

## ***Ambienti di apprendimento orientati al problem solving***

**Beate Weyland**

### **Descrizione**

Un “ambiente di apprendimento” è un luogo (materiale o virtuale) dove viene data la possibilità agli allievi di determinare i propri obiettivi di apprendimento, di scegliere le attività da svolgere, dove viene dato accesso a risorse informative (libri, courseware, video...) ed a strumenti (word processor, e-mail, motori di ricerca, ecc...), con i quali lavorare in autonomia, in gruppo con il supporto consultivo di un docente o senza.

È “...un luogo dove le persone che apprendono possono lavorare assieme e supportarsi l’un l’altro mentre usano una varietà di strumenti e di risorse informative nel loro compito di conseguire gli obiettivi di apprendimento e di risolvere problemi” ( Wilson , 1996).

L'ambiente di apprendimento può essere inteso come luogo fisico o digitale, ma anche come spazio mentale e culturale, organizzativo ed emotivo/affettivo che, da una visione incentrata sull'insegnamento (*che cosa insegnare*) si sposta su una prospettiva focalizzata sul soggetto che apprende e quindi sui suoi processi, con particolare attenzione a come è costruito il contesto di supporto all'apprendimento (*come facilitare, come guidare, come accompagnare* gli allievi nella costruzione dei loro saperi, e perciò quali *situazioni* organizzare per favorire l'apprendimento).

### **Fondamenti concettuali**

Gli ambienti di apprendimento *problem-solving oriented* hanno l’obiettivo di migliorare la comprensione di tematiche (disciplinari o interdisciplinari) che fanno riferimento a questioni complesse ed a problemi reali (termine usato come contrapposizione a “problemi scolastici”) che non hanno unica soluzione, che presentano una pluralità di punti di vista e per la soluzione dei quali sia necessario riconciliare differenti prospettive.

Essi facilitano il conseguimento di conoscenze avanzate che supportano performance complesse perché sottolineano il valore e l’incidenza frequente dei compiti di problem solving nei più svariati contesti (personali, professionali, di formazione, ecc.) del mondo reale (Jonassen 2010).

Nell’ambiente di apprendimento che si basa su teorie di tipo costruttivista sociale e sull’approccio culturale situato si considerano i concetti di *costruzione, contesto* e *collaborazione* come elementi fondanti di tutti i processi di insegnamento-apprendimento. Fare con quello che si sa, e rendere vitale quello che si sa, trasforma – secondo il costruttivismo – ogni membro dell’ambiente di apprendimento, in “apprendista” della conoscenza, insegnante compreso, che, come con l’antico maestro di bottega, impara “il pensare” e “l’agire” della disciplina, nella progettazione e nella realizzazione quotidiana di prodotti complessi (Ellerani, 2007).

### **Autori maggiormente significativi**

Le teorie di riferimento per questi ambienti di apprendimento si rifanno in particolare *al problem solving* (Jonassen 2010) , alla *teoria della flessibilità cognitiva* (Spiro & Jehng, 1990) al *case based reasoning* (Kolodner 1992) e *all’apprendimento situato* (Seely Brown, Collins e Duguid, 1989; Greeno, 1989), per le quali si rimanda alle schede del presente volume.

Con il libro "Theoretical Foundations of Learning Environments" (Jonassen, Land 1999, 2012, seconda edizione) è stata inaugurata una nuova concezione degli ambienti di apprendimento a partire dalla convergenza delle teorie che emersero negli anni '90 centrate sulla rivoluzione nell'ambito psicologico accompagnata dal costruttivismo e sulle concezioni legate all'apprendimento situato.

A David Jonassen in particolare si riconosce la riflessione puntuale sulla funzione costruttiva dello studente come "attivo apprendente", il quale gioca un ruolo centrale nel mediare e controllare l'apprendimento in questi specifici ambienti orientati al problem solving. (D. Jonassen, 1999).

Con quella che Duffy e Jonassen (1992) definiscono "rivoluzione cognitiva" si è fatta strada, infatti, la teoria costruttivista che sostiene che la mente umana non *contiene* semplicemente il mondo che conosce, ma lo *compone* in modo attivo. La mente, dunque, ha un ruolo creativo e costruttivo, includendo nel processo generativo le classiche operazioni mentali come la percezione e la memoria e dando al contesto (socio-culturale, economico, politico, ecc.) la sua importanza (D. N.Perkins, 1992).

In Italia, il lavoro pionieristico e complesso di B.M. Varisco (2002), ha permesso di rintracciare, nella più moderna definizione teorica del costruttivismo, alcuni significativi contributi della cultura psicopedagogica europea – Piaget e Vygotskij in particolare – permettendo di riconsiderare l'incidenza del contesto sull'apprendimento e sullo stesso sviluppo delle intelligenze.

### **Corsi ed obiettivi di apprendimento per cui la strategia può essere utilizzata**

Gli ambienti di apprendimento orientati al problem solving sono un ottimo supporto fisico e virtuale per la formazione professionale, quella degli adulti e per coloro che intendono continuare la propria formazione sul lavoro.

Gli approcci contemporanei che poggiano sulla flessibilità cognitiva, sull'apprendimento a partire dalla domanda e sull'analisi dei casi sono focalizzati principalmente sull'importanza del contesto in ciò che viene appreso. Lo stesso Jonassen (1991) ha sottolineato come in generale nell'apprendimento "il contesto è tutto".

L'attività didattica si basa su concreti esempi tratti dai contesti di vita e/o professionali, perché solo in questo modo l'apprendimento che risulta è maggiormente generativo, di ordine più elevato, maggiormente significativo, il transfer dell'apprendimento è più ampio e accurato (Spiro et al, 1987). È a partire dal contesto dell'esperienza diretta che è possibile, anzi necessario, procedere all'astrazione dei significati, processo che consente di trasferire le conoscenze acquisite in altri contesti e ad altre esperienze.

L'impiego di strumenti web-based, inoltre, consente una maggiore flessibilità temporale e spaziale nell'organizzazione dei processi e promuove la nascita di comunità di esperti che, attraverso le loro concrete problematiche ed esperienze sul lavoro costruiscono un database di profili professionali con competenza di reciproca consultazione.

Gli ambienti di apprendimento orientati al problem solving hanno grandi potenzialità per i percorsi di formazione/aggiornamento professionale. La risoluzione di problemi è un denominatore comune delle più diverse categorie professionali: il garante di una organizzazione, il responsabile delle relazioni con i dipendenti, lo specialista nelle relazioni con il pubblico, il rappresentante dei consumatori, lo specialista in pubbliche relazioni o il direttore delle risorse umane, per fare solo alcuni esempi, si occupano di risolvere problemi e di "troubleshooting".

Le persone, nella loro vita di tutti i giorni, fanno esperienze personali di troubleshooting nei momenti in cui sperimentano un cambiamento, particolarmente in riferimento ai comportamenti abitudinari (Prochaska et al., 1992).

Nell'ottica della teoria della flessibilità cognitiva, che accentua il ruolo del contesto, in questi ambienti le professionalità in itinere vengono valorizzate e potenziate (cfr. scheda concettuale sull'apprendimento espansivo) determinando un apprendimento generativo, di ordine elevato, significativo con un potenziale transfer dell'apprendimento ampio e accurato (Spiro,1989; Spiro et al, 1987).

### **Vantaggi o punti di forza**

I vantaggi dell'utilizzo di questa strategia per l'apprendimento sono:

- la possibilità di riconciliare la teoria con la pratica mostrando attraverso esempi concreti e casi reali le situazioni oggetto di studio (come ci si comporta/non ci si comporta, cosa fare/non fare, i diversi modi di affrontare un determinato compito, le criticità che si possono presentare, ecc.);
- la possibilità di utilizzare esempi direttamente correlati con compiti concreti della pratica professionale;
- l'opportunità di attivare processi di apprendimento profondi, stabili, significativi per la professione cui ci si prepara o che si svolge;
- la possibilità di essere usata tanto nella formazione iniziale/al lavoro, che in quella continua/sul lavoro;
- il valore motivante derivante da un approccio didattico "ricco" capace di agire sui processi cognitivi sostenendoli e potenziandoli, così come sulle emozioni e sui vissuti conseguenti.

### **Svantaggi o punti di debolezza**

Le metodologie didattiche che poggiano sul problem solving funzionano in maniera limitata e soprattutto nei contesti dell'istruzione formale, ovvero nella scuola e nelle istituzioni formative preposte a offrire percorsi di formazione definiti in base a un programma preciso e predefinito, perché si interessano principalmente a problemi strutturati.

Nella maggior parte dei programmi centrati sul compito dell'istruzione (trasmissione di conoscenze, informazioni, competenze) le idee complesse vengono semplificate perché in questo modo sono più facili da studiare. Gli elementi delle discipline vengono organizzati per comunicare l'affidabilità e la regolarità nel tentativo di mappare contenuti pre-strutturati all'interno delle strutture di conoscenza dello studente.

Come indica Jonassen (2010) sfortunatamente il contenuto pre-strutturato è rigido e non facilmente adattabile ed utilizzabile in contesti di apprendimento che siano differenti da quelli in cui è avvenuta l'istruzione (Spiro, Vispoel, Schmitz, Samarapungavan, & Boerger, 1987). I contenuti semplificati possono aiutare gli studenti ad imparare come risolvere problemi semplici, introduttivi, ma impediscono lo sviluppo delle strutture di conoscenza necessarie alla soluzione dei problemi più complessi e non-strutturati che pervadono la quotidianità personale e professionale.

Un elemento critico può configurarsi dunque proprio nel concepire e progettare attività didattiche per supportare la soluzione di problemi non strutturati. Chi apprende si trova su un percorso che non offre soluzioni certe, chi insegna ne è consapevole e a maggior ragione deve offrire una comunicazione chiara sull'evidenza della non strutturazione dei problemi, che non deve essere eliminata. Questo significa che entrambi i soggetti del processo di apprendimento debbano considerare diverse prospettive e soluzioni multiple, i più diversi metodi e criteri di soluzione e le prospettive teoretiche e contestuali che circondano il problema. Il processo di composizione delle risposte che si organizzano intorno al problema necessita di una continua negoziazione dialogica e conciliativa.

### **Indicazioni operative (lato erogatori, lato utenti)**

Risolvere problemi richiede un supporto didattico che possa ridurre gli effetti della distorsione riduttiva sull'apprendimento e faciliti l'acquisizione di conoscenze avanzate necessarie per risolvere le situazioni più complesse.

Gli ambienti di apprendimento per il Problem-solving, PSLE (Problem-solving learning environments -PSLE) che supportano l'acquisizione di conoscenza avanzata possono e devono rappresentare la naturale complessità che caratterizza la maggior parte dei problemi (Jonassen 2010).

La teoria della flessibilità cognitiva (Spiro & Jehng, 1990; Spiro, Feltovich, Jacobson, & Coulson, 1991; Spiro, Vispoel, Schmitz, Samarapungavan, & Boerger, 1987) mette a disposizione un modello concettuale per concepire e implementare PSLE a partire dal *case based reasoning*.

Sulla base della teoria, per ogni caso/problema da risolvere viene messo a disposizione un insieme di casi quali rappresentazioni di prospettive alternative. Queste prospettive forniscono punti di vista personali, prospettive tematiche e/o disciplinari che chi apprende deve conciliare per poter costruire la propria interpretazione del problema e la relativa soluzione. Considerato che i casi come prospettive alternative portano con loro la naturale complessità dei problemi, i PSLE non possono essere eccessivamente prescrittivi nel modo in cui quei casi sono presentati o sequenzializzati. Questo significa che l'accesso ai casi come prospettive multiple da parte dello studente deve essere casuale nell'accesso e controllato da chi apprende.

### **Esempi**

Alcuni esempi di questi ambienti d'apprendimento secondo Jonassen (1999) sono : *l'anchored instruction*, *i cognitive flexibility hypertexts*, *i goal-based scenarios*, *i causally modeled diagnostic cases*. Ad essi si collegano strategie didattiche ben ancorate al problem solving quali *l'ask system*, *il troubleshooting* e *il database di storie professionali*.

Il punto di partenza è sempre il *problema* e il percorso che si intende fare per arrivare a risolverlo. La maggior parte dei problemi con cui abbiamo a che fare tutti i giorni nella vita personale o professionale sono complessi e non strutturati, ovvero non hanno obiettivi di risoluzione chiari e tantomeno vincoli di percorso definiti, ma piuttosto da negoziare. Jonassen e altri studiosi (Frensch & Funke, 1995; Jonassen 2000; Jonassen & Hung, 2008) concordano in questo senso nel delineare tre dimensioni principali che determinano il livello di difficoltà dei problemi e le risorse necessarie per risolverli: struttura, complessità e dinamicità. Quanto meno i problemi sono strutturati e tanto più si configura opportuno un ambiente di apprendimento predisposto per elaborarli in un'ottica costruttivista.

Un riferimento concettuale importante per gli ambienti di apprendimento orientati al problem solving è l'*Ask System* (per gli approfondimenti si rimanda alla scheda specifica su Ask System), che ha lo scopo di guidare e di sostenere i processi di pensiero e di comprensione attraverso un percorso di apprendimento che si articola attorno a domande.

L'*Ask system* è una strategia cognitiva e didattica di particolare efficacia per rinforzare la comprensione. Infatti "E' possibile sostenere che le domande, virtualmente, sono al centro di ogni compito complesso che un adulto esegue" (Graesser & Olde, 2003, p. 524).

Questo fatto è evidente nelle attività di problem solving, in cui la risposta o la soluzione è sconosciuta, in cui a una domanda si deve dare una risposta e questa risposta non può essere generica ma riferita a un contesto definito. Per poter risolvere problemi è importante che chi apprende acquisisca le abilità e le strategie adeguate per porre domande e per dare risposte.

Le domande vengono poste quando le persone fanno esperienza di un disequilibrio cognitivo, quando cercano di risolvere un problema che è stato attivato da contraddizioni, anomalie, ostacoli, contrasti significativi e incertezza (Graesser & Olde, 2003).

La qualità delle domande che si formulano rispetto a un problema è un potente indicatore di comprensione e predittore del conseguimento della conoscenza di un ambito (domain knowledge) e dell'abilità di problem solving (Graesser & Olde, 2003). Il risultato degli apprendimenti influenzati dagli Ask Systems è il problem solving. Gli studenti articolano in modo chiaro la natura del problema, pensano a metodi di soluzione alternativi, articolano il ragionamento usato per selezionare i metodi di soluzione, riflettono sull'accuratezza delle risposte.

Quando si parla di ambienti di apprendimento orientati al problem solving non si può dimenticare il *troubleshooting*, una delle tecniche di problem solving più comunemente usate.

Nel linguaggio corrente, "troubleshooting" sta ad indicare il processo di identificazione di un malfunzionamento in un sistema fisico (meccanico, elettrico, digitale, ...) e l'esecuzione di un intervento che ne ripristina il normale funzionamento.

Esempi di uso di tecniche di troubleshooting sono il ripristino di un modem malfunzionante, di un sistema di refrigerazione in un supermercato; secondo i più recenti approcci cognitivisti, si ha anche fare con le dinamiche tipiche delle operazioni di "troubleshooting" anche quando si fanno interventi su problemi di comunicazione: in questi casi, il troubleshooting consiste nel cercare di isolare situazioni di blocco, di difetto di un sistema e nel riparare o sostituire le componenti difettose per far riprendere il normale funzionamento del sistema.

Nel continuum dello spettro dei problemi che si riscontrano nella vita reale, continuum che va dai problemi più strutturati (algoritmi) ai meno strutturati (analisi e progettazione di sistemi), i problemi di troubleshooting stanno nel mezzo. (Jonassen, 2000).

I problemi di troubleshooting:

- sembrano mal definiti perché il risolutore deve determinare quali informazioni servono per diagnosticare il problema (quali dati sul sistema elettrico e sulla carburazione sono necessari nel troubleshooting di una macchina che non parte),
- richiedono la costruzione di un modello concettuale robusto del sistema che si cerca di riparare (come interagiscono sistemi elettrici, meccanici e carburazione),
- solitamente possiedono un solo stato di errore, anche se possono accadere contemporaneamente più errori (per esempio, batteria scarica e candele sporche),
- hanno soluzioni note con criteri di successo facilmente comprensibili (la sostituzione della parte fa ripartire il sistema),
- si basano su regole tratte dall'esperienza per diagnosticare la maggior parte dei casi, rendendo più difficile l'apprendimento dei principianti (i meccanici basano la diagnosi soprattutto sull'esperienza),
- richiedono agli studenti di esprimere giudizi sulla natura del problema,
- variano in modo significativo in termini di complessità e dinamicità del sistema (età, produttore, dimensione del motore, disponibilità di computer di bordo nell'automobile).

Il troubleshooting è soprattutto un compito cognitivo che contempla la ricerca di cause probabili di errore all'interno di uno spazio di possibili cause di errore, spazio che è vastissimo (Schaafstal et al., 2000).

Un'altra importante strategia didattica per l'implementazione di ambienti di apprendimento orientati al problem solving consiste nel *database di storie professionali* (per la quale si rimanda alla scheda specifica di approfondimento).

Jonassen e Hernandez-Serrano (2002) sostengono che le storie sono la più antica e la più naturale forma di costruzione di senso. Gli esseri umani hanno una propensione ben validata a organizzare e a rappresentare la propria esperienza in forma di storie. Secondo Bruner (1991; 1996) il raccontare storie consente di perseguire scopi diversi. La narrazione, che è una modalità analogica di pensare, non necessariamente in conflitto con quella logico analitica (anzi con questa perfettamente integrabile), ha molte funzioni tra cui la negoziazione dei significati, la contestualizzazione culturale delle esperienze, la condivisione di processi intenzionali, la costruzione delle argomentazioni.

In particolare secondo Orr (1996) i professionisti utilizzano proprio la narrazione di storie per indagare approfonditamente i problemi e fronteggiarli con sicurezza e competenza. I "casi", in questa prospettiva, sono visti come soluzioni precedentemente date ad un problema da cui estrarre soluzioni da applicare nuovamente o, comunque, quali risorse in grado di facilitare la comprensione delle nuove situazioni in vista della ricerca di soluzioni diverse (Kolodner, 1992).

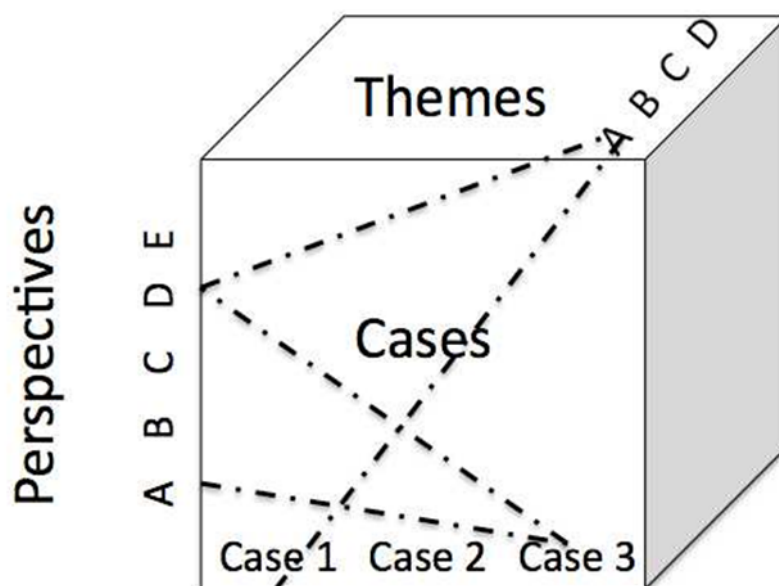
Tecnologie necessarie

Riferimenti bibliografici

### **Tecnologie necessarie**

Il media tecnologico più adatto alla rappresentazione della teoria della flessibilità cognitiva è l'ipertesto (Spiro & Jehng, 1990). L'ipertesto è un testo non-lineare o dinamico dove gli utilizzatori possono esplorare le informazioni e modificarle in modo da rendere quelle informazioni maggiormente comprensibili. Il termine ipertesto è stato nel tempo sostituito con quello di ipermedia (basato su elementi multimediali) al fine di valorizzare e mettere a sistema quella che si considera ormai come la più importante fonte di informazione e conoscenza ipermediale: il World Wide Web. In questo senso i PSLE sono, per natura, ambienti di apprendimento ipermediali.

I cognitive flexibility hypertext sono concepiti per essere acceduti in modo non-lineare al fine di supportare differenti tipi di attività di problem solving. Per poter descrivere come i cognitive flexibility hypertexts potrebbero esser usati, Spiro (1990) ha adottato la ricca metafora dell'"attraversamento incrociato del territorio" ("criss-crossing landscape") creata da Ludwig Wittgenstein per descrivere quel processo. Piuttosto che leggere dall'inizio alla fine, lo studente attraversa in modo incrociato il territorio intellettuale del dominio di contenuto guardandolo, considerandolo da prospettive multiple o attraverso temi specifici. In particolare, i soggetti in apprendimento con il metodo dei casi possono esaminare una prospettiva, vedere quale tema è interrelato con quel punto di vista, o esaminare un altro caso nei termini di quella stessa prospettiva.



Attraversamento incrociato di casi, prospettive e temi (Spiro 1990)

Il cubo di Spiro rappresentato qui sopra indica proprio come i diversi casi, ovvero i problemi concreti possono essere analizzati secondo diverse prospettive e in base a tematiche diverse. Questo incrocio di punti di vista offre una grande ricchezza a coloro che frequentano gli ambienti di apprendimento, perché aprono su visuali più ampie e perché consentono una lettura sia puntuale sia di largo spettro sui casi specifici.

### Riferimenti bibliografici

Bransford, J. & Stein, B.S. (1983). *The IDEAL problem solver: A guide for improving thinking, learning, and creativity*. New York: W.H. Freeman.

Duffy, T.M.; Jonassen, D.H., a cura di, *Constructivism and the technology of instruction: a conversation*, Hillsdale, 1992.

Ellerani P.G, *Architetture virtuali*, SIM nr.13 , Editrice La Scuola 2007, la nuova scienza dell'apprendere.

Frensch, P. A., & Funke, J. (1995). (Eds.). *Complex problem solving: The European perspective*. Hillsdale, NJ:

Erlbaum. Gick, M.L., & Holyoak, K.J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.

Feltovich, P.J., Spiro, R.J., & Coulson, R.L. (1989). The nature of conceptual understanding in biomedicine: The deep structure of complex ideas and the development of misconceptions. In D. Evans & V. Patel (Eds.), *The cognitive sciences in medicine*. Cambridge, MA: MIT Press.

Gick, M.L. & Holyoak, K.J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 12, 306-365.

Graesser, A. C., & Olde, B. A. (2003). How does one know whether a person understands a device? the quality of the questions the person asks when the device breaks down. *Journal of Educational Psychology*, 95(3), 524-536.

Jacobson, M.J. (1990). Knowledge acquisition, cognitive flexibility, and the instructional applications of hypertext: A comparison of contrasting designs for computer-enhanced learning environments. (Doctoral dissertation, University of Illinois).

Greeno, J. (1980). Trends in the theory of knowledge fro problem solving. In D.T. Tuma & F. Reif (Eds.), *Problem solving and education: Issues in teaching and research* (pp. 9-23). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hegarty, M., Mayer, R.E., & Monk, C.A. (1995) Comprehension of arithmetic word problems: A comparison of successful and unsuccessful problem solvers. *Journal of Educational Psychology*, 87, 18-32.

Jonassen, D.H. (1997). Instructional design model for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology: Research and Development* 45 (1), 65-95.

Jonassen, David H.(1999) [\*Designing constructivist learning environments\*](#), in [\*Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory\*](#) (a cura di [Reigeluth, C. M.](#)), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Jonassen, D.H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology: Research & Development*, 48 (4), 63-85.

Jonassen, D.H. (2007). *What makes scientific problems difficult?* In D.H. Jonassen (Ed.), *Learning to solve complex, scientific problems* (pp. 3-23). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Jonassen, D.H. (2010). *Learning to solve problems: A handbook*. New York: Routledge.

Jonassen, D. H., & Hung, W. (2008). All problems are not equal: Implications for PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2(2), 6-28.

Jonassen, D.H. (2010 a) <http://www.aect.org/publications/whitepapers/2010/JonassenICER.pdf>

Jonassen, D.H., Land S. (2012) 1 ed. 1999, *Theoretical Foundations of Learning Enviornments*, New York, Roulledge.

Klein, G.A. (1998). *Sources of power: How people make decisions*. Cambridge, MA: MIT Press.

Kolodner, J. (1992). An introduction to case-based reasoning. *Artificial Intelligence Review*, 6 (1), 3-34.

Lehman, D., Lempert, R., & Nisbett, R.E. (1988). The effects of graduate training on reasoning: Formal discipline and thinking about everyday-life events. *Educational Psychologist*, 43, 431-42.

Meacham, J.A., Emont, N.C. (1989). The interpersonal basis of everyday problem solving. In J.D. Sinnott (Ed.), *Everyday problem solving: Theory and applications* (pp. 7-23). New York: Praeger.

Newell, A. & Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Rich, B. (1960). *Schaum's Principles of and Problems of Elementary Algebra*, Schaum's, New York.



- Perkins D., (1992) *Schools: From Training Memories to Educating Minds*, New York: Free Press.
- Rumelhart, D. E., & Norman, D. A. (1988). Representation in memory. In R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey, & R. D. Luce (Eds.), *Steven's handbook of experimental psychology: Vol. 2. Learning and cognition* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 511-587). New York: John Wiley & Sons.
- Schaafstal, A., Schraagen, J. M., & van Berlo, M. (2000). *Cognitive task analysis and innovation of training: The case of the structured troubleshooting*, *Human Factors*, 42(1), 75–86.
- John Seely Brown; Allan Collins; Paul Duguid, *Situated Cognition and the Culture of Learning*, in *Educational Researcher*, Vol. 18, No. 1. (Jan. - Feb., 1989), pp. 32-42.
- Sinnott, J.D. (1989). *Everyday problem solving: Theory and applications* (pp.72–99). New York: Praeger.
- Spiro, R.J. & Jehng, J.C. (1990). Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the non-linear and multi-dimensional traversal of complex subject matter. In D. Nix & R.J. Spiro (Eds.), *Cognition, education, and multimedia: Explorations in high technology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Spiro, R. J., Feltovich, P. L., Jacobson, M. J., & Coulson, R. L. (1991). Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. *Educational Technology*, 31(5), 24-33.
- Spiro, R.J., Vispoel, W., Schmitz, J., Samarapungavan, A., & Boerger, A. (1987). Knowledge acquisition for application: Cognitive flexibility and transfer in complex content domains. In B.C. Britton (Ed.), *Executive control processes*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Spiro, R.J., Coulson, R.L., Feltovich, P.J., & Anderson, D.K. (1988). *Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains*. Tech Report No. 441. Champaign, IL: University of Illinois, Center for the Study of Reading.
- Taleb, N.N. (2007). *The black swan: The impact of the highly improbable*. New York: Random House.
- Voss, J.F., & Post, T.A. (1988). On the solving of ill-structured problems. In M.T.H. Chi, R. Glaser, & M.J. Farr (Eds.), *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Varisco, B.M., (2002) *Costruttivismo socioculturale*, Roma, Carocci.
- Wilson, J.W., Fernandez, M.L., & Hadaway, N (n.d). *Mathematical problem solving*. Retrieved 9/22/05 from <http://jwilson.coe.uga>.
- Wilson, B. (Ed.) (1996). *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*. New Jersey: Educational Technology Publications.
- Wood, P. K. (1983). Inquiring systems and problem structure: implications for cognitive development. *Human Development*, 26, 249-265.
- Woods, D.R., Hrymak, A.N., Marshall, R.R., Wood, P.E., Crowe, Hoffman, T.W., Wright, J.D., Taylor, P.A.,
- Woodhouse, K.A., & Bouchard, C.G.K. (1997). Developing problem-solving skills: the McMaster problem solving program. *Journal of Engineering Education*, 86 (2), 75-92.