

# **IBSE: INQUIRY BASED SCIENCE EDUCATION NEL PROGETTO EUROPEO “TEMI” (TEACHING ENQUIRY WITH MYSTERIES INCORPORATED)**

## **L'insegnamento tradizionale**

L'insegnamento tradizionale, che è principalmente un tipo di insegnamento in cui si “raccontano” delle cose, appare più veloce e più semplice da attuare rispetto ad un insegnamento IBSE. In realtà però, l'insegnamento tradizionale stimola assai poco la motivazione per lo studio negli alunni e consente una comprensione molto povera della natura della scienza. L'insegnamento tradizionale inoltre, pone molta enfasi sulla conoscenza di fatti e leggi, mentre il lavoro in laboratorio è usato principalmente per verificare leggi presentate precedentemente. Quello tradizionale è un tipo di insegnamento in cui lo studente si focalizza sulle risposte da fornire all'insegnante che ha posto determinate domande. In questo modo, la scienza è vista più come un insieme di conoscenze da acquisire che un modo per scoprire e costruire conoscenze [Mc Dermott et al., 2000].

Ormai è un fatto noto che insegnare “raccontando” cose è inadeguato, basti pensare ai fallimenti dei corsi tradizionali. Oltretutto, spesso, sono inadeguati anche i metodi di valutazione: gli insegnanti dovrebbero dare molta più importanza all'ascolto che al parlare per capire il pensiero degli studenti. Inoltre, utilizzando le domande e i problemi tradizionali per la valutazione, le abilità possedute dagli studenti in matematica e scienze possono spesso mascherare i loro problemi di comprensione più profonda.

Osserviamo ancora che i risultati della ricerca in didattica indicano che la qualità delle risposte degli studenti a domande proposte, aumenta significativamente all'aumentare del tempo di attesa da parte dell'insegnante [Mc Dermott et al., 2000].

Accanto a ciò affinché lo studente possa percepire il valore culturale delle materie scientifiche sembra importante potenziare il ruolo di domande qualitative allo scopo di stimolare il pensiero scientifico.

## **L'insegnamento IBSE**

Il National Research Council (NRC) ha definito l'*inquiry* come “un insieme di processi correlati attraverso i quali scienziati e studenti si fanno domande sul mondo naturale e indagano sui fenomeni; nel fare questo, gli studenti acquisiscono conoscenza e sviluppano una comprensione ricca di concetti, principi, modelli e teorie” [National Science Education Standards, 1996]

I primi studi sull'*inquiry* e sul metodo che viene chiamato IBSE (Inquiry Based Science Education) sono dovuti a Rosalind Driver e risalgono agli anni '70-'80 [Driver, 1985]. L'interesse verso questo metodo è cresciuto negli anni ed è ora considerato dalla maggior parte dei ricercatori in didattica come la strategia di insegnamento più efficace.

In opposizione all'insegnamento tradizionale, l'insegnamento IBSE considera metodi e soggetti dell'insegnamento insieme, e porta gli studenti a seguire passo dopo passo il processo scientifico partendo dall'osservazione, poi enunciando i problemi, controllando le variabili, facendo ipotesi e predizioni, e

descrivendo le conclusioni. Nell'insegnamento IBSE i laboratori sono parte integrante del corso che è centrato sull'apprendimento degli studenti piuttosto che sui discorsi dell'insegnante [Rocard report, 2007].

L'insegnamento IBSE è basato su alcuni ben precisi risultati della ricerca in didattica che riassumiamo qui di seguito:

- La comprensione in scienza è molto più della conoscenza di fatti;
- Ognuno, e in particolare gli studenti, conosce e struttura la nuova conoscenza modificando e ridefinendo i concetti già posseduti e aggiungendone di nuovi a quelli già noti e che ritengono affidabili.
- Il contesto sociale è fondamentale nella mediazione dell'apprendimento;
- L'apprendimento efficace richiede che gli studenti siano consapevoli e artefici del proprio apprendimento.

Il metodo IBSE incoraggia il pensiero personale, il porsi domande, la discussione tra pari e il dibattito. Infatti durante le lezioni IBSE l'insegnante dovrebbe evitare di ricorrere all'autoritarismo e mantenere invece un ambiente favorevole all'indagine, alla ricerca da parte degli studenti. Questi ultimi lavorano in gruppo, si pongono domande, fanno osservazioni ed esperimenti, raccolgono dati e cercano di interpretarli, formulano ipotesi, traggono conclusioni sulla base dei loro dati.

Sfortunatamente ci sono due caratteristiche del fare scienza che sono cruciali per avere successo nell'IBSE e che è problematico trovare a scuola:

- Il primo problema riguarda il fatto che gli scienziati riescono a percepire la necessità/opportunità di lavorare in un modo coerente con quanto è stato fatto precedentemente nello stesso ambito da altri scienziati. Gli studenti invece hanno idee che non necessariamente sono coerenti, infatti interpretazioni ad hoc dei fenomeni naturali sembra loro che funzionino bene nella pratica e non si pongono problemi circa la loro coerenza con il framework teorico di riferimento [Driver, 1985; Meyer et al., 2013; Guisasola, 2013].
- Il secondo problema si riferisce al fatto che differenti interpretazioni e conclusioni possano conseguire dallo stesso insieme di dati empirici, specialmente quando gli studenti sono in un laboratorio *inquiry* e lavorano su ciò che è nuovo per loro [Hofstein, 2013; Hofstein et al. 2005]].

### **La formazione degli insegnanti all'IBSE**

Purtroppo la ricerca didattica evidenzia che molti insegnanti, pur considerando l'IBSE come il metodo più efficace, in pratica non lo usano.

Gli insegnanti che si affacciano per la prima volta all'IBSE hanno una visione tradizionale dell'insegnamento che è orientata alla "trasmissione" del sapere. La difficoltà nel far proprio il nuovo metodo di insegnamento IBSE da parte di un insegnante, ad esempio in uno specifico corso di formazione, sta nel fatto che è richiesto il cambiamento nello stile di insegnamento, senza che si sia fatta esperienza precedentemente [Barron, 2012]. Esattamente come i loro studenti, gli insegnanti non sono una tabula rasa e affrontano un eventuale corso di formazione all'IBSE con idee che influenzeranno il loro apprendimento: le idee tenderanno a persistere, anche quando si siano dimostrate inefficaci dai risultati veramente poveri raggiunti dai loro studenti [Driver, 1985; Cassidy, 2013].

Le opinioni radicate infatti, sono forti e resistenti al cambiamento: è ben noto infatti che, persino dopo le lezioni frontali su un determinato argomento, gli studenti hanno difficoltà a cambiare le loro idee, nonostante

l'insegnante provi a sfidare lo studente attraverso controesempi. La stessa cosa accade con gli insegnanti che stanno facendo il loro training con l'IBSE. Infatti, gli insegnanti hanno parecchi preconcetti [Cassidy, 2013] come per esempio: (1) il metodo scientifico non include l'IBSE, (2) le domande hanno risposte giuste o sbagliate, (3) il metodo IBSE è caotico e, soprattutto, (4) il metodo IBSE richiede più tempo e più sforzo dell'insegnamento tradizionale.

Può essere utile a questo punto, oltre ai preconcetti appena riportati, avere un'idea dei problemi che più frequentemente vengono percepiti da parte degli insegnanti, in relazione all'IBSE [Brown, 2006; Chinn, 2002; Hye Gyoung, 2012; Meyer, 2013; Wenning, 2005, 2006, 2008, 2011; Windschitl, 2003]:

- Il tempo richiesto è troppo (probabilmente la barriera più spesso percepita)
- La mancanza di risorse
- La grande quantità di energie da spendere
- La sensazione che gli argomenti vengano svolti troppo lentamente
- La difficoltà nel fare lezione
- Il rischio di non completare il programma ministeriale e di non rendere gli studenti sufficientemente preparati per affrontare gli esami
- La difficoltà nel valutare gli studenti, sia per quanto riguarda i loro progressi, sia per quanto riguarda il lavoro svolto
- L'abitudine nel modo di insegnare
- L'inadeguatezza dei libri di testo
- La perdita di motivazione da parte degli insegnanti.

In particolare, per quanto riguarda la situazione italiana, i maggiori ostacoli all'IBSE sono:

- Mancanza di tempo (37%)
- Difficoltà nel gestire il lavoro in classe (20%)
- IBSE percepito come non efficiente (17%)
- Curriculum troppo rigido (14%)
- Insegnante non abbastanza preparato per l'IBSE (6%)
- Ostilità e/o difficoltà coi colleghi.

### **La formazione degli insegnanti all'IBSE nel progetto TEMI**

L'obiettivo che spinge a utilizzare l'inquiry nella didattica è quello di fermare il declino delle attitudini degli studenti, verso la fisica e la matematica, che sembra avvenire nella fascia d'età compresa tra gli 11 e i 16 anni e favorire un miglioramento del modo di ragionare scientifico. Le scienze sono ancora comunemente ed erroneamente percepite come noiose e poco stimolanti dal punto di vista della creatività. E' per questo che nasce il progetto europeo TEMI che coinvolge 13 partner appartenenti a 10 paesi europei più Israele e al quale partecipa anche l'Università degli Studi di Milano.

Il progetto TEMI, rivolto agli insegnanti, ha l'obiettivo di trasformare la pratica di insegnamento delle scienze e della matematica dando agli insegnanti nuove competenze per coinvolgere i loro studenti in modo da far emergere nuove risorse. Lo scopo è di aiutare gli insegnanti a cambiare lo schema dell'interazione in classe e passare dal tradizionale trasferimento dell'informazione ad una collaborazione nella costruzione della conoscenza insieme agli studenti.

A questo punto, al fine di incoraggiare gli insegnanti che vogliono avvicinarsi alla conoscenza e sperimentazione del metodo inquiry, può essere detto che i partner europei che partecipano a questo progetto

di diffusione del metodo IBSE sono tutti d'accordo nel riconoscere all'IBSE la capacità di *stimolare* un modo di pensare critico e creativo e che il coinvolgimento emozionale necessario affinché l'IBSE possa essere applicato potrebbe essere legato al senso di mistero suggerito dalla presentazione di particolari situazioni da investigare al fine di arrivare alla soluzione di determinati problemi scientifici.

Gli obiettivi di TEMI possono essere raggiunti attraverso la sperimentazione nelle classi di un metodo basato sull'*inquiry*.

L'apprendimento da parte degli insegnanti del metodo *inquiry* viene effettuato attraverso inquiry-lab, che saranno caratterizzati da due componenti fondamentali:

- Un nucleo costituito da un particolare concetto scientifico che deve essere appreso;
- Un coinvolgimento emozionale che deve essere provocato attraverso un'attività durante la quale l'allievo si trova di fronte ad un mistero da risolvere.

Questi metodi di lavoro, che vengono proposti negli inquiry-lab, coinvolgeranno gli insegnanti in alcuni pomeriggi di lavoro in gruppo, durante i quali sono previste attività di drammatizzazione e di esercitazione pensate per costruire le competenze appropriate.

Il progetto che coinvolge gli insegnanti che vogliono avvicinarsi all'*inquiry* dedica la stessa attenzione a sviluppare la capacità degli studenti nel porsi domande e allo sviluppo della componente affettiva legata all'apprendimento.

Gli Inquiry lab, dovrebbero migliorare la consapevolezza degli insegnanti su ciò che stanno facendo. In questo caso si ha bisogno di trasformare in opportunità l'eventuale mancanza di preparazione disciplinare (reale o apparente che sia). Negli Inquiry lab, gli insegnanti dovrebbero essere fortemente e attivamente coinvolti in attività in cui non siano sicuri di loro stessi: in questo modo l'Inquiry lab potrà essere efficace per via del fatto che gli insegnanti potrebbero essere motivati a intraprendere anche strade non conosciute prima di quel momento e quindi essere "nuovi" come spesso lo sono gli studenti.

A questo punto un problema fondamentale si pone: costruire nuova conoscenza è possibile solo se si ha una base di conoscenza dalla quale partire per lavorare. Ma contemporaneamente, perché la richiesta non sia banale, deve riferirsi a una conoscenza non ancora completamente posseduta e perciò il docente che utilizza l'IBSE deve lasciare spazio per interpretazioni e proposte anche diverse da quelle che si aspetta.

Inoltre, l'aspetto affettivo dell'apprendimento deve essere favorito, essendo uno dei più forti per la motivazione degli studenti. Gli inquiry lab proposti da TEMI, sono strettamente ancorati al senso di mistero e questo dovrebbe creare un forte impulso verso l'esplorazione e la scoperta. Prima di ogni attività IBSE è necessario che venga percepito un senso di mistero, infatti se un pezzetto di conoscenza scientifica non viene percepita come la risposta al mistero, allora l'acquisizione di tale pezzetto di conoscenza sarà vista come un'attività meccanica, non culturale.

Il coinvolgimento emotivo, necessario affinché il metodo IBSE possa essere praticato con risultati positivi, può essere stimolato attraverso il senso del mistero e anche attraverso altri strumenti come il teatro scientifico [Carpineti et al., 2011]. Infatti, l'Università degli Studi di Milano ha avuto molti riscontri sull'efficacia del teatro scientifico come primo passo per generare motivazione negli studenti e nel consentire una successiva predisposizione all'affrontare i misteri nella scienza.

## **I diversi livelli di IBSE e l'IBSE in TEMI**

Di seguito si riportano alcune delle differenti interpretazioni del metodo basato sull'inquiry, in modo tale che il lettore possa farsi un'idea personale che sia però vicina a quelle più comunemente utilizzate dalla ricerca in didattica.

- L'inquiry consente agli studenti di realizzare le proprie indagini in modo più indipendente (anche se questo non garantisce che gli studenti raggiungano determinati risultati)
- L'inquiry consente agli studenti di imparare qualcosa sulla natura della scienza (anche se questo è solo uno degli aspetti di ciò che si deve imparare delle scienze)
- L'inquiry è un modo alternativo di insegnare che usa l'apprendimento attraverso la scoperta (per qualche tipo di scoperta va bene, ma la ricerca indica anche che l'apprendimento è inefficace, se la guida dell'insegnante è troppo ridotta)

Affinché il progetto TEMI possa generare un cambiamento deve riuscire a contemperare la visione del problema dell'educazione scientifica per come la ricerca in didattica suggerisce, con la possibilità di realizzazione di tale visione nel concreto della pratica scolastica. Per questa ragione una produttiva definizione di inquiry, che qui proponiamo, è: *insegnamento che mira esattamente a un particolare insieme di competenze degli studenti.*

Questo particolare insieme di competenze degli studenti è stato chiaramente descritto dall'US National Research Council 2000 [Rocard Report, 2007] e viene riassunto nei cinque punti riportati qui di seguito:

1. Lo studente è coinvolto da interrogativi di tipo scientifico
2. Lo studente deve dare priorità alla dimostrazione, nel rispondere alle domande
3. Lo studente deve formulare spiegazioni a partire dalle prove che fornisce
4. Lo studente collega le spiegazioni fornite alla conoscenza scientifica (comunemente accettata)
5. Lo studente comunica e giustifica le sue spiegazioni agli altri

L'insegnamento IBSE non è una questione "tutto o niente" e può essere interpretata a livelli diversi, in una sorta di gerarchia di livelli, come quelli riportati nella tabella di seguito (Tayfora et al., 1980).

<b>Livello di inquiry</b>	<b>Chi pone il problema</b>	<b>Chi dà la procedura</b>	<b>Chi dà la soluzione</b>
Liv. 3: open inquiry	Studente	Studente	Studente
Liv. 2: guided inquiry	Insegnante	Studente	Studente
Liv. 1: structured inquiry	Insegnante	Insegnante	Studente
Liv. 0	Insegnante	Insegnante	Insegnante

Da un confronto tra i vari partner europei del progetto collegati con il mondo della scuola e gli esperti nella ricerca in didattica si è arrivati alla conclusione di reputare il livello 2 di inquiry quello che può essere realisticamente implementato nelle scuole da parte degli insegnanti che partecipano al progetto.

Il livello 2 è infatti il più pragmatico: esso consente agli insegnanti di ritenere sufficientemente poco rischioso provare ad applicare il metodo e contemporaneamente osservare dei risultati [Blanchard, 2010]. Questo livello, in più, consente agli studenti un alto livello di autonomia così da sperimentare il piacere della scoperta (Feynman).

E' stato definito un certo numero di criteri chiave per il successo nell'applicazione di un metodo inquiry [Supovitz, 2000]. Per riuscire nell'obiettivo, l'attività per gli insegnanti dovrebbe essere fondata sui seguenti principi:

- Deve essere intensiva e sostenuta, per almeno 12 giorni in un anno (principio 1);
- Dovrebbe essere formulata come un inquiry per insegnanti (principio 2);

- Dovrebbe essere focalizzata nel monitoraggio e nel miglioramento dei risultati degli studenti (principio 3);
- Il programma deve coinvolgere gli insegnanti in situazioni di insegnamento concrete, focalizzando sulla conoscenza di un particolare soggetto che sia rilevante nel contesto considerato (principio 4);
- Il programma deve poter connettere gli insegnanti che partecipano al progetto (principio 5).

Descriviamo brevemente ciascuno dei precedenti principi.

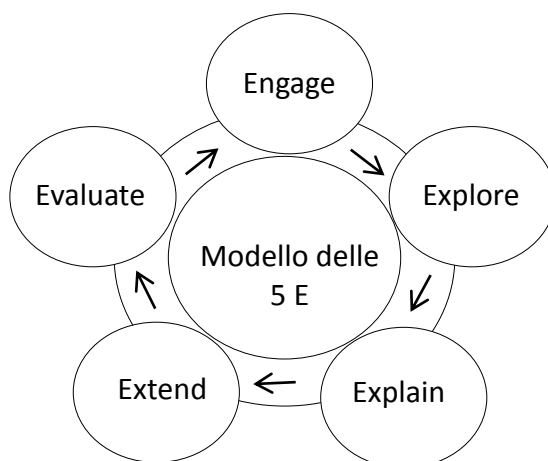
### ***Principio 1 – Training intensivo***

Gli insegnanti che partecipano al progetto devono rimanere nel progetto stesso per almeno un anno, in modo tale da poter afferrare bene il nuovo metodo. L'aspetto intensivo del progetto è legato al fatto che gli insegnanti partecipanti dovranno regolarmente prendere parte a momenti di confronto e svolgere in classe delle ore di attività con il nuovo metodo al fine di consolidare il suo apprendimento.

### ***Principio 2 – Inquiry per insegnanti***

La proposta di inquiry per insegnanti nasce da un modello proposto da Thomas Guskey nel 1986 [Guskey, 1986]. Guskey suggerisce l'idea che la comprensione del metodo inquiry da parte dell'insegnante sia una conseguenza dell'applicazione del metodo stesso in classe e dell'ottenimento di risultati.

Il modello proposto da Guskey è essenzialmente un ciclo di apprendimento esperienziale composto da domande, esperimenti e riflessioni sui risultati ottenuti dagli esperimenti. Tale modello prende il nome di modello delle 5E [Bybee, 1989] e quindi divide l'inquiry in cinque grandi fasi, come mostrato nella seguente figura:



La caratteristica più importante della proposta è il fatto che l'esperienza concreta (explore) precede la fase della spiegazione (explain) che è quella normalmente svolta attraverso la descrizione attraverso formule, cioè quella in cui i concetti sono formalizzati in un linguaggio matematico. Un esempio di queste cinque fasi si può trovare al sito:.....

Adottare questo tipo di approccio, cioè svolgere le attività con il metodo delle 5E consente di ottenere un ulteriore beneficio: le cinque fasi che vengono usate per l'inquiry dell'insegnante sono le stesse che l'insegnante dovrebbe usare in classe con i propri studenti. Fare in prima persona l'esperienza del metodo IBSE consente agli insegnanti una più profonda comprensione del cambiamento che potrebbe essere creato all'interno della loro classe.

### ***Principio 3 – Risultati degli studenti***

Esperti di questo metodo ritengono che il principio chiave per creare un cambiamento in classe sia quello di mostrare che il nuovo metodo migliora l'apprendimento degli studenti. Ma quali sono i risultati che si cercano? A seconda del livello dell'inquiry i risultati saranno diversi, riportiamo qui quelli relativi all'inquiry di livello 2 [Bodzin, 2003], essendo quello ritenuto più adatto alla scuola superiore.

- Lo studente sa fare una selezione tra le domande che vengono poste e sa porre lui stesso nuove domande;
- Lo studente può essere guidato a raccogliere alcuni dati;
- Lo studente può essere guidato nel processo di formulazione di spiegazioni delle evidenze sperimentali;
- Lo studente può essere indirizzato verso determinate aree di conoscenza scientifica;
- Lo studente deve essere allenato nello sviluppo della comunicazione.

### ***Principio 4 – Compiti concreti di insegnamento***

Il programma previsto per trasmettere agli insegnanti il metodo inquiry riconosce la necessità di rendere operativa la nuova pedagogia introdotta attraverso lo svolgimento di reali lezioni in classe. Per evitare che un insegnante che decide di partecipare al progetto si senta oppresso dal dover escogitare un possibile approccio in classe basato sull'inquiry, prima di essere diventato competente in questo metodo, è possibile usare del materiale già esistente in cui sono trattati: linee guida sui contenuti, compiti per gli studenti, considerazioni pedagogiche. In questo modo l'insegnante può mettere a fuoco più facilmente il suo nuovo ruolo e implementarlo.

La struttura di ogni inquiry seguirà il ciclo delle 5E e la creatività del gruppo che elabora la proposta dovrà riuscire a proporre la problematica da trattare in modo che venga fatto percepire il senso di mistero. Il fatto di rispondere alla domanda suggerita dal mistero da risolvere dovrebbe generare automaticamente la disposizione negli studenti a recuperare conoscenze e competenze o a costruirle con diverse pratiche: attività hands-on o minds-on, lavoro in gruppo, attività interdisciplinari, ecc [European Commission, 2007].

### ***Principio 5 – Connessioni e contesto***

Una community online conetterà tra loro gli insegnanti partecipanti al progetto, mettendo a disposizione del materiale e cercando di conettere in ogni scuola insegnanti di matematica e di scienze.

E' molto importante che le scuole siano positive nei confronti di questo progetto e lo supportino, in particolare per quanto riguarda la dirigenza e il dipartimento di riferimento.

## **Bibliografia**

- Barron, L., Finlayson, O. and McLoughlin, E. (2012) "The views of preservice and inservice teachers on IBSE", accepted for Establish/SMEC 2012:Teaching at the heart of learning, June.
- Blanchard, M.R., Southerland S.A., Osborne J.W., et al. (2010) "Is enquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided enquiry and verification laboratory instruction", *Science education*. Vol. 94, Issue 4, Pag.577-616, July.
- Bodzin A., Beerer K. (2003) "Promoting enquiry-based science instruction (STIR). *Journal of elementary science*. Vol. 15, Number 2, Pag. 39-49.
- Brown P.L., Abell S.K., Demir A., Schmidt F.J. (2006) "College science Teachers' views of classroom inquiry. *Science education*. Wiley Online Library.
- Bybee R.W. et al. (1989) "Science and technology education for the elementary years: frameworks for curriculum and instruction". The National Center for Improving Instruction.
- Carpineti M., Cavinato M., Giliberti M. et al. (2011) "Theatre to motivate the study of physics". *Jcom* 10(01). A01.
- Cassidy A. et al. (2013) "Learning 'to do' and learnin 'about' inquiry at the same time: different outcomes in valuing the importance of various intellectual tasks in planning, enacting, and evaluating an inquiry curriculum". *Instr.Sci.* 41, Pag. 521-537.
- Chinn C.A., Malhotra B.A. (2002) "Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating Inquiry tasks". *Science education*. Vol. 86, Issue 2, Pag.175-218, March.
- Driver R. (1985) "The pupil as scientist?". Open University Press.
- Driver R. (1985) "Children ideas in science". Open University Press.
- Guisasola J. (2013) "University students understanding of physics and challenges for its teaching". Invited contribution at SIF Congress, Trieste 2013.
- Guskey T. (1986) "Staff development and the process of teacher change. *Educational researcher*. 15(5), Pag.5-12.
- Hofstein A. et al. (2013) "How to learn in and from the chemistry laboratory". In I. Eilks & A. Hofstein (eds.), *Teaching chemistry – A studybook* (pag.153-182). Rotterdam.
- Hofstein A. et al. (2005) "Developing students ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories". *Journal of research in science teaching*. 42, Pag.791-806.
- Hye-Gyoung Y. et al. (2012) "The challenges of science inquiry teaching for pre-service teachers in elementary classrooms: difficulties on and under the scene". *Res. Sci.Educ.* 42, Pag.589-608.
- Mc Dermott L.C. et al. (2000) "Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Phys. Ed.*, 35, Pag. 411-416.
- Meyer D.Z. et al. (2013) "A theoretical and empirical exploration if intrinsic problems in designing inquiry activities". *L. M. Res. Sci. Educ.*, 43, Pag. 57-76.
- National Science Education Standards (1996). ISBN: 0-309-54985-X,  
<http://www.wellcome.ac.uk/Aboutus/Publications/Reports/Education/Perspectives/index.htm>



Rocard Report: European Commission (2007) "Science education NOW: a renewed pedagogy for the future of Europe Luxembourg: Office of Official Publications in the European Commission"

Supovitz J.A., Turner H.M. (2000) "The effects of professional development on science teaching practices and classroom culture". *Journal of research in science teaching*. 37(9), Pag. 963-980.

Wenning C.J.J. (2005) "Whiteboarding and socratic dialogues: questions and answers". *Phys.Tchr.Educ.Online*. 3(1), September.

Wenning C.J.J. (2006) "Whiteboarding and socratic dialogues: suggestions for science teachers". *Phys.Tchr.Educ.Online*. 4(1), Autumn.

Wenning C.J.J. (2008) "Dealing more effectively with alternative conceptions in science". *Phys.Tchr.Educ.Online*. 5(1), Summer.

Wenning C.J.J. (2011) "Experimental inquiry in introductory physics courses". *Phys.Tchr.Educ.Online*. 6(2), Summer.

Windschitl M. (2002) "Projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice?". *Wiley Periodicals, Inc. Sci Ed*. 87, Pag.112-143; published online in *Wiley InterScience* ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)). DOI 10.1002/sce.10044 – SCIENCE TEACHER EDUCATION – Deborah Trumbull, Section Editor.