{A} = [3]$, ovvero il rango con cui le parole comuni (reazione) compaiono nella lista associata a 'mole'.

$\underline{B} = [2]$, ovvero il rango con cui le parole comuni (reazione) compaiono nella lista associata a 'soluzione'.

$A = [5\ 4\ 3\ 2\ 1] = B$

$$RC = \frac{[3][2]}{[5\ 4\ 3\ 2\ 1] \begin{matrix} [5] \\ [4] \\ [3] \\ [2] \\ [1] \end{matrix} - 1} = \frac{3*2}{5*5 + 4*4 + 3*3 + 2*2} = 0,11$$

Questo valore del coefficiente di connessione indica una modesta relazione tra 'Mole' e 'Soluzione'. Consideriamo ora un altro esempio: parole chiave: pH e Soluzione

Associazioni	Rango	Associazioni	Rango
pH	5	Soluzione	5
Acido	4	Acida	4
Basico	3	Basica	3
Neutro	2	Acquosa	2
Idrolisi	1	Neutra	1

Nella lista associata a 'pH' compaiono le parole 'acido', 'base' e 'neutro', con rango rispettivamente 4, 3 e 2; le stesse parole sono riportate nella lista associata a 'soluzione' con rango 4, 3 e 1, rispettivamente.

Si ha che: $\underline{A} = [4\ 3\ 2]$

$\underline{B} = [4\ 3\ 1]$ e $A = [5\ 4\ 3\ 2\ 1] = B$, risultando ancora $n = 5$.

$$RC = \frac{[4\ 3\ 2] \begin{matrix} [4] \\ [3] \\ [1] \end{matrix}}{[5\ 4\ 3\ 2\ 1] \begin{matrix} [5] \\ [4] \\ [3] \\ [2] \\ [1] \end{matrix} - 1} = \frac{4*4 + 3*3 + 2*1}{5*5 + 4*4 + 3*3 + 2*2} = 0,50$$

Questo valore di RC indica una connessione tra 'pH' e 'Soluzione' abbastanza forte.

Bibliografia

[1] W. G. Chase, H. A. Simon, Perception in chess, *Cognit. Psychol.*, 1973, **4**, 55-81.

[2] J. A. Feldman, Neural Representation of Conceptual Knowledge, in N. E. Sharkey, (Ed.), *Models of Cognition A Review of*

Cognitive Science, Vol. One, Ablex: Norwood, N. J., 1989, p. 263-299; R. L. Solso, *Cognitive Psychology*, Allyn & Bacon: Boston, 1995, cap. 8.

[3] G. McKoon, R. Ratcliff, Priming in Episodic and Semantic Memory, *J. Verb. Learn. Verb. Behav.*, 1979, **18**, 463-480;

K. M. Fisher, Semantic networking: the new kid on the block, *J. Res. Sci. Teach.*, 1990, **27**, 1001-1018; J. R. Anderson, *Cognitive psychology and its implications*, 4th Ed., W. H. Freeman and Co.: New York, 1995, p. 148-154.

[4] A. M. Collins, M. R. Quillian, Retrieval

- Time from Semantic Memory, *J. Verb. Learn. Verb. Behav.*, 1969, **8**, 240-247.
- [5] A. M. Collins, E. F. Loftus, A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing, *Psychol. Rev.*, 1975, **82**, 407-428; R. E. Warren, Time and the Spread of Activation in Memory, *J. Exp. Psychol. Hum. Learn. Mem.*, 1977, **3**, 458-466; J. R. Anderson, A Spreading Activation Theory of Memory, *J. Verb. Learn. Verb. Behav.*, 1983, **22**, 261-295; E. Tulving, D. L. Schacter, Priming and Human Memory Systems, *Science*, 1990, **247**, 301-306; A. Henik, F. J. Friedrich, J. Tzelgov, S. Tramer, Capacity demands of automatic processes in semantic priming, *Mem. Cognit.*, 1994, **22**, 157-168; D. Reisberg, *Cognition. Exploring the Science of the Mind*, Norton & Co., Inc.: New York, 1997, p. 265-273.
- [6] E. B. Hunt, J. Davidson, M. Lansman, Individual differences in long-term memory access, *Mem. Cognit.*, 1981, **9**, 599-608; J. R. Anderson, Retrieval of Information from Long-Term Memory, *Science*, 1983, **220**, 25-30; F. Crick, The recent excitement about neural networks, *Nature*, 1989, **337**, 129-132; J. R. Anderson, *Cognitive psychology and its implications*, 4th Ed., W. H. Freeman and Co.: New York, 1995, p. 180-186.
- [7] P. L. Pirolli, J. R. Anderson, The role of practice in fact retrieval, *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cognit.*, 1985, **11**, 136-153. Si veda anche: A. Newell, P. S. Rosenbloom, Mechanisms of Skill Acquisition and the Law of Practice, in J. R. Anderson, (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition*, Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1981, p. 1-55.
- [8] P. E. Johnson, T. E. Curran, D. L. Cox, A model for Knowledge of Concepts in Science, *J. Res. Sci. Teach.*, 1971, **8**, 91-95.
- [9] R. J. Shavelson, Some aspects of the correspondence between the content structure and cognitive structure in physics instruction, *J. Educ. Psychol.*, 1972, **63**, 225-234.
- [10] R. J. Shavelson, Methods for examining representations of a subject-matter structure in a student's memory, *J. Res. Sci. Teach.*, 1974, **11**, 231-249.
- [11] R. J. Shavelson, G. C. Stanton, Construct validation: methodology and application to three measures of cognitive structure, *J. Educ. Measurement*, 1975, **12**, 67-85.
- [12] P. F. W. Preece, Mapping Cognitive Structure: A Comparison of Methods, *J. Educ. Psychol.*, 1976, **68**, 1-8.
- [13] M. Gorodetsky, R. Hoz, Use of Concept Profile Analysis to Identify Difficulties in Solving Science Problems, *Sci. Educ.*, 1980, **64**, 671-678.
- [14] R. J. Osborne, A Method for Investigating Concept Understanding in Science, *Eur. J. Sci. Educ.*, 1980, **2**, 311-321.
- [15] A. B. Champagne, L. E. Klopfer, A. T. Desena, D. A. Squired, Structural representations of students' knowledge before and after science instruction, *J. Res. Sci. Teach.*, 1981, **18**, 97-111.
- [16] G. J. Posner, W. A. Gertzog, The Clinical Interview and the Measurement of Conceptual Change, *Sci. Educ.*, 1982, **66**, 195-209.
- [17] G. P. Matthews, V. G. Brook, T. H. Khan-Gandapur, Cognitive structure determinations as a tool in science teaching. Part 1: A new method of creating concept maps, *Eur. J. Sci. Educ.*, 1984, **6**, 169-177.
- [18] M. Naveh-Benjamin, W. J. McKeachie, Y.-G. Lin, D. G. Tucker, Inferring Students' Cognitive Structures and Their Development Using the "Ordered Tree Technique", *J. Educ. Psychol.*, 1986, **78**, 130-140.
- [19] P. R. P. MacGuire, A. H. Johnstone, Techniques for investigating the understanding of concepts in science, *Int. J. Sci. Educ.*, 1987, **9**, 565-577.
- [20] R. White, R. Gunstone, *Probing Understanding*, The Falmer Press: London, 1996.
- [21] J. Deese, On the structure of associative meaning, *Psychol. Rev.*, 1962, **69**, 161-175.
- [22] P. E. Johnson, Word relatedness and problem solving in high-school physics, *J. Educ. Psychol.*, 1965, **56**, 217-224.
- [23] P. E. Johnson, Some psychological aspects of subject-matter structure, *J. Educ. Psychol.*, 1967, **58**, 75-83.
- [24] R. W. Weisberg, Sentence processing assessed through intrasentence word associations, *J. Exp. Psychol.*, 1969, **82**, 332-338.
- [25] W. E. Geeslin, R. J. Shavelson, An Exploratory Analysis of the Representation of a Mathematical Structure in Students' Cognitive Structures, *Am. Educ. Res. J.*, 1975, **12**, 21-39.
- [26] P. F. W. Preece, Associative structure of science concepts, *Br. J. Educ. Psychol.*, 1976, **46**, 174-183.
- [27] P. F. W. Preece, Associative structure and the schema of proportionality, *J. Res. Sci. Teach.*, 1978, **15**, 395-399.
- [28] R. F. Kempa, C. E. Nicholls, Problem-solving ability and cognitive structure - an exploratory investigation, *Eur. J. Sci. Educ.*, 1983, **5**, 171-184.
- [29] A. H. Johnstone, T. F. Moynihan, The relationship between performances in word association tests and achievement in chemistry, *Eur. J. Sci. Educ.*, 1985, **7**, 57-66.
- [30] A. F. C. Cachapuz, R. Maskill, Detecting changes with learning in the organization of knowledge: Use of word association tests to follow the learning of collision theory, *Int. J. Sci. Educ.*, 1987, **9**, 491-504.
- [31] E. Gussarsky, M. Gorodetsky, On the chemical equilibrium concept: Constrained word associations and conception, *J. Res. Sci. Teach.*, 1988, **25**, 319-333.
- [32] R. Maskill, A. F. C. Cachapuz, Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations, *Int. J. Sci. Educ.*, 1989, **11**, 57-69.
- [33] A. F. C. Cachapuz, R. Maskill, Using word association in formative classroom tests: following the learning of Le Chatelier's principle, *Int. J. Res. Sci. Educ.*, 1989, **11**, 235-246.
- [34] T. P. McNamara, Theories of Priming: I. Associative Distance and Lag, *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cognit.*, 1992, **18**, 1173-1190.
- [35] B. E. Garskof, J. P. Houston, Measurement of verbal relatedness: An idiographic approach, *Psychol. Rev.*, 1963, **70**, 277-288.
- [36] Y. Waern, Structure in similarity matrices, *Scand. J. Psychol.*, 1972, **13**, 5-16.
- [37] Rif. 20, p. 154.
- [38] Rif. 9, p. 227.
- [39] Rif. 21 p. 164-165; L. J. Rips, E. J. Shoben, E. E. Smith, Semantic Distance and the Verification of Semantic Relations, *J. Verb. Learn. Verb. Behav.*, 1973, **12**, 1-20; Rif. 12, p. 4; P. F. W. Preece, Exploration of Semantic Space: Review of Research on the Organization of Scientific Concepts in Semantic Memory, *Sci. Educ.*, 1978, **62**, 547-562, p. 548.
- [40] 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.
- [41] M. Bahar, A. H. Johnstone, R. G. Sutcliffe, Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests, *J. Biol. Educ.*, 1999, **33**, 134-141.
- [42] Rif. 23, p. 80; rif. 28, p. 178-179; rif. 30, p. 496.
- [43] "... word meanings, or concepts, are like mathematical points: They have few qualities other than their relationships with other concepts.", rif. 12, p. 1; "... a concept is never isolated in our memory, but embedded in a network of associations which colour the concept with sensory attributes, emotions, and with other concepts.", G. Schaefer, Concept Formation in Biology: The Concept "Growth", *Eur. J. Sci. Educ.*, 1979, **1**, p. 89; "Relations between concepts are as important as the concepts themselves because they provide much of the context in which each concept acquires a specific meaning", W. de Vos, B. van Berkel, A. H. Verdonk, A Coherent Conceptual Structure of the Chemistry Curriculum, *J. Chem. Educ.*, 1994, **71**, p. 743.
- [44] Rif. 30, p. 493-494.