

*Insegnare fisica - ricetta cognitivista*

Viene presentata una proposta cognitivista di insegnamento della fisica, per adeguare la didattica alle sfide culturali di oggi. Il presente approccio si basa sul percorso per arrivare a determinate nozioni, piuttosto che sui teoremi finali. Gli esempi realizzati nella pratica educativa riguardano l'elettrostatica, l'elettromagnetismo e la meccanica. Come mostra l'esperienza diretta, gli stessi esperimenti di fisica possono essere utilizzati sia per bambini della scuola elementare che nell'insegnamento per studenti universitari, ovviamente con diversi formalismi di spiegazione. L'andare oltre il costruttivismo l'abbiamo chiamato *hyper-costruttivismo* ed il ritorno agli oggetti palpabili neo-realismo. Lo sviluppo di queste metodologie porta anche a una forma di libri di testo. Test di efficienza didattica mostrano un significativo miglioramento in diversi ambienti educativi.

1. *L'urgenza di nuovi approcci didattici*

La scuola italiana, in particolare il liceo, continua a presentarsi come un importante punto di riferimento culturale nel panorama europeo. Essa si basa su una lunga tradizione di pedagogia, con particolare attenzione alla scuola primaria e scuola d'infanzia, dove i modelli italiani furono importati in molti paesi del mondo, nominando solo il metodo Montessori. Va apprezzata anche la dimensione filosofica e culturale della pedagogia italiana. Citando il contributo di G. Gentile alla didattica, Piero

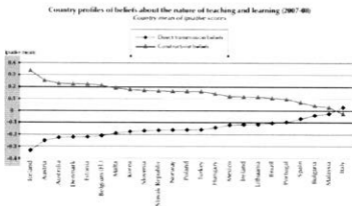


Fig. 1. Dichiarazioni di approcci didattici di insegnanti delle scuole medie costruttivisti e tradizionali, secondo lo studio dell'OCSE. Source: TALIS (2009)

Crispiani<sup>1</sup> sottolinea le valenze etiche ed estetiche connesse al processi di elevazione spirituale, di ingentilimento, di crescita globale della persona.

Purtroppo, le idee relativamente recenti di cognitivismo trovano difficoltà a livello della scuola media e superiore italiana. Negli studi comparativi dell'OCSE gli insegnanti italiani dichiarano di preferire uno stile d'insegnamento tradizionale, cioè di trasmissione del sapere, piuttosto che l'approccio costruttivista<sup>2</sup>.

Anche la realtà educativa polacca, nonostante le dichiarazioni costruttiviste di insegnanti, rimane molto tradizionale. Il balzo della scuola polacca nei test PISA, come mostrano gli stessi esperti polacchi dell'OCSE, è molto di più legato alla preparazione specifica per i test che al reale aumento della competenza scolastica; anzi, la competenza al di fuori dell'età controllata da PISA è peggiorato<sup>3</sup>. Gli istituti scolastici in Polonia sono sotto

<sup>1</sup> Piero Crispiani, *Didattica cognitivista*, Roma, Armando, 2004, p. 127.

<sup>2</sup> TALIS 2009, *Creating Effective Teaching and Learning Environments, First Results from TALIS*, Teaching and Learning International Survey, OECD 2009, <<http://www.oecd.org/dataoecd/17/51/43023606.pdf>>, settembre 2015.

<sup>3</sup> Maciej Jakubowski, Harry Antony Patrinos, Emilio Ernesto Porta, Jerzy Wisniewski, *The Impact of the 1999 Educational Reform in Poland*, OECD Working

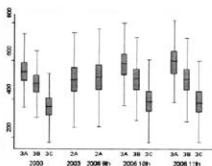


Fig. 2. I risultati di test OCSE "PISA" in Polonia nelle scuole medie mostrano una crescita di livello di 15enni ma il peggioramento dei risultati dei 17enni. Source: Jakubowski (2010)

una costante valutazione, vedasi fig. 3. La scuola polacca rimane anche una delle più centralizzate tra diversi paesi dell'OCSE<sup>4</sup>.

La recente riforma scolastica in Polonia (1997-2007), che ha introdotto la scuola media di tre anni e ridotto il liceo a soli tre anni, accompagnata dall'abbassamento del livello didattico degli atenei, contribuisce a un generale, nell'opinione persino di autori della riforma, disagio nazionale non solo educativo ma anche culturale. Servono nuove ricette educative – di contenuti e non di forme organizzative.

## 2. Neo-realismo e iper-costruttivismo

Il costruttivismo fu concepito negli USA nella seconda metà del secolo scorso come risposta alle sfide educative (e tecnologiche) della società di allora (e al di là). La proposta cognitivista è nata nell'ambito interdisciplinare di filosofi, psicologi, storici dell'arte<sup>5</sup>. Solo verso la fine del secolo il costruttivismo fu

Paper Np. 49, -OECD Directorate for Education-, EDU/WKP, 12, 2010, <[www.oecd.org/pisa/pisaproducts/45721631](http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/45721631)>, settembre 2015; oppure, <[https://www.google.it/gws\\_rd=ssl#q=%3Cwww.oecd.org%2Fpisa%2Fpisaproducts%2F45721631%3E](https://www.google.it/gws_rd=ssl#q=%3Cwww.oecd.org%2Fpisa%2Fpisaproducts%2F45721631%3E)>, settembre 2015.

<sup>4</sup> *Ibid.*

<sup>5</sup> Jerome Bruner, *Acts of meaning*, Cambridge, Harvard University Press, 1990.

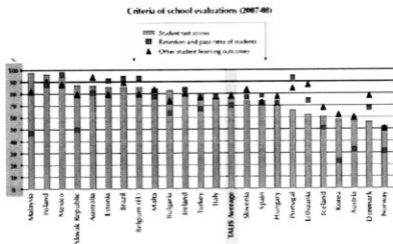


Fig. 3. Stima del decentralismo del sistema educativo - i criteri della valutazione della scuola: le colonne danno i voti degli studenti; i quadrati, il numero di ripetenti; triangoli, altri criteri (come le olimpiadi scientifiche). Si noti la posizione della Polonia vicino alla Malesia. Source: TALIS (2009)

proposto per essere applicato non solo per le scuole di *élite*, ma per tutti i livelli d'insegnamento<sup>6</sup>. Analogamente, nell'Unione Europea, *inquiry-based teaching* diventa negli ultimi anni la parola chiave per tutti i progetti educativi.

Il cognitivismo ha spostato il centro di gravità del processo d'insegnamento dal puro contenuto (per es. teoremi di Euclide) al percorso conoscitivo che porta – nello sviluppo storico e nel ragionamento personale – alla formulazione *ex novo*, per ogni alunno individualmente, della strada d'arrivo ai contenuti. In altre parole – non dare il punto finale ma le procedure per procedere, partendo dalle nozioni iniziali. Nella Didattica cognitiva Piero Crispiani (seguendo J. Piaget) definisce l'apprendimento come il processo attraverso il quale il soggetto combina le infor-

<sup>6</sup> Shelley Goldman, *Researching the Thinking-Centered Classroom, Thinking practices in mathematics and science learning*, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

mazioni acquisite come le strutture cognitive già possedute in una condizione di equilibrio dinamico<sup>7</sup>.

La fisica, tuttora, rimane una scienza più assiomatica che induttiva. Nonostante le sue radici sperimentali, le opere di Galileo hanno una forma di dialoghi filosofici. Da Cartesio a Newton furono trasmessi i tre principi della meccanica, quasi da imparare a memoria. Rigido rimane sia il formalismo matematico che il linguaggio di interpretazione. Un significativo calo di iscrizioni alle facoltà di fisica (50% in Inghilterra, USA, Francia, Olanda) negli anni '90 è solo parzialmente da attribuire a un declino del ruolo tecnologico (ed economico) della fisica. Anche un modo arcaico di insegnare questa materia contribuisce a un sensibile disinteresse degli alunni. Servono azioni mirate.

## 2.1 Didattica interattiva

In Polonia, il sistema scolastico efficace, ma poco pluralista prima della riforma ed il sistema pluralista ma dopo il 1999 efficiente solo nei test PISA, hanno scaturito una serie di azioni per colmare le lacune della scuola. Già verso fine degli anni 1990, nel pieno dell'euforia per la riforma, che ha liberato i programmi scolastici ma indotto un caos di case editrici neo-nate con l'unico scopo di assicurarsi una fetta del mercato, abbiamo introdotto la didattica interattiva della fisica in Polonia<sup>8</sup>. Inizialmente furono organizzate semplici mostre di giocattoli fisici<sup>9</sup>, poi mostre più articolate, come Fiat Lux sull'ottica<sup>10</sup>, in fine negli anni 2009-2011 sono stati aperti diversi musei della scienza regionali

<sup>7</sup> Crispiani, *Didattica cognitivista*, cit., p. 33.

<sup>8</sup> Grzegorz Karwasz, Tomasz Wróblewski, Vittorio Zanetti, *Toys in Physics*, Istituto Nazionale per la Fisica della Materia, National Congress on Physics of Matter, Genova, 16.12.06, 2000, Abstracts p. 326; Grzegorz Karwasz, *Does the world turn right? Physics and Toys*, 2000, XXXV Congress of Polish Physical Society, 20.09.1999 Białystok, «Postępy Fizyki», 51, 2000, p. 97.

<sup>9</sup> Grzegorz Karwasz et al., *Physics and Toys*, CD ROM, Pomeranian Pedagogical Academy, Slupsk, 2004, <<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/>>, settembre 2015.

<sup>10</sup> Grzegorz Karwasz, «Fiat Lux!» – *playing with light*, (in Polish) *Postępy Fizyki*, 4, 2010, p. 154, <[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje\\_2010/Fiat\\_Lux\\_PF\\_2010.pdf](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2010/Fiat_Lux_PF_2010.pdf)>, settembre 2015.

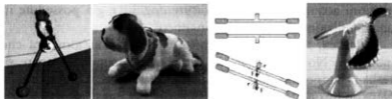


Fig. 4. Collezione di oggetti interattivi Fisica e giocattoli. Concetto di equilibrio statico: a) masse puntiformi; b) masse distribuite; c) spiegazione; d) equilibrio in tre dimensioni (Oggetti e foto GK)

(Hewelianum a Danzica) e nazionali (Kopernik a Varsavia)<sup>11</sup>. Le iniziative hanno ottenuto un successo, a dir poco, strepitoso. La Fisica dei giocattoli fu ripetuta in infinite edizioni, nazionali e presso piccole scuole e ha portato ad un progetto europeo *Physics is Fun*<sup>12</sup>. Il centro nazionale Kopernik ha avuto un milione di visitatori già nel primo anno di funzionamento.

Sia la semplice Fisica dei giocattoli sia i centri nazionali della scienza si basano su degli oggetti interattivi che illustrano un fenomeno. Gli oggetti suscitano l'interesse, ma esso rimane spesso solo a livello di una pura fenomenologia. La funzione dell'oggetto può essere ampliata – verso lo stimolo dell'immaginazione dello studente. Singoli oggetti vengono raggruppati secondo un filo conduttore: lo scopo non è più un singolo esperimento ma il complesso fenomeno, oppure una legge della fisica. Un esempio della collezione che illustra il concetto di equilibrio statico è mostrata sulla fig. 4.

<sup>11</sup> Grzegorz Karwaz, Jolanta Kruk, *Idee e implementazioni della didattica interattiva. Musei e centri di scienza*, Toruń, Edizioni Scientifiche Università Nicolao Copernico, 2012.

<sup>12</sup> Grzegorz Karwaz et. al., *Physics is Fun*, European "Science and Society" 2005, Project S&S 020772, <[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics\\_is\\_fun/](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/)>, settembre 2015.

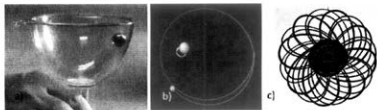


Fig. 5. Neo-realismo – una serie di oggetti multimediali serve a spiegare le orbite aperte di pianeti nella teoria di Einstein: a) osserviamo orbite aperte in un imbuto di forma diversa dalla curva iperbolica; b) anche il modello computerizzato dà orbite aperte, appena il potenziale diverge da  $1/r$ ; c) per assodare ulteriormente l'impressione – un artefatto etnografico in vimini (Idea, collezione GK)

## 2.2 Neo-realismo

Come fu rilevato in una serie di studi sia in Polonia<sup>13</sup> che in Italia<sup>14</sup> la didattica interattiva in se stessa non porta ad un significativo miglioramento del profitto scolastico. Le lezioni suscitano un certo interesse, ma le interpretazioni di fenomeni rimane spesso superficiale. Serve arricchire un singolo oggetto con altre interpretazioni – passare alla didattica multimediale<sup>15</sup>, spingere l'immaginazione a nuove frontiere. Un esempio presentiamo in fig. 5, dove per illustrare il concetto di orbite chiuse (ellittiche) del campo gravitazionale newtoniano facciamo vedere un pallina sulle orbite aperte in un imbuto non-gravitazionale, una simulazione di campo non-newtoniano e una decorazione in vimini proveniente dalla Bielorussia.

Nel neo-realismo, qualsiasi oggetto può essere utilizzato per spiegare idee molto diverse: non è la disponibilità di un

<sup>13</sup> Anna Kamińska, *Exhibitions and interactive artifacts in didactics of physics – concepts, implementations and their virtual forms*, Toruń, University Nicolaus Copernicus, 2009.

<sup>14</sup> Rosanna Viola, *Innovazione didattica nella Scuola Secondaria: una proposta curricolare sulla super-conduttività*, Tesi di dottorato di ricerca, Università degli Studi di Udine, <[http://www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/materiali/pdf/proposte\\_didattiche.pdf](http://www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/materiali/pdf/proposte_didattiche.pdf)>, settembre 2015.

<sup>15</sup> Kamińska, *Exhibitions and interactive artifacts in didactics of physics – concepts, implementations and their virtual forms*, cit.

esperimento preparato ma l'improvvisazione con un oggetto casuale, per ottenere lo stesso scopo cognitivo. Il neo-realismo usa molteplici rappresentazioni dello stesso fenomeno, spingendosi ai limiti dell'immaginazione. Come esempio nella fig. 6 presentiamo tre tentativi di illustrare le particelle elementari, i cosiddetti *quark*, che compaiono in tre colori, hanno masse diverse, e sono di natura ancora misteriosa per noi. Tre *quark* costituiscono un protone e neutrone, ma non sono estraibili da essi (fig. 6a). Tre elettroni ( $e$ ,  $\mu$ ,  $\tau$ ) non sono divisibili, e le loro masse scalano come 1:208:1945, cioè come i dischi di rame in fig. 6b, dove il primo, corrispondente a un elettrone normale, di massa appena  $9.1 \times 10^{-31}$  kg chiamato anche *lepton* (in greco – leggero) è presentato come un euro-cent, greco, con la scritta ΛΕΙΤΤΟ dietro.

Diceva Einstein, «tutto bisogna spiegare il più semplicemente possibile, ma non più semplicemente». Noi cambiamo questa massima: tutto ciò che si può visualizzare bisogna visualizzare, ed anche quello che non si può visualizzare bisogna visualizzare. Il protone e neutrone possono essere dei cubi di 8,4 kg (in corrispondenza alla massa del *lepton* greco), come dei pappagalli Brasiliani in balsa, trovati all'aeroporto di Sao Paolo, in un negozio chiamato Barion, cioè una particella nucleare, fig. 6c. In realtà, anche la Terra vista dal lontano cosmo sembra una pallina senza struttura.

### 2.3 Iper-costruttivismo

Il costruttivismo, e ancora di più il cognitivismo ha preparato i concetti per la rivoluzione informatica – non tanto come costruire un computer, ma come strutturare l'informazione dentro le basi di dati, come Google. Una vertiginosa inflazione di messaggi a disposizione di studenti e la costante evoluzione di mezzi tecnici rendono difficile la selezione d'informazione. Come mostra l'esperienza di centri scientifici, neanche l'accumulo di oggetti sperimentali non contribuisce alla crescita dell'efficienza didattica. Allora, il ruolo di insegnante diventa ancora più importante nell'organizzare le nozioni – osservazioni-informazioni sparse di cui dispongo gli studenti. Parafrasi-



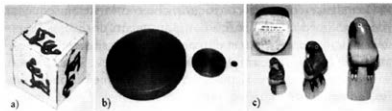


Fig. 6. Neo-realismo: tutto che si può visualizzare bisogna visualizzarlo e anche quello che non si può, bisogna visualizzare. a) un *quark up* (coda in su) e due *quark down*, in tre colori supplementari, costituiscono un neutrone; b) se a un elettrone corrisponde un eurocent greco, lepto, due elettroni più pesanti visualizziamo come due dischi di rame più grandi, in relazione alla loro massa; c) tre barioni, cioè particelle nucleari, come in fig. 6a ma in una immaginazione diversa (idea, oggetti, foto GK)

sando – gli studenti portano i mattoni, l'insegnante elabora il progetto della costruzione.

Come scrive Beltrán, lo studente elabora i suoi costrutti, forme personali di vedere il mondo, e per questo ha bisogno di avere la configurazione di chiavi, forme di percepire la realtà in modo sistematico. L'elaborazione dei processi di apprendimento è molto limitata quando si lascia al sorgere spontaneo; "il naturale" non è sufficiente né in concetti né in metodi<sup>16</sup>. Serve la guida di un esperto che sa, quali delle strade portano alla struttura scientificamente corretta.

A differenza del concetto tradizionale di costruttivismo, che sottolinea la costruzione individuale nella mente del bambino (J. Piaget) oppure la costruzione sociale della scienza, l'iper-costruttivismo si basa sul ruolo chiave dell'insegnante: e lui-lei a guidare, con delle domande passo-per-passo e con esperimenti risolutivi, il ragionamento di studenti. Sia esperimenti preparati-improvvisati sia le nozioni individuali ripescate dal insegnante al interno di un gruppo consideriamo come i parametri iniziali per costruire un percorso cognitivo. L'insegnante guida il percorso, ponendo agli allievi in ogni nodo cognitivo delle risposte adeguate, quasi categoriche: sì o no?

<sup>16</sup> José Maria Martínez Beltrán, *Attivare il potenziale di apprendimento*, Trento, Erickson, 2007, p. 12.

La matrice cognitiva ci assicura, che con la stessa sequenza di domande ed esperimenti, i comportamenti di diversi gruppi porteranno sempre alla meta predefinita dall'insegnante. Ovviamente, il bagaglio culturale dell'insegnante deve essere vasto, per trovare sempre una risposta positiva (non vuol dire affermativa) ad ogni dubbio nato al interno della platea. Piero Crispiani riporta alcune delle parole di G. Gentile: tanto più elevata è la conoscenza di ciò che si insegna, tanto maggiori sono le possibilità di suscitare interesse e passione per ciò che viene trasmesso e quindi appreso<sup>17</sup>.

I principi didattici dell'iper-costruttivismo seguono quelli della didattica tradizionale. La prima fase è la preparazione: i) definire l'obiettivo conoscitivo, ii) dividere il percorso in passi elementari, iii) trovare oggetti-multimedia-argomentazioni adeguate. Nello svolgimento della lezione propria la condizione iniziale è instaurare un contatto con gli studenti: chi siete, che strumento suoni, che cosa è più interessante nella tua città? Oppure, apparentemente banale come va? Come sono andati i compiti? Serve non solo a sciogliere il ghiaccio, ad auto-avviarsi alla performance ma anche ad individuare la base culturale degli interlocutori.

Lo svolgimento, passo per passo, segue ciclicamente: i) un aggancio concettuale attraverso un esperimento opportuno in un determinato momento, ii) una domanda, iii) raccogliere delle domande una dopo l'altra, senza criticarle, sino alla risposta soddisfacente per il determinato passo cognitivo. Segue un riassunto, spiegazione – possibilmente con altri esperimenti perché le altre risposte sono sbagliate, la riaffermazione di un teorema appena scoperto, e poi l'individuare l'obiettivo del prossimo passo verso la meta cognitiva predefinita.

### 3. Implementazioni

Le idee del neo-realismo e iper-costruttivismo furono sviluppate gradualmente attraverso forme diverse: più oggetti ↔ più narrazione costruttiva. In sequenza ci furono; i) "Fisica e giocat-

<sup>17</sup> Crispiani, *Didattica cognitivista*, cit., p. 127.

toli”, ii) altre mostre interattive, iii) collezioni di esperimenti per scuole superiori (Progetto EU “MOSEM”<sup>18</sup>, iv) lezioni interattive per scuole medie, v) lezioni interattive extrascolastiche (UniKids) per ragazzi 6-11 anni, v) dei workshop per UniKids. Ogni forma ha diversi contenuti fisici e pedagogici.

### 3.1 Fisica e giocattoli

La prima versione virtuale di Fisica e giocattoli<sup>19</sup> descriveva il numero più elevato di oggetti, più dettagli, ma la costruzione cognitiva era un po' casuale. La versione nuova<sup>20</sup>, internazionale, comprende gli oggetti raggruppati in serie di quattro, per ogni argomento fisico discusso, partendo sempre dal racconto più semplice, e introducendo le nozioni matematiche gradualmente. Ogni descrizione è standardizzata in sei frasi: due introduttive, che servono per definire l'argomento, senza parole nuove. Due seguenti, scritte in blu, con 1 bit e mezzo di nozioni nuove, come centro di massa, vedasi fig. 8. Due frasi finali, per allentare la tensione conoscitiva nelle frasi precedenti – far ridere, oppure indirizzare su passi successivi del percorso. Solo sulla seconda schermata, cliccata con una richiesta specifica – dettagli fisici e matematici.

Fisica e giocattoli hanno ottenuto un grande successo in Polonia – gli oggetti si trovano presso numerose scuole ed università. Il successo fu possibile sia grazie alle numerose mostre interattive che grazie al rendere libero l'accesso via internet alle due versioni del Cd-Rom.

<sup>18</sup> Andrzej Karbowski, Marisa Michelini, Lorenzo Santi, Wim Peteers, Josef Trna, Vegard Engström, Grzegorz Karwasz, *MOSEM – Teaching Electromagnetism via Minds-on Experiments*, GIREP (International Research Group on Physics Teaching) 2008 International Conference, MPTL 13th Workshop, “Physics Curriculum Design, Development and Validation”, 18-22 August 2008, Nicosia, Cyprus, Program and Book of Abstracts, University of Cyprus, 2008, p. 52, <[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje\\_2008/16.pdf](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2008/16.pdf)> settembre 2015.

<sup>19</sup> Grzegorz Karwasz et al., *Physics and Toys*, CD ROM, Pomeranian Pedagogical Academy, Słupsk, 2004, <<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/>>, settembre 2015.

<sup>20</sup> Grzegorz Karwasz et al., *Physics and Toys*, CD-ROM, Soliton – Musics and Education, Sopot, 2005, <<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/>>, settembre 2015; Kamińska, *Exhibitions and interactive artifacts in didactics of physics – concepts, implementations and their virtual forms*, Toruń, University Nicolaus Copernicus, 2000.



Fig. 7. Iper-costruttivismo e neo-realismo in azione. a) Una (improvvisata) lezione iper-costruttivista con un gruppo di studenti (IV classe di Liceo Magistrale) sulla meccanica nel centro della scienza a Danzica – la cicloide come la curva di tempo minimo della discesa; b) una lezione interattiva sui fenomeni di elettrostatica per insegnanti (Università di Milano); c) “Perché oggetti cadono?” – Scuola Secondaria di I° Grado a Civitanova Marche (Idee e realizzazioni GK)

### 3.2 *Lezioni UniKids: Perché gli oggetti cadono?*

Il primo esempio del percorso cognitivista riguarda la meccanica. Il punto di partenza per la costruzione del percorso didattico è l'individuare un nodo cognitivo. Questo nodo costituisce la difficoltà di proseguire con il ragionamento – un punto troppo difficile, spiegato male oppure spiegato in modo superficiale. Nel caso della caduta di oggetti (gravi) la domanda è:

«Perché gli oggetti cadono?»

La risposta immediata è: «Perché agisce la gravità».

«E che cosa è la gravitazione?»

«L'attrazione terrestre».

«E cosa è l'attrazione terrestre?»

«La gravità».

Così, in tre mosse abbiamo finito con una tautologia, non spiegando niente. Una spiegazione alternativa sarebbe quella di Aristotele: oggetti cadono perché sono pesanti e il luogo naturale di oggetti pesanti è il centro della Terra. In un primo passo cognitivo dobbiamo convincere i ragazzi su questa ipotesi. Togliamo la giacca (bisogna evitare il rimbalzo della pallina) e la appoggiamo sul tavolo: la pallina cade sulla giacca e si ferma. Spostiamo la giacca in una posizione più bassa, sulla sedia – la pallina si ferma. La spiegazione sembra funzionare. Non tutta la platea è ancora convinta, allora passiamo, in una dialettica,

**Cagnolino ballerino**

Vi siete mai chiesti come funziona un'altalena? Sembra in equilibrio, ma basta che un bambino la sbilanci e cade da una parte.

L'altalena è un cagnolino ballerino rovesciato: il baricentro è sopra il punto d'appoggio. Un piccolo sfilacciamento da un lato e il baricentro si troverà fuori dal punto d'appoggio: l'altalena s'incrina.

Il cagnolino è un buon indicatore del traffico: basta una piccola oscillazione e il suo testa si mette a dondolarsi.





Fig. 8. Fisica e giocattoli – versione multimediale<sup>21</sup>: didattica nella chiave di neo-realismo, costruita passo-per-passo. La prima schermata di ogni lezione contiene solo 6 frasi, esempi pratici, qualche filmato; chi vuole – preme il tasto Più (Multimedia Gregosz Karwasz e E. Rajch)

ad un contro-esperimento: qualche situazione, dove Aristotele fallisce. Lascio rotolare la pallina giù su una guida curvata in basso, ma prima preparo la situazione di curiosità cognitiva: prendo la pallina ed è suscito un incantesimo. Adesso la pallina è addomesticata, e quando le ordino Pallina, ti ordino: torna in su! La pallina obbedisce, vedasi fig. 7c.

Uno stupore generale, di aver scoperto la legge di conservazione dell'energia. In verità, questa scoperta è l'opera di un bambino di 2,5 anni, lasciato da solo in una mostra interattiva, fig. 9b. In uno stato di libertà conoscitiva, a fronte di una situazione curiosa, inusuale ma pre-pensata dall'ideatore di oggetti interattivi, un bambino non solo svolge un esperimento in modo autonomo ma lo progetta anche. La formulazione della legge di conservazione dell'energia è un risultato spontaneo, sebbene un bambino non adoperi i termini appropriati.

<sup>21</sup> Grzegorz Karwasz et al., *Physics and Toys*, CD-ROM, Soliton – Music and Education, Sopot, 2005, <<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/>>, settembre 2015.

### 3.3 *Workshop UniKids: Elettricità - e la luce fu!*

Come nella lezione sulla meccanica, anche per l'elettromagnetismo in principio vengono definiti i teoremi fisici da trasmettere. In meccanica il principio più rivoluzionario fu la Galileana indipendenza dell'accelerazione terrestre dalla massa di oggetti. In elettromagnetismo ci fu la disputa tra Volta e Galvani sulla natura di fenomeni elettrici – biologica o fisica? Come conseguenza furono individuate le cariche + e -. Sono queste nozioni, che, tolto l'involucro storico, vogliamo trasmettere ai ragazzi. La lezione sull'elettricità offre anche una possibilità unica di sviluppare competenze pratiche (sicurezza di lavoro con corrente elettrica – in casa e in fabbrica) e, come vedremo, anche sociali.

Difficili nozioni fisiche da trasmettere sono: i) esistenza di due cariche elettriche diverse, che però a differenza di poli magnetici, si possono separare; ii) tensione elettrica (espressa in Volt), iii) corrente elettrica (espressa in Ampere), e in conseguenza iv) potenza elettrica (espressa in kilo-Watt). Nessuna di queste quantità entra nel programma di insegnamento per bambini di 6-7 anni. Però, tutti loro adoperano ogni giorno le due grandezze fisiche essenziali, Volt e Ampere, senza adeguata conoscenza dei requisiti di sicurezza. La lezione *E la luce fu!* serve essenzialmente per introdurre la corretta valutazione di rischi legati all'uso di elettricità.

Il primo esperimento, d'aggancio dell'attenzione, è addomesticare la lattina con un bastone plastico carico (strofinato prima con una pezza). Su e giù, fino alla saturazione delle risate. Poi, subito, l'aspetto sociale: il bastone è carico a un potenziale di qualche kilo-Volt e potrebbe essere pericoloso per il circuito integrato del tuo telefonino. La macchina elettrostatica è ancora più pericolosa, fig. 7b. Man mano, viene introdotto il concetto di due segni di carica, delle corrente elettrica, della potenza, del costo di uso di elettrodomestici ecc.

Riassunto finale: Cosa sappiamo sulla corrente elettrica? È pericolosa. Sì! Bravi, ma è pure molto utile, così conviene studiarla! La lezione introduce fisica nuova ma anche le competenze pratiche e sociali.



Fig. 9. Perché oggetti cadono? – una lezione iper-costruttivista per bambini di 6-11 anni a) la scenografia complessiva – una serie di esperimenti in rigida sequenza; b) l'assurdità delle spiegazione di Aristotele – la pallina non dovrebbe risalire il piano inclinato, sulla foto l'inventore della situazione, bambino di 2,5 anni, Piotruś Karbowski; c) collisione di due palline, che si scambiano energia (concetto prof. V. Zanetti, Università di Trento). Idee di mostre, scenari, oggetti e realizzazione, GK

#### 4. Valutazione

##### 4.1 Efficacia didattica

Il primo indicatore dell'efficacia delle lezioni UniKids sulla meccanica furono numerose (praticamente in tutte le circa 20 sedi) ripetizioni e reazioni molto vivaci di ragazzi. Per valutare meglio il messaggio trasmesso (energia come il principio di moto vs. gravità) abbiamo in due sedi chiesto la libera impressione di ragazzi sulla lezione svoltasi 4 mesi prima: disegna, cosa ricordi. I risultati furono molto meglio delle aspettative. Nessuna delle risposta usava la parola gravità e tutte hanno riportato il senso, lo scenario generale e addirittura delle astrazioni (come un disegno di due frecce delle palle che fanno una collisione) della lezione, vedasi fig. 10.

##### 4.2 Aspetti pedagogici

Il metodo iper-costruttivista si rivela molto efficace non solo nel trasmettere le nozioni di fisica. Indicazioni dell'UE in materia di educazione – cosiddetti crediti trasferibili legati a ben definite competenze evidenziano tre aspetti: i) nozioni in se

stesse (*knowledge*); ii) abilità (manuali, pratici, professionali) e; iii) competenze sociali (per esempio saper organizzare il lavoro di gruppo). Si scopre che il liberare la capacità di pensiero non vincolato scaturisce anche altre abilità previste. Come mostriamo sulle foto seguenti, se degli oggetti reali vengono posti in modo pre-pensato, un esperimento libero invoglia bambini - ragazzi ad aprirsi psicologicamente: organizzare da soli il gruppo di lavoro, esprimere la propria voglia si scoperta, trovare i ruoli sociali cominciando dal gioco, vedasi la serie di foto in fig. 11.

Se, invece, manca nell'organizzazione dell'oggetto la funzione cognitiva - lo scopo didattico non è ben definito, comincia a dominare la pura fenomenologia, che subito si trasforma in un tipo di esercizio fisico. Questa degenerazione della possibile funzione pedagogica non dipende né dall'età di ragazzi né dal paese - sulla fig. 12 facciamo vedere le situazioni anti-pedagogiche di Danzica, Varsavia, Londra. Realizzazioni delle/a didattica cognitiva, con determinati contenuti scientifici devono sempre partire da presupposti pedagogici: l'insegnante si trova davanti una materia molto delicata, come un bambino, ragazzo, giovane pieno d'entusiasmo. Come sottolinea J. M. M. Beltrán<sup>22</sup>, gli aspetti di liberare le capacità emotive, verso un seguente meravigliarsi della ricchezza del mondo, è il primo compito dell'insegnante. La prima caratteristica che si richiede all'educatore di oggi riguarda la componente cognitiva dalla sua azione pedagogica. Ha il compito di stabilire uno stile pedagogico che dimostri la sua fiducia nella natura dell'individuo, che cambia ed è attiva<sup>23</sup>.

## 5. Approfondimento metodologico

### 5.1 Analogie al costruttivismo in altre materie

Nell'ambito delle metodologie delle singole discipline scientifiche nonché nei sistemi nazionali furono sviluppate simili

<sup>22</sup> Beltrán, *Attivare il potenziale di apprendimento*, cit.

<sup>23</sup> Ivi, p. 8.





Fig. 10. Controllo dell'efficacia didattica – il capire e ricordare, a 4 mesi dalla lezione di meccanica: Disegna che cosa ricordi dalla lezione di Ottobre a) un rapporto fotografico; b) un esperimento chiave – ritorno della pallina lanciata in su; c) rappresentazioni di quantità di moto scambiata in una collisione (i vettori non furono introdotti nella lezione né visualizzati); d) riassunto della lezione: è l'energia che fa muovere le cose. Età dei ragazzi 8-12 anni. In Polonia, nella scuola elementare la fisica non costituisce materia di insegnamento. (Concetto della lezione, svolgimento, controllo GK)



Fig. 11. Competenze sociali attraverso l'insegnamento di fisica: a) un auto-organizzarsi del gruppo nella misura della tensione di pile di Volta – un bambino tiene la pila, una bambina tiene il voltmetro, un'altra legge il voltaggio, il quarto bambino controlla la scritta sulla pila; b) un controllo autonomo se i carrelli scendono il piano di Galileo con velocità uguale (due workshop di GK); c) Centro della Scienza Questacom a Canberra – due fratelli impersonano ruoli nel panificio (foto Maria Karwasz)

approcci a quelli descritti sopra, tra cui P. Crispiani<sup>24</sup>. La ricerca di causa-effetto come metodo educativo viene proposta in discipline molto lontane dalla fisica, come storia e geografia<sup>25</sup>. Di particolare similitudine con approcci presenti rimane il metodo di De Bono di sollecitare la competenza ragionativa<sup>26</sup>, come descritto da P. Crispiani<sup>27</sup> e che si esprime in 6 scopi seguenti:

- 1) Strategie per l'ampliamento delle idee: mediante l'ampliamento delle capacità percettive – nel nostro metodo è l'osservazione di qualche esperimento sorprendente, anzi – di tutta la serie di esperimenti.
- 2) Strategie per l'organizzazione: per la costruzione di una rete tra le idee – è la funzione svolta dal professore che conduce le dimostrazioni e le interpretazioni.
- 3) Strategie per interazione: discussione, riflessione critica. Qua si esplicita il lato sociale dell'iper-costruttivismo: le idee vengono ripescate dalle svariate risposte del pubblico.
- 4) Strategia di riflessione creativa: proprie del pensiero laterale, creativo, divergente. Un esempio di riflessione creativa sono i modelli di *quark* e elettroni, visualizzati come pezzi di metallo dal peso proporzionale alle masse reali di queste particelle elementari; ragazzi li pesano con le mani proprie.
- 5) Strategie per l'esame delle informazioni e delle sensazioni: con lo scopo di imparare a selezionare sensazioni e concetti. La nostra applicazione pratica – ascolto del moto di una pallina sul tavolo ad occhi chiusi, per percepire meglio il senso (cioè il suono) del moto uniforme o accelerato.
- 6) Strategia per azione: per rendere operativo il pensiero. Nel caso della lezione di meccanica: visto che sappiamo, che alla pallina serve energia per rimbalzare, adesso proviamo a lanciarla con tutta la forza verso il pavimento – dovrebbe rimbalzare fino al soffitto, vero?

<sup>24</sup> Crispiani, *Didattica cognitivista*, cit., p. 190.

<sup>25</sup> Rossana De Beni et.al., *Imparare a studiare geografia: abilità metacognitive per comprendere e ricordare*, Trento, Erickson, 1995.

<sup>26</sup> Edward De Bono, *Il pensiero laterale*, Milano, Rizzoli, 1972; Edward De Bono, *Sei cappelli per pensare*, Milano, Rizzoli, 1991; Edward De Bono, *Strategie per imparare a pensare*, Torino, Omega, 1992.

<sup>27</sup> Crispiani, *Didattica cognitivista*, cit., pp. 183-184.



Fig. 12. Sbagliare l'impostazione pedagogica nella didattica interattiva è molto facile. a) La mostra sulla fisica moderna disfatta da una scolaresca a Danzica (GK); b) una gigantesca ruota per un criceto – Centro di Scienza “Kopernik” a Varsavia; c) giochi matematici che degenerano nel correre generale (Science Museum, London) Foto M. Karwasz e E. Kruk

La ricetta per l'applicazione del costruttivismo non sta nelle dichiarazioni OCSE, ma nella preparazione di scenari di lezioni in diverse materie e in diverse situazioni educative.

### 5.2 *Il ruolo della comunicazione verbale*

Il percorso cognitivo con semplici esperimenti segue le sei strategie, ma in ugual misura si basa su un dialogo con il pubblico/alunno usando il linguaggio accuratamente scelto. Come principio, il linguaggio solo parzialmente può uscire al di fuori dal serbatoio di espressioni già in uso dell'interlocutore; accuratamente vanno evitate parole di significati speciali/riservati. In questo senso il dialogo deve seguire il relativismo linguistico di L. Wittgenstein, che ridimensiona la pretesa veridicità delle proposizioni linguistiche formali, per conferire forza conoscitiva al linguaggio comune o quotidiano, il quale è latore di regole sintattiche e semantiche in relazione non all'astratto dell'idealità, bensì alla funzione contestuale che esso svolge, all'uso comune<sup>28</sup>. Sull'argomento di una corretta espressione verbale abbiamo già scritto in precedenza – non è la difficoltà matematica a determinare lo scarso rendimento in fisica ma una rigidità di formulazioni verbali – pietrificate, a scapito di chiarezza e ricchezza del linguaggio<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> Ivi, p. 59.

<sup>29</sup> Grzegorz Karwasz, *Insegnare fisica – difficoltà matematiche o problemi con*

Per identificare il principio di Lenz nell'induzione elettromagnetica, che la corrente creata si oppone alla forza esterna, e osservando il moto rallentato di un magnete all'interno di un tubo di rame, la parole chiave è la levitazione. L'insegnante, con esperimenti e col dialogo guidato deve identificare le frasi ed espressioni essenziali, per un determinato passo cognitivo.

Citando J.M.M. Beltrán:

L'espressione apre la strada all'universo inter-individuale e sociale, ma anche allo sviluppo cognitivo, affettivo e morale. L'espressione denota la presenza di un pensiero e allo stesso tempo contribuisce in modo radicale alla sua configurazione. Questo è il circolo della costruzione del pensiero: pensare, esprimere, costruire un nuovo pensiero, ecc. I bambini di questa età [6-11] si divertono con le parole, ma è necessario indirizzarli nell'uso preciso dei termini, affinché superino la loro tendenza a esprimersi con vocaboli già conosciuti<sup>30</sup>.

Nella lezione sul moto uniforme come fu definito da Galileo, il professore comincia a passeggiare con passi lunghi, lenti e ritmici:

«Come è il mio passo?»

«Lento, allora aumentando la frequenza di passi».

«E adesso?» «Più veloce».

«Ma che cosa hanno in comune?» «Sono ritmici».

«Come li possiamo definire in un altro modo?»

«È un moto uniforme».

L'insegnante, non usando lui la parola ha fatto nascere questa parola nelle menti assemblate di bambini nell'aula. A questo punto, dobbiamo registrare, questa parola, prenotarla solo per la fisica. Per un fisico, il moto uniforme vuol dire con una velocità costante.

### 5.3 *Non la materia, ma il metodo*

In confronto con altre materie la fisica spesso viene presentata come una scienza particolare – che richiede sia la capacità di osservazione che di ragionamento astratto. Si cita innumerevoli impieghi che trovano i laureati in fisica, spesso dimenticando che il corso universitario di Fisica è altamente selettivo, e richiede già all'ingresso doti particolari. È interessante verificare, se la Fisica svolge

*la comunicazione verbale?*, -Kognitywistyka i Media w Edukacji-, 1, 2013, p. 107.

<sup>30</sup> Beltrán, *Attivare il potenziale di apprendimento*, cit., p. 16.

un ruolo particolare nella forma *mentis* al livello scolastico. Sembra di no. Rodriguez e Oliveira<sup>31</sup> hanno condotto uno studio approfondito su circa 900 ragazzi in Portogallo, cercando una correlazione tra i voti scolastici in fisica e la capacità di ragionamento. I risultati non furono molto chiari. Solo nel 30% dei casi si osserva una correlazione tra la capacità di pensiero deduttivo e la pagella in fisica; per il ragionamento induttivo la correlazione scende al 18%. In altre parole, non è la materia in se stessa, che stimola il ragionamento ma il metodo. Riferendosi di nuovo ai lavori sopraccitati da Piero Crispiani – il percorso cognitivista si può costruire insegnando sia la storia che geografia (e molte altre materie).

#### 5.4 Verso i libri di testo cognitivi

Le lezioni interattive e le mostre danno risultati spesso spettacolari (vedasi la relazione giornalistica della lezione a Civitanova Marche, 2014), ma la valutazione della loro efficacia didattica, specie nella questione della durata – è difficile. Con lo scopo di codificare l'approccio costruttivista nell'insegnamento scolastico di fisica abbiamo scritto due libri di testo per la scuola media, 1° classe – “Meccanica”<sup>32</sup> e la scuola superiore, 1° classe – “Fisica Moderna”<sup>33</sup>.

Particolarmente il libro di Meccanica segue il percorso cognitivista: individuare i noti concettuali e affrontarli da diversi punti di vista, finché l'allievo non si convince sull'utilità del concetto introdotto. L'esempio sotto è la definizione della velocità istantanea. La velocità istantanea  $v$  viene definita in fisica come la derivata rispetto al tempo dello spazio percorso. Nessuna delle

<sup>31</sup> Alice Rodrigues, Maurícia Oliveira, *The role of critical thinking in physics learning*, GIREP (Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique), University of Cyprus, Nicosia International Congress, C.P. Constantinou and N. Papadouris, 2008, <<http://lsg.ucy.ac.cy/girep2008/papers/THE%20ROLE%20OF%20CRITICAL%20THINKING.pdf>>, settembre 2015.

<sup>32</sup> Grzegorz Karwasz, Magdalena Sadowska, Krzysztof Rochowicz, *Toruń text-book for physics. Mechanics*, Wydawnictwo Naukowe UMK, 2010, <[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa\\_strona/?q=node/163](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/163)>, settembre 2015.

<sup>33</sup> Grzegorz Karwasz, Magdalena Więcek, *Modern physics and astrophysics. Toruń text-book for physics*, Divisione Didattica di Fisica, Università Nicolaò Copernico, Toruń, 2012, <[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa\\_strona/?q=node/264](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/264)>, settembre 2015.

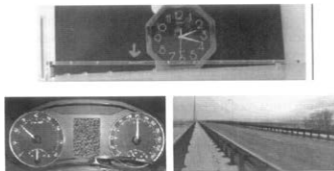


Fig. 13. Costruire il concetto di velocità, come importante nel mondo reale: a) una bolla d'aria si muove con un moto uniforme in un tubo di vetro riempito di olio – in moto è uniforme; b) la velocità istantanea è semplicemente il numero che indica il tachimetro dell'automobile; c) possiamo misurare la velocità istantanea contando i paletti lungo l'autostrada in un determinato tempo, ma il metodo non è perfetto – a che distanza bisogna posizionare questi paletti? Source: Karwasz<sup>34</sup> 2010

parole nella frase precedente non può essere usata senza altre definizioni, preliminari. Anzi, fino all'università la definizione di  $v$  deve essere in qualche modo aggirata. 1) Facciamo vedere, con l'esempio del moto uniforme, che esiste una quantità utile per definire questo tipo di moto (fig. 13a); 2) Facciamo vedere, che in qualche modo questa quantità può essere misurata. La macchina lo fa in modo suo. Solo alla lezione di elettronica al secondo anno di università possiamo svelare, che c'è un contatore foto-diodo, con un convertitore ADC, e display analogico; 3) Serve un modo operativo per la misura propria – per esempio contare i paletti conta-chilometri lungo l'autostrada e misurare il tempo percorso, fig. 13c.

La definizione cognitivista comprende tutti i requisiti fisici, ma parte passo-per-passo, per arrivare alle applicazioni dei concetti introdotti. Pure con tanta cautela viene trattata la parte matematica della definizione della velocità istantanea – una misura, la tabella di risultati, i punti sperimentali su un grafico

<sup>34</sup> Grzegorz Karwasz, Magdalena Sadowska, Krzysztof Rochowicz, *Toruń tex-book for physics. Mechanics*, Wydawnictwo Naukowe UMK, 2010, <[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa\\_strona/?q=node/163](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/163)>, settembre 2015.

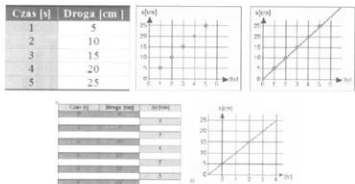


Fig. 14. Costruzione della parte numerica delle definizioni della velocità istantanea, come la derivata di spazio rispetto al tempo: dalla tabella (a), alla rappresentazione grafica di punti sperimentali (b), una curva d'interpolazione (c); un calcolo delle differenze (d) e una rappresentazione astratta (e) Source: Karwasz *et. al.*<sup>35</sup>

cartesiano, l'interpolazione dei dati, la derivata calcolata tramite le differenze, e infine un grafico su quale si può fare un'astrazione da tutti i passi precedenti, fig. 14e.

Il percorso è basato sulla Fisica interattiva<sup>36</sup>. I test svolti su Meccanica nelle scuole medie di diversi ambienti (città, paesi, scuole per ragazzi di disagio sociale) hanno mostrato una particolare efficacia didattica: non tanto i risultati eccellenti di un numero ridotto di ragazzi ma un generale cambio della distribuzione di voti, verso risultati più omogenei, una specie di eguaglianza educativa, vedasi fig. 15.

## Conclusioni

Presentiamo non tanto lo studio teorico di diversi approcci didattici, basati sul cognitivismo, ma una lunga serie di attività

<sup>35</sup> Grzegorz Karwasz, "Fiat Lux!" – playing with light, (in Polish) *Postępy Fizyki*, 4, 2010, p. 154, <[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje\\_2010/Fiat\\_Lux\\_PF\\_2010.pdf](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2010/Fiat_Lux_PF_2010.pdf)>, settembre 2015.

<sup>36</sup> Ugo Amaldi, Federico Tibone, *Fisica interattiva: Meccanica*, Padova, Zanichelli, 1997.

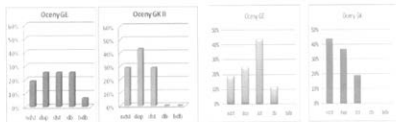


Fig. 15. I test d'efficacia didattica di "Meccanica"<sup>37</sup>: a) due pannelli a sinistra – Kalisz, città di 100 mila abitanti<sup>38</sup>; b) Dąbrowa Biskupia, scuola di 300 ragazzi in paese di mille abitanti<sup>39</sup>. In entrambi gli esempi, il gruppo che ha usato Meccanica – GE mostra i risultati meglio in media, ma anche una distribuzione più uniforme rispetto al gruppo tradizionale (GK)

didattiche extra-scolastiche applicate in Polonia, a partire dal 1997 – per bambini, ragazzi, pubblico adulto. Tutte le attività si basano sul coinvolgimento attivo del pubblico, per rendere l'imparare non solo proficuo ma anche gioioso. Particolare attenzione viene dedicata a scaturire una indipendente, individuale gioia di percorso conoscitivo e agli aspetti pedagogici – di valorizzazione del singolo studente, come insegna la tradizione umanistica, in specie italiana. Come giustificazione troviamo le parole di Cartesio:

L'uomo non è tenuto di leggere tutti i libri e neanche ad imparare tutto ciò che insegnano nelle scuole; anzi, questo sarebbe un difetto della sua educazione se dedicasse troppo tempo per l'esercizio nello studio. L'uomo ha molte cose di più da fare nella vita sua; allora dovrebbe arrangiarsi cosicché la maggior parte del tempo li rimanga per fare delle buone azioni, su quali sarà la sua ragione a insegnare, se solo da essa riceve le indicazioni<sup>40</sup>.

<sup>37</sup> Grzegorz Karwasz, Magdalena Sadowska, Krzysztof Rochowicz, *Toruń tex-book for physics. Mechanics*, Wydawnictwo Naukowe UMK, 2010, <[http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa\\_strona/?q=node/163](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/163)>, settembre 2015.

<sup>38</sup> Magdalena Sadowska, *The didactical efficiency of teaching physics – testing European solutions*, Toruń, University Nicolaus Copernicus, 2012.

<sup>39</sup> Katarzyna Wybońska, *Traditional vs. constructivistic transmission of knowledge and competences in teaching physics*, Toruń, University Nicolaus Copernicus, 2012.

<sup>40</sup> Renè Descartes, *La recherche de la vérité par la lumières naturelles*, Opuscula posthuma, 1701, traduzione dall'edizione polacca GK.



a cura di Piero Crispiani e Sara Pellegrini

## **Le vie della pedagogia**

Tra linguaggi, ambiente e tecnologie

**nr° 1**