

# **METODOLOGIE DI APPRENDIMENTO ATTIVO**

**e considerazioni sulla loro efficacia in  
ambito scientifico**

Claudio Fazio

Gruppo di Ricerca in Didattica della Fisica  
Dipartimento di Fisica e Chimica - Emilio Segrè  
Università degli Studi di Palermo

# Sommario

1. Definizioni
2. Piano di riferimento teorico
3. Efficacia dell'apprendimento attivo: alcuni risultati dalla ricerca
4. Un esempio di “buona pratica” a UniPA
5. Considerazioni finali

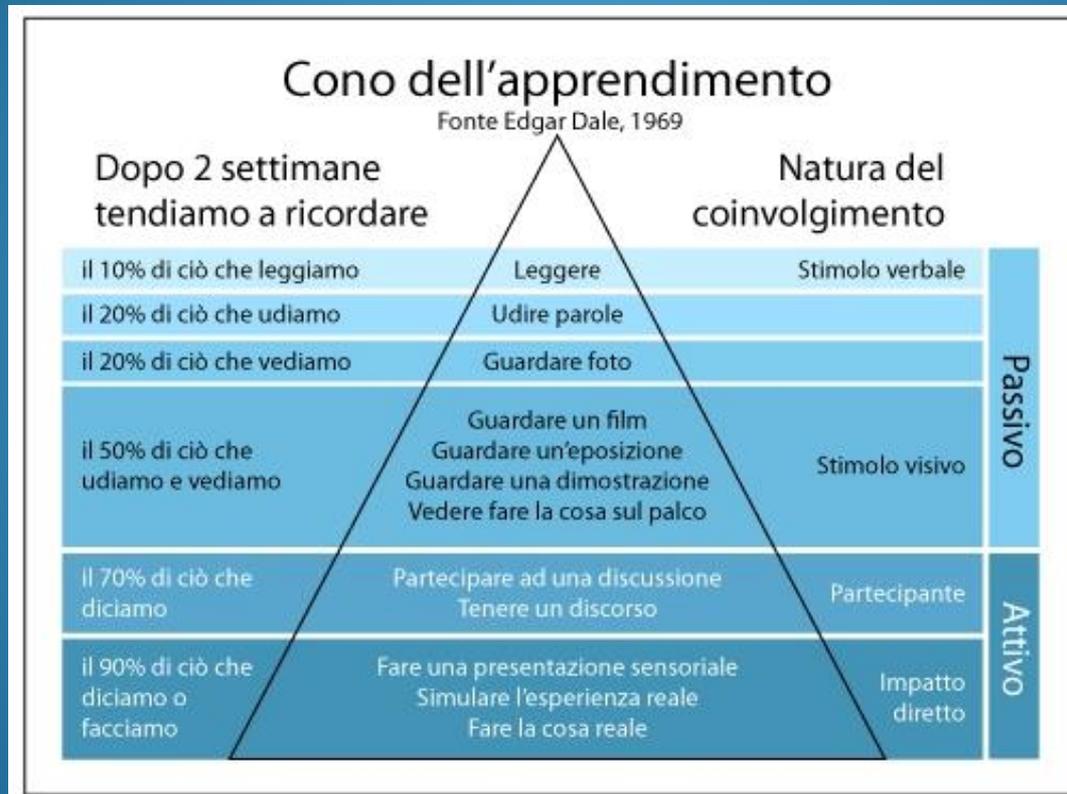


# 1. Definizioni

E' una forma di attività didattica durante la quale l'insegnamento è strutturato in modo da coinvolgere gli studenti nel processo di apprendimento in modo molto più profondo e diretto rispetto a quanto accade in altre forme di didattica. Secondo Bonwell (1991), *“in active learning, students participate in the process and students participate when they are doing something besides passively listening.”*

L'apprendimento attivo è, quindi: *“ anything that involves students in **doing things** and **thinking about the things they are doing** ”* (Bonwell & Eison, 1991).

# Apprendimento attivo: perché?



E. Dale (1969) –  
e.g. Corpuz, &  
Lucido, 2008;  
Corpuz &  
Salandanan,  
2011

Più gli studenti sono coinvolti, più acquisiscono informazioni rilevanti per la loro crescita concettuale

# Esempi di approcci correlati all'Apprendimento Attivo

**Seminari attivi**

**Apprendimento collaborativo**

**Apprendimento cooperativo**

**Apprendimento basato  
su problemi**

**Apprendimento  
basato su progetti**

**Flipped Classroom**

**Apprendimento basato sull'indagine scientifica  
(Inquiry-Based Science Education – IBSE)**

# Elementi di base

## Seminari attivi

Il conduttore del seminario si interrompe spesso per permettere agli studenti di discutere gli appunti da loro presi con i compagni e dire esplicitamente cosa pensano di quanto ascoltato fino a quel momento.

Agli studenti vengono poste delle domande relative all'argomento del seminario e le risposte sono discusse in modo collegiale

## Apprendimento collaborativo

Gli studenti lavorano in gruppo.

Sono consentite (e, talvolta, incoraggiate) anche forme di rivalità per stimolare la partecipazione attiva degli studenti

# Elementi di base

## Apprendimento cooperativo

Gli studenti lavorano in gruppo con finalità comuni.  
Non sono favorite forme di rivalità

## Apprendimento basato su problemi

Gli studenti lavorano (specie in gruppo) in modo autonomo alla risoluzione di problemi. La soluzione serve per attivare una discussione sugli obiettivi di apprendimento

## Apprendimento basato su progetti

Gli studenti lavorano (specie in gruppo) alla costruzione e sviluppo di un progetto. Il progetto può coinvolgere più discipline

# Elementi di base

## Flipped Classroom

Le lezioni in classe sono anticipate da tutorial video, che gli studenti devono studiare prima della lezione stessa. Quest'ultima è svolta svolgendo problemi e situazioni che sono in relazione con il tutorial video.

Gli studenti possono anche svolgere altre attività di studio a casa sulla base di quanto ascoltato nei tutorial video.

*“Flipped Learning is a pedagogical approach in which direct instruction moves from the group learning space to the individual learning space, and the resulting group space is transformed into a dynamic, interactive learning environment where the educator guides students as they apply concepts and engage creatively in the subject matter.”. (Flipped Learning Network (FLN, 2014)),*

# Elementi di base

## Apprendimento basato sull'indagine scientifica

Gli studenti lavorano, in piccoli gruppi, allo scopo di :

porre problemi

analizzare criticamente situazioni

distinguere tra varie possibili alternative

pianificare attività di studio ed esplorazione

costruire congetture

ricercare informazioni e raccogliere dati

costruire modelli

confrontarsi in un contesto fra pari ed elaborare argomentazioni

coerenti

# Lo scopo dell'Apprendimento Attivo è un apprendimento "autentico"



Caratteristiche principali (Herrington & Oliver, 2000):

- *Contesti "autentici"*, che riflettono il modo in cui la conoscenza verrà usata nella **vita reale**
- *Attività "autentiche"*, anche di tipo complesso e/o definite in modo vago e attività di scoperta
- *Accesso a prestazioni "da esperti"*, come la **modellizzazione** di processi
- *Ruoli e prospettive multiple*, che portano alla ricerca di **soluzioni alternative**
- *Collaborazione*, che favorisce la **costruzione sociale** della conoscenza

# Lo scopo dell'Apprendimento Attivo è un apprendimento "autentico"



Caratteristiche principali (Herrington & Oliver, 2000):

- *Opportunità di riflessione*, che sviluppano la **metacognizione**
- *Opportunità di articolazione della conoscenza*, per rendere esplicita la conoscenza tacita
- *Tutorato e supporto* da parte dell'insegnante in situazioni critiche per l'apprendimento
- *Valutazione "autentica"*, che rifletta il modo in cui la conoscenza è valutata nella vita reale

## 2. Piano di riferimento teorico

### Su cosa si basa l'Apprendimento Attivo?

Più di un secolo di ricerca in Pedagogia, Psicologia, Scienze Cognitive e del Comportamento, Neuroscienze, nelle Didattiche Disciplinari, ...

Formulazione di varie teorie sui processi apprendimento e sul funzionamento della mente, piani di riferimento teorici e report di sperimentazioni sulla «ricostruzione educativa» dei contenuti da insegnare e sull'innovazione in didattica delle discipline scientifiche

M. Michelini (ed.) *Riflessioni sull'innovazione didattica universitaria*. (Forum: Udine, 2018)

# Su cosa si basa l'Apprendimento Attivo?

Pellegrino (2006) riassume tre punti fondamentali relativamente a come gli studenti apprendono:

*Gli studenti **costruiscono** attivamente la propria conoscenza sulla base di **idee personale su come il mondo “funziona”***

**Costruttivismo**

*Al fine di sviluppare competenze in una data area di indagine, gli studenti devono essere messi in grado di organizzare, recuperare e applicare la conoscenza in modo efficace, anche sulla base dei loro **stili di apprendimento** e delle loro **attitudini***

**Organizzazione efficace della conoscenza**

*Gli studenti possono essere aiutati a prendere in mano il proprio apprendimento tramite un **approccio metacognitivo** alla loro istruzione*

**Riflettere sul proprio apprendimento**

# 3. Efficacia dell'apprendimento attivo: alcuni risultati dalla ricerca in didattica delle discipline scientifiche

# Seminari attivi

Miglioramento significativo della acquisizione a breve e a lungo termine di concetti rilevanti (Di Vesta, 1979; Ruhl, 1987 )

Miglioramento significativo nella comprensione dei concetti (Streveler et al., 2008) ed **evoluzione di concezioni di tipo comune verso idee di tipo più scientifico** (Redish et al., 1997; Laws et al., 1999; Reed-Rhoads et al., 2007; Newcomer and Steif, 2008 )

# Apprendimento collaborativo

Miglioramento significativo dei risultati scolastici,  
dell'acquisizione di concetti e di comprensione, di auto-stima  
(Johnson et al., 1998; Springer et al., 1999; Sokoloff et al., 2007; Laws et  
al., 2015)

**Sviluppo di abilità metacognitive** (White & Fredericksen, 1998)

# Apprendimento cooperativo

Miglioramento significativo dei risultati scolastici,  
dell'acquisizione di concetti e di comprensione, di auto-stima  
(Johnson et al., 1998; Sokoloff et al., 2007; Laws et al., 2015)

Acquisizione di abilità connesse al lavoro di gruppo e sviluppo  
di abilità relazionali (Johnson et al., 1998; Terenzini et al., 2001; Panitz,  
1999 ; Laws et al., 2015)

# Apprendimento basato su problemi / progetti

Miglioramento significativo in ciò che gli studenti pensano dei  
programmi svolti (Vernon & Blake, 1998; Shin, 2013 )

Incremento della acquisizione a lungo termine di concetti  
rilevanti (Norman & Schmidt, 1993; Gallagher, 1997; Dochy et al, 2003;  
Strobel, et al., 2009; Yew & Goh, 2016)

Notevole aumento dell'uso di libri e altre fonti di informazione,  
maggiore frequenza delle attività didattiche (Gallagher, 1997; Major  
& Palmer, 2001)

# Apprendimento basato su problemi / progetti

Miglioramento di abilità di ragionamento critico (Oja, 2011; Duran & Dokme, 2016)

Miglioramento della comprensione dei processi di  
funzionamento della scienza (Gormally et al. 2009)

In alcuni casi, risultati peggiori nell'acquisizione a breve termine dei contenuti, nella percezione di auto-efficacia e nei test tradizionali di valutazione (Albanese & Mitchel, 1993; Dochy et al., 2003; Gormally et al. 2009; Pourshanazari et al., 2013)

# Apprendimento con Flipped Classroom

Miglioramento significativo dei risultati scolastici,  
dell'acquisizione di concetti e di comprensione, di auto-stima

(Amresh et al., 2013, Gayeta, 2017, Karagöl & Esen, 2019,)

Miglioramento significativo nella comprensione dei processi  
alla base della costruzione della conoscenza scientifica

(Camiling, 2017)

Maggiore appropriazione dei contenuti, grazie all'approccio  
misto studio anticipato a casa – studio in classe (MacKinnon, 2015)

# Apprendimento basato sull'indagine scientifica

Miglioramento nella comprensione e delle abilità di risoluzione  
di problemi (Lidsey et al., 2012)

Miglioramento delle abilità di pensiero critico e nella  
comprensione della Natura della Scienza (Yen & Huang, 2001;  
Krystyniak & Heikkinen, 2007; Capps & Crawford, 2013 )

Miglioramento della comprensione delle procedure scientifiche  
e delle abilità di riflessione (Zion et al., 2004; Sadeh & Zion, 2009)

# Apprendimento basato sull'indagine scientifica

Efficacia nel far evolvere le concezioni di tipo comune verso  
idee di tipo più scientifico

(Prince et al., 2012)

Efficacia nello sviluppo di atteggiamenti mentali tipici della  
ricerca scientifica (Karelina & Etkina, 2007)

Efficacia nell'attivazione di “cambiamento concettuale” (Kim et  
al., 2006)

# Moderatori degli effetti dell'Apprendimento Attivo

## Studenti

“**Inerzia**” nel prendere responsabilità del proprio apprendimento

Mancanza di **tempo** e maggiore pressione nello studio

Occasioni di distrazione nelle attività di apprendimento attivo

**Resistenza** nell'abbandonare l'ambiente familiare delle lezioni frontali (più confortevoli per studenti con stili di apprendimento come quelli **uditivo e di lettura/scrittura ...**)

Springer et al., 1999; Trautmann et al., 2004; Quintana et al., 2005; Lewis & Lewis, 2005; McCreary et al., 2006; Pizzolato & Persano Adorno, 2015

# Moderatori degli effetti dell'Apprendimento Attivo

## Studenti

Le attività di apprendimento attivo possono apparire «difficili» e poco naturali a studenti di **attitudine introversa**

Le attività di Indagine Scientifica Libera (Open Inquiry) possono generare sensazioni di **frustrazione o di inadeguatezza** se proposte a studenti non avvezzi alle metodologie IBSE

Springer et al., 1999; Trautmann et al., 2004; Quintana et al., 2005; Lewis & Lewis, 2005; McCreary et al., 2006; Pizzolato & Persano Adorno, 2015

# Moderatori degli effetti dell'Apprendimento Attivo

## Docenti

Mancanza di **confidenza con le metodologie di apprendimento attivo** o con i contenuti da sviluppare

**Vincoli di tempo** e mancanza di strutture e risorse adeguate

**Formazione iniziale «tradizionale»** e non orientata verso l'apprendimento attivo

**«Credenze» e convinzioni personali** sull'insegnamento e sull'apprendimento

# Moderatori degli effetti dell'Apprendimento Attivo

## Docenti

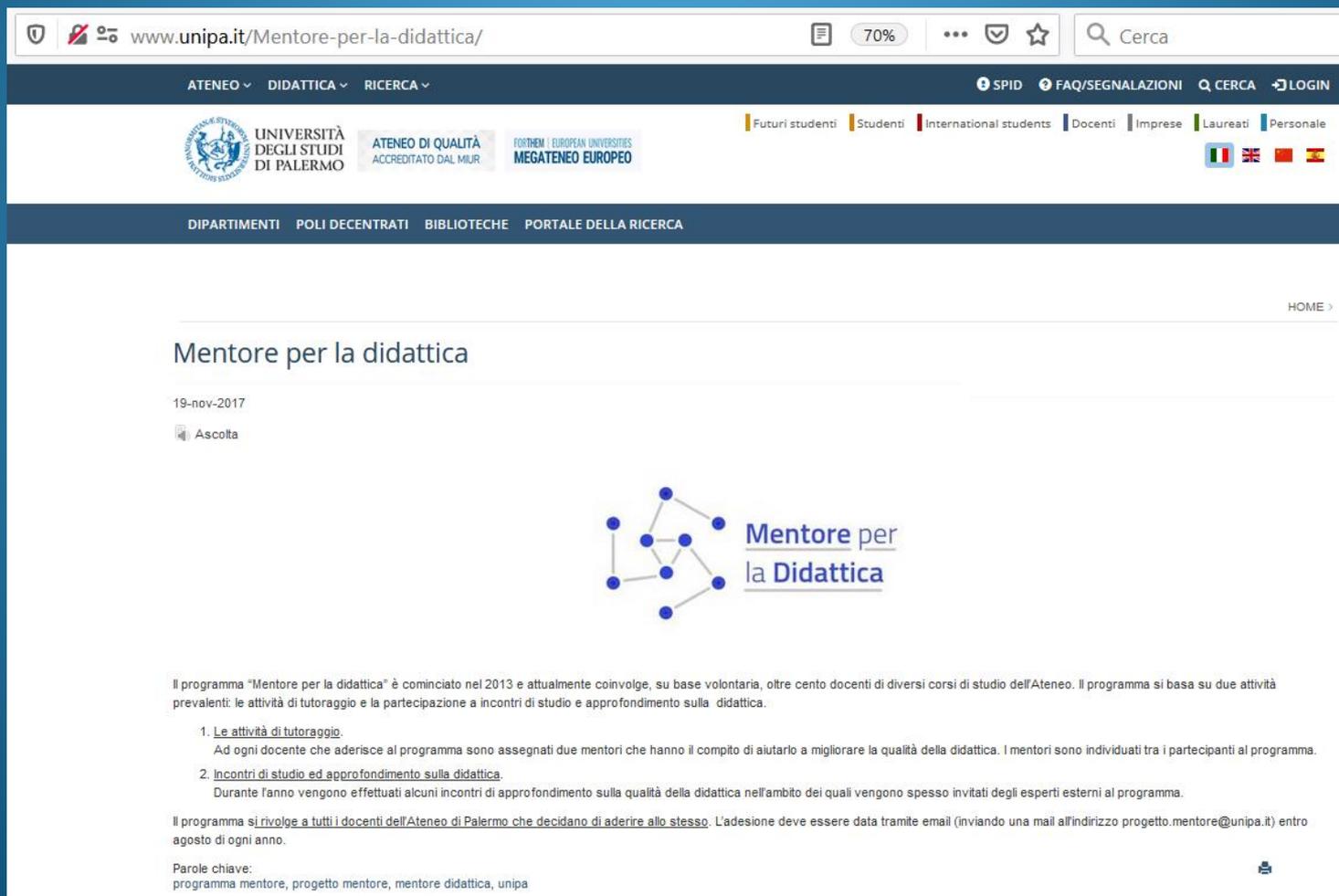
Difficoltà nel pianificare attività di apprendimento attivo adeguate a **stili di apprendimento e ad attitudini personali diversi**

Dubbi sulla **valutazione** di attività di apprendimento attivo

**Scarse prospettive di miglioramento** nella carriera e attriti con i colleghi

# Un Esempio di “buona pratica” a UniPA

## Il Programma “Mentore per la Didattica”



The screenshot shows a web browser window displaying the UniPA website. The address bar shows the URL [www.unipa.it/Mentore-per-la-didattica/](http://www.unipa.it/Mentore-per-la-didattica/). The page header includes navigation menus for 'ATENEVO', 'DIDATTICA', and 'RICERCA', along with utility links for 'SPID', 'FAQ/SEGNALAZIONI', 'CERCA', and 'LOGIN'. The main header features the UniPA logo, accreditation information from MIUR and the European Megateneo, and language selection options for Italian, English, Spanish, and French. A secondary navigation bar lists 'DIPARTIMENTI', 'POLI DECENTRATI', 'BIBLIOTECHE', and 'PORTALE DELLA RICERCA'. The main content area is titled 'Mentore per la didattica' and includes a date '19-nov-2017' and an 'Ascolta' button. A graphic with the text 'Mentore per la Didattica' is displayed. The text below explains the program's start in 2013, its voluntary nature, and its focus on tutoring and didactic improvement. It lists two main activities: tutoring and didactic study meetings. The program is open to all UniPA faculty members who wish to participate, with a deadline of August each year. Key terms include 'programma mentore', 'progetto mentore', 'mentore didattica', and 'unipa'.

www.unipa.it/Mentore-per-la-didattica/

ATENEVO DIDATTICA RICERCA SPID FAQ/SEGNALAZIONI CERCA LOGIN

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO ATENEVO DI QUALITÀ ACCREDITATO DAL MIUR FORTHEM | EUROPEAN UNIVERSITIES MEGATENEVO EUROPEO

Futuri studenti | Studenti | International students | Docenti | Imprese | Laureati | Personale

DIPARTIMENTI POLI DECENTRATI BIBLIOTECHE PORTALE DELLA RICERCA

HOME >

### Mentore per la didattica

19-nov-2017

Ascolta



Il programma “Mentore per la didattica” è cominciato nel 2013 e attualmente coinvolge, su base volontaria, oltre cento docenti di diversi corsi di studio dell’Ateneo. Il programma si basa su due attività prevalenti: le attività di tutoraggio e la partecipazione a incontri di studio e approfondimento sulla didattica.

1. Le attività di tutoraggio.  
Ad ogni docente che aderisce al programma sono assegnati due mentori che hanno il compito di aiutarlo a migliorare la qualità della didattica. I mentori sono individuati tra i partecipanti al programma.
2. Incontri di studio ed approfondimento sulla didattica.  
Durante l’anno vengono effettuati alcuni incontri di approfondimento sulla qualità della didattica nell’ambito dei quali vengono spesso invitati degli esperti esterni al programma.

Il programma si rivolge a tutti i docenti dell’Ateneo di Palermo che decidano di aderire allo stesso. L’adesione deve essere data tramite email (inviando una mail all’indirizzo [progetto.mentore@unipa.it](mailto:progetto.mentore@unipa.it)) entro agosto di ogni anno.

Parole chiave:  
programma mentore, progetto mentore, mentore didattica, unipa

# Un Esempio di “buona pratica” a UniPA

## Il Programma “Mentore per la Didattica”

Il programma “Mentore per la didattica” è attivo dal 2013 e attualmente coinvolge, su base volontaria, oltre cento docenti di diversi corsi di studio dell’Ateneo.

Il programma si basa su due attività prevalenti: le attività di tutoraggio e la partecipazione a incontri di studio e approfondimento sulla didattica.

# Un Esempio di “buona pratica” a UniPA

## Il Programma “Mentore per la Didattica”

### Le attività di tutoraggio.

Ad ogni docente che aderisce al programma sono assegnati due mentori che hanno il compito di aiutarlo a migliorare la qualità della didattica. I mentori sono individuati tra i partecipanti al programma.

### Incontri di studio ed approfondimento sulla didattica.

Durante l'anno vengono effettuati incontri di approfondimento sulla qualità della didattica nell'ambito dei quali vengono spesso invitati degli esperti esterni al programma.

# Un Esempio di “buona pratica” a UniPA

## Il Programma “Mentore per la Didattica”

### Incontro di studio “Evaluation and Active Learning”



ATENEVO ▾ DIDATTICA ▾ RICERCA ▾ 🔑 SPID 🔗 FAQ/SEGNALAZIONI 🔍 CERCA 👤 LOGIN

 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO ATENEVO DI QUALITÀ ACCREDITATO DAL MIUR FORTHEN | EUROPEAN UNIVERSITIES MEGATENEVO EUROPEO Futuri studenti Students International students Docenti Imprese Laureati Personale 

DIPARTIMENTI POLI DECENTRATI BIBLIOTECHE PORTALE DELLA RICERCA

HOME >

### “Mentore per la Didattica”, il progetto UniPa per la qualità della didattica

19-nov-2019

 Ascolta

Un gruppo di trenta **docenti** dell'**Università degli studi di Palermo** ha partecipato al secondo **workshop** del progetto UniPa “**Mentore per la Didattica**”.

Durante l'incontro, dal titolo “**Evaluation and active learning**”, i proff. **Ettore Felisatti** (Università di Padova) e **Joellen E. Coryell** (Texas State University) hanno affrontato temi relativi al processo di valutazione degli apprendimenti, della modificazione degli stili di apprendimento nelle nuove generazioni e delle tecniche utili a mantenere attivo l'interesse degli allievi.

Il programma “Mentore per la Didattica”, primo del genere in Italia, promuove e supporta il processo di **miglioramento della qualità della didattica**, attraverso attività di tutoraggio e seminari tematici di approfondimento destinati ai docenti dell'Ateneo di Palermo.

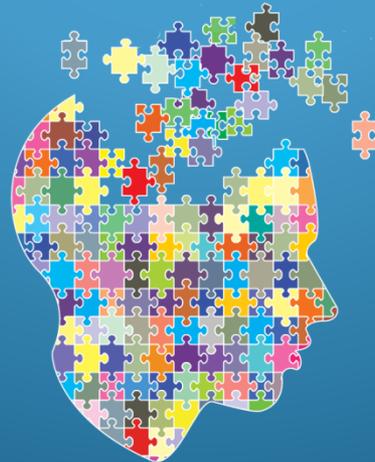
# Conclusioni

- L'apprendimento è un **processo attivo** e non una semplice riproduzione di contenuti e metodi di lavoro.
- **La conoscenza non viene “trasmessa”** ma è costruita attivamente dal discente, con l'aiuto del docente.



## Conclusioni

La comprensione delle teorie sull'apprendimento e sul funzionamento della mente e dei processi mentali alla base dell'apprendimento può aiutare in modo sostanziale il docente e il ricercatore in didattica a favorire un apprendimento “autentico”



## Conclusioni

Un apprendimento “autentico” necessita di **approcci strutturati, focalizzati su abilità specifiche da sviluppare negli studenti**, piuttosto che su attività “hands-on” svolte in modo scorrelato l’una dalle altre



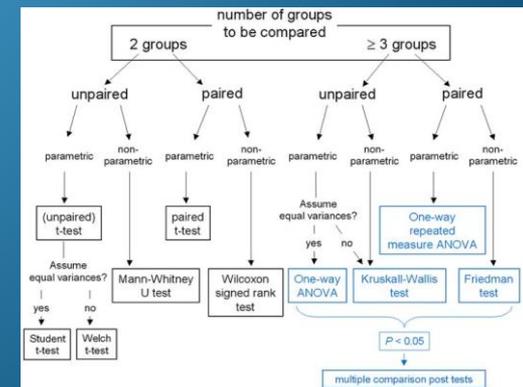
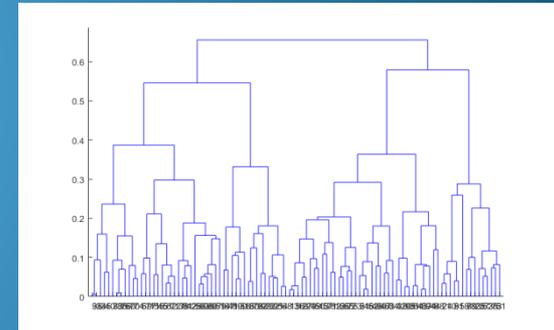
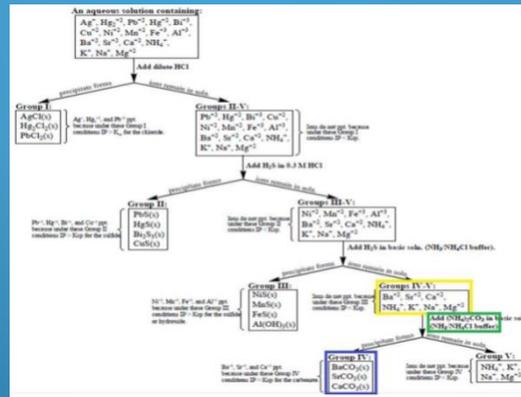
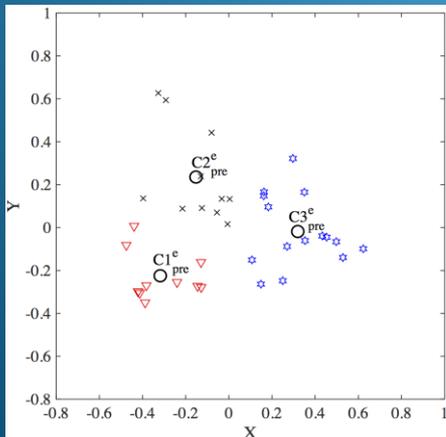
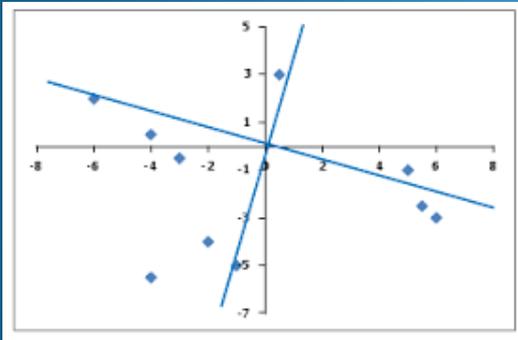
## Conclusioni

Questi approcci devono essere **basati sui risultati di ricerca in didattica disciplinare** (sia a livello teorico che a quello sperimentale)



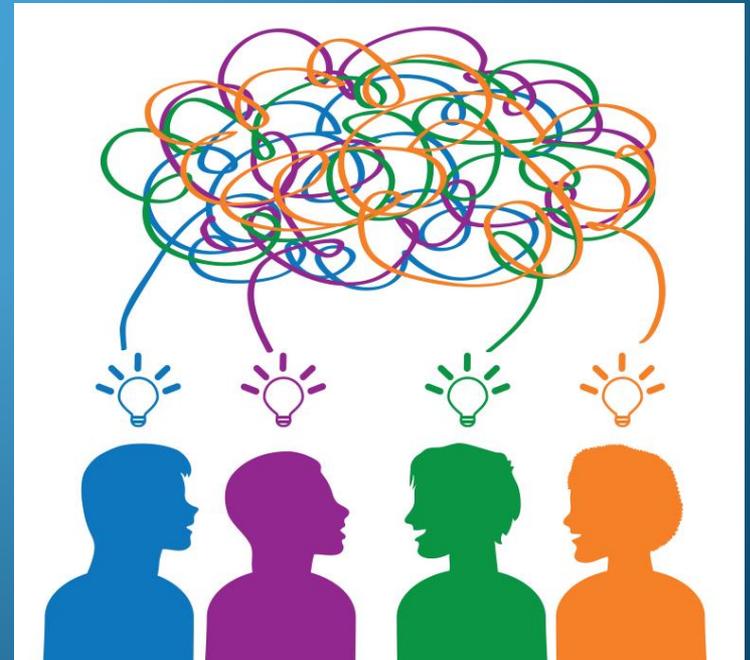
# Conclusioni

Gli esiti di formazione devono essere **misurati** con strumenti affidabili e validati dalla ricerca.



## Conclusioni

I docenti devono essere **supportati** nel loro processo di crescita didattica per favorire l'uso consapevole di **metodologie didattiche innovative** che siano **effettivamente utilizzabili** nel contesto didattico nel quale operano.





The comic strip consists of three panels. In the first panel, a boy with a cap says to another boy, "I've taught Snoopy to whistle." Snoopy is sitting on the ground, looking up at the boy. In the second panel, the boy with the cap says to the other boy, "I can't hear him whistle." Snoopy is sitting on the ground, looking up at the boy. In the third panel, the boy with the cap says to the other boy, "I said that I'd taught him, not that he'd learned." Snoopy is sitting on the ground, looking up at the boy.

*I've taught  
Snoopy to  
whistle*

*I can't  
hear him  
whistle*

*I said that I'd  
taught him, not that  
he'd learned*



- Albanese M and Mitchell S 1993 Problem-Based Learning: A Review of Literature on Its Outcomes and Implementation Issues *Acad. Med.* **68**(1) 58-81
- Amresh, A, Carberry, A Femiani, J. (2013). Evaluating the effectiveness of flipped classrooms for teaching CS1 October 2013 Proceedings - Frontiers in Education Conference DOI: 10.1109/FIE.2013.6684923
- Berry L Jr 1991 Collaborative Learning: A Program for Improving the Retention of Minority Students ERIC # ED384323
- Bonwell C C and Eison J A 1991 Active Learning: creating excitement in the Classroom. *ASHEERIC Higher Education Report no. 1* (Washington DC: George Washington University)
- Camiling, M. K. (2017). The Flipped Classroom: Teaching the Basic Science Process Skills to High-Performing 2nd Grade Students of Miriam College Lower School. *IAFOR Journal of Education*, 5(SI). <https://doi.org/10.22492/ije.5.si.10>
- Capps D K, Crawford B A 2013 Inquiry-Based Instruction and Teaching about Nature of Science: Are They Happening? *J. Sci. Teach. Educ.* **24**(3) 497-526
- Corpuz, B., & Lucido, P. (2008). *Educational technology 1*. Quezon City: Lorimar Publishing, Inc.
- Corpuz, B., & Salandanan, G. (2011). *Principles of Teaching 1*. Quezon City: Lorimar Publishing, Inc.
- Di Vesta F and Smith D 1979 The Pausing Principle: Increasing the Efficiency of Memory for Ongoing Events *Contemp. Educ. Psychol.* **4**(3) 288-96
- Dochy F, Segers M, Van den Bossche P and Gijbels D 2003 Effects of problem-based learning: a metaanalysis *Learn. Instr.* **13** 533–68
- Duran M and Dokme I 2016 The Effect Of The Inquiry-Based Learning Approach On Student's Critical Thinking Skills *Eurasia J. Math., Sci Tech. Educ.* **12**(12) 2887–2908
- Fredericksen E 1998 Minority Students and the Learning Community Experience: A Cluster Experiment ERIC # ED216490
- Gallagher S 1997 Problem-Based Learning: Where did it comes from, what does it do and where is it going? *J. Educ. Gifted* **20**(4) 332–62.
- Gayeta N E, 2017, Flipped Classroom as an Alternative Strategy for Teaching Stoichiometry, *Asian Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 5(4), 83-89.

- Gormally C, Brickman P, Hallar B and Armstrong N 2009 Effects of Inquiry-based Learning on Students' Science Literacy Skills and Confidence *Int. J. Schol. Teach. Learn.* 3(2) Article 16
- Herrington J and Oliver R 2000 [An instructional design framework for authentic learning environments.](#) *Educ. Technol. Res. Dev.* 48(3) 23-48
- Johnson D, Johnson R and Smith K 1998 Active Learning: Cooperation in the College Classroom, 2nd ed. (Edina: Interaction Book Co.)
- Johnson D, Johnson R and Smith K 1998 Cooperative Learning Returns to College: What Evidence is There That it Works? *Change* 30(4) 26-35
- Karagöl, I, Esen, E (2019) The Effect of Flipped Learning Approach on Academic Achievement: A Meta-Analysis Study\* Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education) 34(3): 708-727
- Karelina A and Etkina E 2007 Acting like a physicist: Student approach study to experimental design. *Phys. Rev. Spec. Top. Phys. Educ. Res.* 3 020106
- Krystyniak R A and Heikkinen H W 2007 Analysis of verbal interactions during an extended, open-inquiry general chemistry laboratory investigation, *J. Res. Sci. Teach.* 44 1160.
- Laws P, Sokoloff D and Thornton R 1999 Promoting Active Learning Using the Results of Physics Education Research *UniServe Science News* 13 14-19.
- Laws PW, Willis M C and Sokoloff D R 2015 Workshop Physics and Related Curricula: A 25-Year History of Collaborative Learning Enhanced by Computer Tools for Observation and Analysis *Phys. Teach.* 53(7) 401-6
- Lewis, S.E. and J.E. Lewis. 2005. Departing from Lectures: An Evaluation of a Peer-Led Guided Inquiry Alternative. *Journal of Chemical Education* 82(1):135-39.
- Lindsey B A, Hsu L, Sadaghiani H, Taylor J W and Cummings K 2012 Positive attitudinal shifts with the Physics by Inquiry Curriculum across multiple implementations, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 8 010102.
- MacKinnon, G. (2015). Determining useful tools for the flipped science education classroom. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 15(1)

- Major C and Palmer B 2001 Assessing the Effectiveness of Problem-Based Learning in Higher Education: Lessons from the Literature *Academic Exchange Quarterly* 5(1) 4
- McCreary, C.L., M.F. Golde, and R. Koeske. 2006. Peer Instruction in General Chemistry Laboratory: Assessment of Student Learning. *Journal of Chemical Education* 83(5):804-10.
- Mitchael, J. (2007). Faculty perceptions about barriers to active learning. *College Teaching*, 55(2), 42-47
- Newcomer, L. J., & Steif, S. P. (2008). Student Thinking about Static Equilibrium: Insights from Written Explanations to a Concept Question. *Journal of Engineering Education*, 481- 490.
- Norman G and Schmidt H 1993 The Psychological Basis of Problem-Based Learning: A Review of Evidence *Acad. Med.* 67 557-65.
- Oja KJ 2011 Using problem-based learning in the clinical setting to improve nursing students' critical thinking: an evidence review *J. Nurs. Educ.* 50(3) 145-51.
- Panitz T 1999 The Case for Student Centered Instruction via Collaborative Learning Paradigms ERIC # ED 448444.
- Pellegrino J. W. (2006) "Rethinking and redesigning curriculum instruction and assessment: What contemporary research and theory suggests" Paper commissioned by the National Center on Education and the Economy for the New Commission on the Skills of the American Workforce.
- Pizzolato N, Fazio C, Sperandeo-Mineo R M and Persano-Adorno D 2014 [Open-inquiry driven overcoming of epistemological difficulties in engineering undergraduates: A case study in the context of thermal science](#) *Phys. Rev. Spec. Top. Phys. Educ. Res.* 10 010107
- Pourshanzari A, Roohbakhsh A, Khazaei M and Tajadini H 2013 Comparing the long-term retention of a physiology course for medical students with the traditional and problem-based learning. *Adv. Health Sci. Educ.* 18(1) 91-97.
- Prince M 2004 Does active learning work? A Review of the Research *J. Eng. Educ.* 93(3) 223-31
- Prince M, Vigeant M and Nottis K 2012 Using inquiry-based activities to repair student misconceptions related to Heat, energy and temperature *Frontiers in Education Conference Proc. (FIE)* Seattle WA pp. 1-5. doi:10.1109/FIE.2012.6462344

- Quintana C, Zhang X and Krajcik J 2005 A framework for supporting meta cognitive aspects of online inquiry through software-based scaffolding *Educ. Psychol* **40** 235.
- Redish E, Saul J, and Steinberg R 1997 On the Effectiveness of Active-Engagement Microcomputer-Based Laboratories *Am. J. Phys.* **65**(1) 45-54
- Reed-Rhoads T, Imbrie P K, Allen K, Froyd J, Martin J, Miller R, Steif P, Stone A, and Terry R 2007 Tools to facilitate better teaching and learning: Concept inventories. Panel at ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Milwaukee WI.
- Revans R W 1982 *The origin and growth of action learning* (Brickley: Chartwell-Bratt)
- Ruhl K, Hughes C and Schloss P 1987 Using the Pause Procedure to Enhance Lecture Recall *Teac. Educ. Spec. Educ.* **10** 14-18.
- Sadeh I and Zion M 2009 The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting *J. Res. Sci. Teach.* **46** 1137.
- Sokoloff D R, Thornton R K and Laws P W 2007 RealTime Physics: Active Learning Labs Transforming the Introductory Laboratory *Eur. J. of Phys.* **28** S83-S94
- [Shin I S](#) and [Kim J H](#) 2013 The effect of problem-based learning in nursing education: a meta-analysis [Adv. Health Sci. Educ. Theory Pract.](#) **18**(5) 1103-20
- Springer L, Stanne M, and Donovan S 1999 Effects of Small-Group Learning on Undergraduates in Science, Mathematics, Engineering and Technology: A Meta-Analysis *Rev. Educ. Res.* **69**(1) 21-52.
- Streveler R A, Litzinger T A, Miller R L and Steif P S 2008 Learning conceptual knowledge in the engineering sciences: Overview and future research directions. *J. Eng. Educ.* **97**(3) 279-94.
- Strobel J and van Barneveld A 2009 When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to conventional classrooms. *Interdiscip. J. Problem-based Learn.* **3**(1) 44-58.
- Terenzini P, Cabrera A, Colbeck C, Parente J and Bjorklund S 2001 Collaborative Learning vs. Lecture/Discussion: Students' Reported Learning Gains *J. Eng. Educ.* **90**(1) 123-30

- Trautmann N, MaKinster J, and Avery L 2004 What makes inquiry so hard? (and why is it worth it) *Proc. of the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching* Vancouver BC Canada  
[http://ei.cornell.edu/pubs/NARST\\_04\\_CSIP.pdf](http://ei.cornell.edu/pubs/NARST_04_CSIP.pdf)
- van den Berg, R. 1999. The permanent importance of the subjective reality of teachers during educational innovation: A concerns-based approach. *American Educational Research Journal* 36 (4): 879-906
- Vernon D and Blake R 1993 Does Problem-Based Learning Work? A Meta-Analysis of Evaluative Research *Acad. Med.* 68(7) 550-63
- Yen C and Huang S 2001 Authentic learning about tree frogs by preservice biology teachers in open-inquiry research settings, in *Proc. of the National Science Council Republic of China ROC(D)* 11 (Taipei: Taiwan National Science Council) p. 1
- Yew E H J and Goh K 2016 Problem-Based Learning: An Overview of its Process and Impact on Learning *Health Prof. Educ.* 2 75-79
- Zion M, Slezak M, Shapira D, Link E, Bashan N, Brumer M, Orian T, Nussinowitz R, Court D, Agrest B, Mendelovici R and Valanides N 2004 Dynamic, open inquiry in biology learning *Sci. Educ.* 88 728.