

# Il Progetto “Popeye” per la didattica della Fisica

Emanuele Goldoni<sup>1</sup>, Tiziana Morrea<sup>2</sup>, Alberto Savioli<sup>1</sup>, Ledo Stefanini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università di Pavia, Sede di Mantova  
Via Scarsellini 2, 46100 Mantova MN  
{nome.cognome}@unipv.it

<sup>2</sup> Liceo Scientifico “Belfore”  
Via Tione 2, 46100 Mantova MN  
{nome.cognome}@istruzione.it

*Il ragazzo che affronta per la prima volta un corso di fisica non è privo di conoscenze di fisica; anzi, possiede una personale precisa formazione teorica sui fenomeni. La manifestazione di questa conoscenza di cui ognuno è depositario si palesa anche attraverso la capacità di riconoscere l'assurdo fisico, sfruttato in molti film e cartoon per ottenere il senso del comico. Il progetto “Popeye” presentato in questo lavoro utilizza una serie di sequenze cinematografiche e alcuni strumenti informatici per individuare la radice della loro comicità. Poiché la ragione di quest'ultima consiste infatti nell'infrazione delle leggi della fisica “innata”, la visione di un filmato comico (o reso comico attraverso software appositi) può essere utilmente sfruttata dai docenti di fisica per un confronto maieutico con gli studenti e la successiva costruzione di teorie scientifiche ispirate alla razionalità.*

## 1. Introduzione

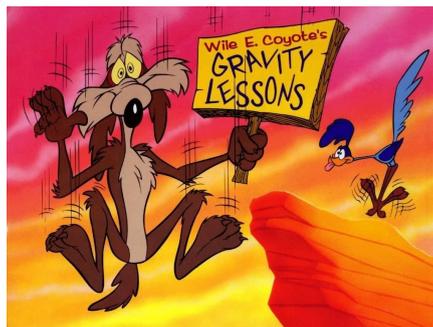
Il comico scaturisce sempre dall'infrazione di un codice condiviso. Nella letteratura e nel teatro si tratta quasi sempre del codice linguistico o di quello che regola i rapporti sociali, ma la diffusione del cinematografo, a diversi livelli di sviluppo tecnologico, ha aperto nuove ampie possibilità ai modi di esplicazione del comico [Baudry, 1978].

Grandi e nuovi spazi all'espressione comica si erano già aperti con il cinema muto. Basti ricordare le comiche di Harold Lloyd e di Larry Semon, conosciuto in Italia con il nome di Ridolini. La comicità di questi brevi film muti era basata sulle capacità acrobatiche del protagonista e sugli effetti speciali che il nuovo mezzo consentiva. Quindi cadute da grande altezza, salti, corse velocissime, esplosioni, scontro di treni, ecc. che venivano simulate con mezzi poveri che, tuttavia, raggiungevano lo scopo. In queste comiche si trova il nuovo peculiare del mezzo cinematografico: la rappresentazione surreale della realtà fisica.

Potremmo addirittura affermare che il surrealismo comico cinematografico e il cinema nascono nello stesso momento, come sta a testimoniare “Voyage dans la Lune”, un film realizzato nel 1902 da Georges Méliès [Méliès, 1902].

La comicità del cinema muto è sostanzialmente diversa da quella del sonoro, in quanto caratterizzata da una totale esportabilità da un contesto culturale all'altro; insomma, il primo esempio di comicità globale. Vi sono *gag*, per usare il gergo cinematografico, che sono state trasferite dal cinema muto al sonoro in modo integrale, conservando pienamente la loro efficacia comica. I moduli espressivi sono poi gli stessi dei cartoni animati, che cominciarono a diffondersi a partire dagli anni '30 senza incontrare gli ostacoli rappresentati dalle diverse realtà culturali. Felix The Cat, Mickey Mouse, Popeye, Bugs Bunny ecc., personaggi dei comics generati dalla cultura americana anteguerra, non trovarono ostacoli culturali alla loro diffusione in tutto il mondo, a differenza di altre forme di espressione comica, testimoniando così l'esistenza di un codice culturale condiviso che non è né verbale né etnico, ma connotato da caratteristiche universali.

Qualcuno ha ritenuto di poter sintetizzare in una sintassi la fisica implicita nella sterminata produzione di cartoni animati, enunciandone le leggi fondamentali [Mc Closkey, 1984]. Per citarne solo alcune: “ogni corpo sospeso nello spazio rimane tale fino a che non si rende conto della situazione” (Fig. 1), “ogni corpo che attraversa un muro lascia un foro perfettamente uguale al suo profilo”, “Un personaggio può subire qualsiasi deformazione e riprendere subito la forma originale” e, ancora, “tutti i corpi cadono più velocemente di un'incudine”.



**Fig. 1. Un esempio di assurdo fisico finalizzato a suscitare il riso (“Wile E. Coyote and The Road Runner, (C) Warner Brothers, 1948 – 2010)**

Ciò che si nota è che le leggi della fisica del comico, pur rappresentando le sintesi di un grande numero di situazioni, sono piuttosto numerose rispetto ai principi della meccanica classica. Inoltre, rappresentano una sorta di rovesciamento delle leggi fisiche, ma non necessariamente delle leggi della fisica scolastica.

E' questa osservazione che sta alla base del progetto didattico “Popeye” presentato in questo articolo e realizzato in collaborazione con un istituto

scolastico mantovano. Grazie all'impiego dell'informatica e delle nuove tecnologie è infatti possibile fornire agli insegnanti un nuovo modo per affrontare l'insegnamento della fisica in aula.

Nei capitoli successivi verrà ampliato quando brevemente descritto in questa introduzione. Nella Sezione 2 sarà quindi approfondito il concetto di fisica ingenua nonché le sue relazioni con la fisica scolastica e la didattica. Nella Sezione 3 verranno invece descritte le motivazioni e il ruolo dell'informatica nel progetto "Popeye" mentre alcune conclusioni saranno tratte nell'ultima Sezione.

## 2. Fisica ingenua

Il ragazzo che affronta per la prima volta un corso di fisica non è privo di conoscenze di fisica; anzi, possiede una personale precisa formazione teorica sui fenomeni, in assenza della quale non sarebbe in grado di condurre una vita normale. Per lui non solo hanno significato operativo parole come massa, forza, temperatura e velocità, ma è in grado di stimare la massa di un bicchiere d'acqua, la velocità di un'auto che arriva, la temperatura di una tazza di tè, o di prevedere la traiettoria di un pallone da calcio, l'effetto di taglio provocato da una racchetta da tennis sulla pallina, stimare la distanza di una sorgente di luce, riconoscere la sorgente di un suono, ecc. Tutte cose utilissime, anzi essenziali, per imparare le quali ha impiegato i primi anni della sua vita e che continua ad arricchire di conoscenze che derivano da nuove esperienze: l'andare in bicicletta, sciare, usare un binocolo, accendere il gas, prendere la scossa quando si sfilava un indumento sintetico, ecc. Una mole sterminata di conoscenze semi-quantitative organizzate in strutture teoriche non formulate in linguaggio matematico, solitamente indicata come fisica *naïf* o qualitativa che è stata oggetto di importanti studi scientifici [Hayes, 1989] [Bozzi, 1990].

Questo background di conoscenze – inteso sia come collezione di esperienze che come raccolta di strutture di sintesi – è infatti il terreno dal quale il professore dovrebbe prendere le mosse per la costruzione di teorie che si ispirano (o aspirano) alla razionalità. Diversi studiosi hanno riconosciuto, nell'evoluzione culturale del ragazzo, qualcosa di analogo allo sviluppo storico della scienza [Di Sessa, 1982]: l'ontogenesi ricalca la filogenesi anche nella processo di formazione culturale.

Ogni ampliamento teorico – come quello della relatività speciale rispetto alla meccanica classica – non si compie contro la struttura teorica pregressa, ma come sviluppo di questa, sul significato della quale la nuova più ampia teoria proietta parametri interpretativi nuovi. Per contro, è raro che un corso di fisica abbia il potere di mutare l'ottica con cui lo studente guarda ai fenomeni fisici. Generalmente, la mente del ragazzo archivia la fisica scolastica come uno strumento che non serve ad altro che a se stesso e continua ad attingere al personale compendio di fisica nativa per interpretare la realtà fisica [Driver, 1989] [Driver e Easley, 1978].

Non solo è un grave errore pedagogico, non tener conto di questa mole di conoscenze fisiche di cui è depositario il ragazzo che si affaccia alla fisica formale, ma è anche impossibile: lo strumento comunicativo della didattica,

l'unico che consenta all'insegnante di interagire con l'allievo, è il vocabolario associato alla fisica nativa.

## 2.1 Fisica scolastica e fisica ingenua

La cultura fisica di cui ognuno è, più o meno consapevolmente, depositario, si manifesta in molti modi. Uno di questi è la capacità di riconoscere l'assurdo fisico, facoltà a cui è associato il senso del comico. Ogni volta che un uomo si trova di fronte a una manifestazione fisica assurda, secondo il proprio codice interpretativo, allora scatta la risata.

Anche le "giostre" da Luna Park rappresentano una prova della connessione tra senso del comico e codice fisico corrente. Sono infatti strutture progettate allo scopo di creare situazioni fisiche non interpretabili sulla base del codice fisico ordinario: piattaforme rotanti che costituiscono sistemi di riferimento non inerziali, in cui si manifestano forze centrifughe o, più raramente, di Coriolis, o cabine in caduta libera che consentono all'utente di provare l'emozione di un sistema di riferimento perfettamente inerziale.

Il codice della fisica ingenua viene costruito soprattutto nei primi anni di vita, ma subisce nel seguito una serie di perfezionamenti che dipendono dalle esperienze vissute. E' infatti evidente che imparare ad andare in bicicletta, giocare a tennis, usare un cannocchiale, ecc. rappresentano arricchimenti culturali che contribuiscono ad ampliare e precisare il codice fisico naturale. Tutte le ricerche fatte in proposito dimostrano infatti che i modelli ingenui sembrano passare indenni attraverso l'esperienza scolastica (anche di una laurea in fisica) e quando vi sia conflitto tra il modello ingenuo e modello scolastico, quello che soccombe è quasi sempre il secondo [Ianello et al., 1992] [Dupré et al., 1981].

Ogni fisica ha bisogno di un proprio vocabolario [Kuhn, 2000a] e la fisica intuitiva ne ha uno proprio che è legittimo identificare con quello della fisica di Aristotele. I due vocabolari - della fisica intuitiva e della fisica scolastica - sono molto simili: le parole forza, potenza, velocità, temperatura ecc., appartengono ad ambedue i vocabolari, pur con portati concettuali talvolta profondamente diversi [Kuhn, 2000b].

Questo per dire che la distanza tra la fisica scolastica e la fisica ingenua, nel campo dei fenomeni ordinari, è meno grande di quanto si creda. La fisica ingenua rappresenta quindi lo strumento didattico principale per l'insegnante, anche se la utilizza come strumento di passaggio verso la fisica scolastica.

La vera, grande differenza tra la fisica scolastica e la fisica ingenua è che la prima viene sempre, in modo più o meno corretto, assiomaticizzata. Non può essere che così: i principi della fisica ingenua scaturiscono dalla sintesi di un esteso oceano di esperienze personali recenti e remote che non ammettono descrizione; quelli della fisica scolastica hanno carattere assiomatico, vengono dati *ex ante* e da questi si deducono e si interpretano i fenomeni. Se mai, l'insegnamento convenzionale ha come fine di stabilire quali fenomeni sono descrivibili nei termini del vocabolario stabilito dai principi. Non si cerca mai di portare a sintesi esplicita le conoscenze e le strutture concettuali che vanno sotto il nome di fisica ingenua. Invece, le gag classiche del cinema muto e dei

cartoni animati fanno venire a galla le strutture concettuali della fisica ingenua, proprio perché sono basate su alcune infrazioni al codice fisico ingenuo e ortodosso.

### **2.3 La fisica ingenua nella didattica**

I motivi per cui la fisica scolastica non sostituisce quasi mai la fisica ingenua nel patrimonio culturale del ragazzo sono diversi e non tutti facilmente individuabili, ma certamente uno è evidente e va posto a carico della didattica tradizionale. Il fatto è che la realtà fisica di cui si occupa la fisica scolastica appare diversa da quella che è necessaria per vivere nel mondo reale. I piani inclinati senza attrito, le forze, i punti materiali, le leggi di Newton hanno, apparentemente, ben poco da spartire con la realtà percepita. Chi abbia una buona votazione in fisica non ha, generalmente, una più profonda comprensione operativa del perché si stia in equilibrio sulla bicicletta. Per questo la fisica scolastica viene collocata in un magazzino diverso da quello in cui si conserva la fisica "vera", quella che serve a muoversi e a interpretare la realtà: la fisica che sarà "ingenua" ma è anche quella veramente utile. Eppure, la fisica elementare non è granché diversa da quella ingenua. In fondo ambedue tendono a costruire teorie della realtà che cade sotto i sensi; la prima in modo quantitativo (ma non del tutto), la seconda in modo qualitativo (ma non del tutto). Vi sono infatti, nella fisica ingenua, anche stime molto precise di varie grandezze. Per esempio delle velocità di caduta dei corpi, delle velocità tipiche dei veicoli, dei pesi dei corpi, della frequenza con cui gli uomini e gli animali muovono gli arti. Tutte stime semi-quantitative alle quali è estranea la fisica scolastica ma che sono essenziali per una vita normale. A ben guardare, la fisica scolastica, quando arriva a conclusioni che riguardano la realtà sensibile, non fa che ricondurre a principi razionali fenomeni che sono universalmente accettati, tanto da apparire banali [Shanon, 1976].

Quando in un film si vede un topolino parlare e cantare con un tono molto acuto, si conferisce realtà cinematografica ad un fenomeno che trova spiegazione nell'ambito della fisica scolastica. Ci riferiamo al fatto che la frequenza fondamentale di vibrazione di una corda tesa è inversamente proporzionale alla sua lunghezza. Ora, un ragazzo, probabilmente, non è in grado di fornire questa giustificazione, ma tuttavia sa per esperienza che gli oggetti piccoli emettono suoni più acuti degli oggetti grandi, quando percossi. O che il suono del ruggito di un leone è ben diversamente grave dello squittio di una scimmia o di uno scoiattolo. Questo è il motivo per cui nessuno si sorprende che un omaccione come Bud Spencer parli con voce di basso, mentre susciterebbe il riso la scena dello stesso attore inserito in un coro di voci bianche. Si tratta di due conoscenze diverse, separate da una frattura che quasi mai il percorso scolastico è capace di sanare. E tuttavia rimane un obiettivo perseguibile nell'ambito dell'insegnamento della fisica elementare: ricondurre la realtà sensibile ai modelli della fisica classica, ovvero realizzare un dizionario che consenta di passare dalla fisica ingenua alla fisica formale. Il fatto che vi sia contiguità tra le due fisiche è testimoniato dal fatto che anche le persone che non hanno mai seguito un corso scolastico ridono quando siano esposti alle

gag tipiche dei film muti e dei cartoni. Significa che i fondamenti della fisica classica fanno anche parte delle nozioni diffuse della fisica ingenua: la meccanica in presenza di attrito, le proprietà dei corpi, il secondo principio della termodinamica, la natura ondulatoria del suono, ecc.

Nell'ambito di una didattica che persegua lo scopo ambizioso dell'interiorizzazione della fisica scolastica da parte dell'allievo, che voglia fargli scoprire che egli conosce già i fenomeni che la fisica scolastica cerca di ricondurre a sintesi, il cinema comico ed i cartoni animati costituiscono uno strumento di grande efficacia.

### **3. Progetto "Popeye"**

Il gruppo di lavoro, costituito da un docente di fisica, due dottorandi in Ingegneria informatica e alcuni insegnanti di scuola media superiore, ha raccolto una serie di spezzoni di film che hanno la proprietà di suscitare l'ilarità attraverso l'infrazione delle leggi della fisica ingenua.

Lo strumento didattico che proponiamo è costituito da un totale di 16 di sequenze comiche cinematografiche (o dei cartoni animati) che si possono utilizzare per individuare la radice della loro comicità che consiste, come abbiamo detto, nell'infrazione delle leggi della fisica ingenua. L'infrazione delle leggi della fisica scolastica fa ridere solo gli esperti.

#### **3.1 Le ragioni del progetto**

I realizzatori di cartoni animati, o di certi filoni cinematografici comici, allo scopo di suscitare il riso, hanno finito per creare una vera e propria sintassi narrativa condivisa con il pubblico, basata su convenzioni fisiche con l'utenza, ma che da anni gli studiosi hanno provveduto ad esplicitare talvolta in modo quasi scherzoso [O'Donnell, 1984], altre con tutti i crismi della serietà scientifica [Mc Closkey, 1983].

Nessuno degli autori che si sono occupati in precedenza del problema ha però messo in luce il fatto che le "leggi" dei cartoni animati (e della comicità cinematografica) sono, in realtà, leggi consapevolmente carnevalesche, cioè enunciate volutamente come rovesciamento della realtà. Quindi, in effetti, sono enunciazioni in negativo delle leggi della fisica ingenua.

Per esempio, in uno di questi si vede Braccio di Ferro che, seduto a poppa della propria barca, soffia sulla vela, accelerandone grandemente l'andatura; in un altro Willy Coyote che dà vanamente la caccia ad un imprendibile Beep Beep, capace di spaventose accelerazioni e decelerazioni. In altre parole, la risata è il modo con cui l'uomo segnala di trovarsi di fronte ad un conflitto cognitivo. Nel nostro caso, tra una realtà rappresentata e quella della fisica intuitiva. Lo scopo della proposizione di queste sequenze ai ragazzi è quello di indurli a riflettere sulla radice del loro potere comico in modo da portarlo alla luce. Nel primo esempio che abbiamo ricordato, il principio che viene infranto è, nel linguaggio della fisica scolastica, il terzo della meccanica newtoniana. Nel secondo esempio, ciò che ne emerge è l'impossibilità, per un vivente, di sostenere accelerazioni tanto grandi. Un terzo esempio è fornito da una

sequenza proietta al contrario. La più banale delle scene suscita il riso se viene vista al contrario, e questo rivela che gli spettatori hanno una sensibilità elevatissima per la freccia del tempo. Questa, nella fisica scolastica, prende il nome di Secondo Principio della termodinamica.

Ogni sequenza è corredata da una scheda di lavoro che ha lo scopo di indicare all'insegnante le questioni fisiche che la scena può suscitare e i problemi che vi sono connessi. In alcuni casi, vengono fornite anche alcune giustificazioni dell'assurdo fisico presentato, in termini di fisica scolastica. Naturalmente, una cosa è sapere che nessuno è in grado di muovere le braccia e le gambe con la rapidità di Ridolini, cosa diversa spiegarne il motivo in termini di dimensioni e potenza emessa. E anche questo è istruttivo: la riduzione del numero dei principi operato dalla fisica scolastica nei confronti della fisica ingenua ha come conseguenza una maggior distanza dei principi stessi dai fenomeni. I fili logici che connettono i fenomeni comuni con i principi sono molto più lunghi che nell'ambito della fisica ingenua. Siamo convinti che l'immagine di un ciclista che rimane in equilibrio su due ruote, che oggi registriamo come banale e priva di interesse, avrà suscitato grandi risate alla fine dell'800, cioè che il senso del comico si evolve con l'accrescersi del patrimonio di esperienze. E' per questo che è difficile spiegare in breve, appoggiandosi ai principi della fisica colta, perché, per esempio, i ragazzi che si sono ristretti non possono andare in bicicletta.

L'iniziativa del gruppo "Popeye" non è rivolta direttamente agli allievi, ma agli insegnanti di fisica, ai quali spetta il ruolo di propositori di idee nuove. Il fine è di renderli consapevoli dell'esistenza di una fisica pre-esistente all'esperienza scolastica e, soprattutto, che questa fisica non è, nei suoi assunti, chiaramente manifesta neppure ai ragazzi, che pure ne sono accaniti difensori. Il confronto con una realtà fisica diversa propone conflitti cognitivi che l'insegnante può utilmente sfruttare per sintesi di più elevato livello.

### **3.1 Il materiale informatico a disposizione delle scuole**

Il lavoro presentato in queste pagine è, come detto in precedenza, basato sull'analisi di materiale video e immagini, in larga parte spezzoni di filmati estratti da film o cartoni animati più o meno famosi che, per le loro caratteristiche, rappresentano un interessante spunto per riflettere sulle leggi della fisica.

I filmati originali sono stati tagliati opportunamente per estrarre le scene di maggiore interesse e sono stati infine predisposti in modo da permettere alle classi di interagire con la proiezione modificando, ad esempio, la velocità e il senso della riproduzione. Per ogni sequenza video proposta è stata preparata anche una scheda di lavoro allo scopo di indicare, sia a livello descrittivo che quantitativo, le questioni fisiche che la scena può suscitare e i problemi connessi all'assurdo presente nel video.

Tutti i filmati raccolti e le relative schede tecniche sono state quindi raccolte in formato digitale su un supporto ottico CD-Rom disponibile su richiesta. Per aumentare la fruibilità di questo progetto, tutto il materiale già raccolto all'interno del CD-ROM è stato pubblicato anche su Internet all'indirizzo [www.progetto-](http://www.progetto-)

[popeye.it](http://popeye.it). Il sito web è stato strutturato e implementato grazie ad un sistema Wiki analogo a quello utilizzato dall'enciclopedia on-line Wikipedia. In questo modo sarà anche facilitato lo scambio di nuove esperienze: gli insegnanti potranno così condividere con i colleghi nuovi filmati di assurdi fisici realizzati, ad esempio, dagli studenti stessi nel corso dell'anno. Per abilitare questa funzionalità collaborativa è stata predisposta un'apposita sezione del sito che permetterà agli utenti registrati di caricare sia il proprio filmato che le corrispondenti schede descrittive dell'esperienza. Gli stessi docenti registrati potranno inoltre collaborare alla revisione, correzione e integrazione delle schede già presenti in maniera semplice e immediata.

E' attualmente in fase di valutazione anche la possibilità di registrare alcune lezioni tenute negli istituti e caricare successivamente il filmato sempre sul sito del progetto.

I disegni e gli schemi proposti nelle schede delle esperienze sono stati realizzati con il programma di grafica vettoriale Inkscape. Per la registrazione e il montaggio dei filmati sono stati invece utilizzati gli applicativi Avidemux e VirtualDub, mentre per la riproduzione dei filmati stessi si è deciso di impiegare il riproduttore VideoLAN. In tutti i casi si tratta esclusivamente di software open-source, ovvero a distribuzione gratuita e liberamente modificabile nelle sue funzionalità. In questo modo sarà sempre possibile fornire ai docenti e agli studenti tutto il necessario per poter riprodurre ed analizzare i filmati, così come per permettere la registrazione e la modifica di nuovi esperimenti condotti in aula, senza alcun onere o vincolo per l'istituto.

Infine gli autori desiderano fare presente che, nel pieno rispetto della legislazione italiana ed europea sui diritti d'autore, i materiali audiovisivi utilizzati in questo lavoro sono forniti in formato degradato e di breve durata, a titolo gratuito ed esclusivamente per uso didattico o scientifico senza fini di lucro [L633, 1941].

## 4. Conclusioni

Il successo delle comiche cinematografiche e dei cartoni animati – e il fatto che questo successo non conosca confini culturali – dimostra che alla base di questa comicità vi è un codice fisico condiviso che, come la musica, ha carattere sovra-culturale. I film comici che contengono gag basate sul surrealismo fisico e i cartoon che utilizzano necessariamente le stesse tecniche espressive, possono costituire efficaci strumenti didattici nell'insegnamento della fisica classica. Consentono infatti di portare all'evidenza i principi della fisica ingenua che fanno necessariamente parte del bagaglio culturale di tutte le persone. Il fine dell'insegnamento elementare della fisica non è finalizzato al superamento della cultura fisica ingenua, ma, se mai a valorizzarla e portarla a consapevolezza, arricchendola e precisandola attraverso nuove esperienze. E' la fisica scolastica che deve ambire a mettere radici all'interno della fisica ingenua e l'insegnamento, per essere veramente efficace, deve tenerne sempre conto. I film comici – del tipo di comicità che abbiamo indicato – e i cartoni animati sono, per così dire, raccolte di *gedanken experimente* alla rovescia.

Scopo del Progetto "Popeye" è quello di fornire ad insegnanti ed allievi uno strumento didattico progettato per condurli alla riflessione sui fenomeni e proporre occasioni in cui si possano confrontare la fisica scolastica e la fisica ingenua. Come ci insegna la storia del pensiero scientifico, è sempre dal confronto tra due diversi paradigmi che scaturiscono le idee nuove: questo è vero anche per il ragazzo.

## Bibliografia

- [Baudry, 1978] Baudry J. L., L'effect cinéma, Albatros, Paris, 1978.
- [Bozzi, 1990] Bozzi P., Fisica ingenua, Garzanti, Milano, 1990.
- [Di Sessa, 1982] Di Sessa A., Unlearning Aristotelian Physics. A Study of Knowledge-Based Learning. *Cognitive Science*, 6, 1, 1982, 37-75.
- [Driver, 1989] Driver R., Students' Conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 5, 1989, 481-490.
- [Driver e Easley, 1978] Driver R., Easley J., Pupils and Paradigms: a review of the literature related to concepts development in adolescent science students, *Studies in Science Education*, 5, 1978, 61-84.
- [Dupré et al., 1981] Dupré F., Noce G., Vicentini Missoni M., Modelli fisici pre-newtoniani nelle conoscenze degli adulti. *Scuola e Città*, 2, 1981, 53-64.
- [Hayes, 1989] Hayes J. P., The second naive physics Manifesto, in "Readings in qualitative reasoning about physical systems", Morgan Kaufmann, S. Francisco, CA, 1989.
- [Iannello et al., 1992] Iannello M.G., Mayer M., Scalzo F., Stelli R., Vicentini Missoni M., Le conoscenze di fisica all'inizio dei corsi universitari in Italia. *Ensenanza de las ciencias*, 10, 3, 1992, 268-274.
- [Kuhn, 2000a] Kuhn T. S., "Mondi possibili nella storia della scienza", in *Dogma contro critica*, a cura di S. Gattei, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2000.
- [Kuhn, 2000b] Kuhn T. S., Commensurabilità, comparabilità, comunicabilità, in *Dogma contro critica*, a cura di S. Gattei, in *Dogma contro critica*, a cura di S. Gattei, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2000.
- [L633, 1941] Art. 70, comma 1-bis, Legge 22 aprile 1941 n. 633, e s.m.
- [Méliès, 1902] Méliès G., *Voyage dans la Lune*, Méliès, 1902
- [Mc Closkey, 1983] Mc Closkey M., Fisica intuitiva. *Le Scienze*, 30, 6, 1983, 108-118.
- [Mc Closkey, 1984] Mc Closkey M., Cartoons Physics. *Psychology Today*, 18, 4, 1984, 52-58
- [O'Donnell, 1984] O'Donnell's Laws of Cartoon Motion. *IEEE Institute*, 18, 7, 1984, 12.
- [Shanon, 1976] Shanon B., Aristotelianism, newtonianism and the physics of the layman. *Perceptions*, 5, 2, 1976, 241-243.