

The Street Physics Toolbox

Maria Luisa Chiofalo

Dipartimento di Fisica “Enrico Fermi”, Università di Pisa

Riassunto. Questo contributo descrive l’ambiente di insegnamento/apprendimento Street Physics Toolbox (SPT), sviluppato all’Università di Pisa dal 2007 in corsi di fisica triennali e magistrali per le scienze della vita, e quindi per corsi di fisica alla triennale di fisica per studenti interessati/e a percorsi di insegnamento. L’esperienza STP trae ispirazione e costruisce a partire dall’idea “How things work-The Physics of Everyday Life” by Lou Bloomfield [1,2], introducendo con il medesimo una cassetta degli attrezzi per singoli concetti. STP mette il pensiero scientifico al centro del processo di apprendimento/insegnamento, educando l’intuizione attraverso l’uso di dimostrazioni d’aula realizzate con materiali poveri, per praticare l’arte di creazione di ipotesi di lavoro e la loro verifica, lasciando lo sviluppo formale alla fine della comprensione qualitativa del fenomeno. Si descrivono dunque brevemente i contesti di scuola secondaria superiore nei quali STP è stato utilizzato.

Abstract. This contribution illustrates the Street Physics Toolbox (SPT) teaching environment, developed at the University of Pisa since 2007 in physics courses for life-sciences bachelor and master degree, and for physicists interested to acquire competences in physics teaching. The STP experience is inspired to the revolutionary idea “How things work-The Physics of Everyday Life” by Lou Bloomfield [1,2], introducing a concepts toolbox based on a similar approach. In essence, STP builds on the process of scientific thinking, where intuition on single concepts is educated by using classroom demonstrations performed with simple means, both to practice the creation of working hypothesis and to test the latter, the formal development being left at the end of the qualitative understanding. After a description of the STP environment, here it is briefly reported how it has been used in two different training contexts in high schools.

1. Introduzione

Il pensiero scientifico implica creazione di ipotesi a partire da dati di realtà, con la successiva formalizzazione delle ipotesi nel linguaggio simbolico molto denso della matematica. Le caratteristiche di densità di informazione di quest’ultimo consentono di

fiutare con un solo colpo d'occhio l'intuizione fisica, svilupparla e, tramite predizioni quantitative, prove e riprove, verificarla in un successivo esperimento: una sorta di giallo avvincente [3]. In questo processo, ogni coriandolo di cervello è coinvolto nel legare astrazione e realtà, creatività e formalizzazione. Un processo molto simile a quello dell'arte [4]. Sviluppare abilità in tale processo di pensiero rappresenta per ogni persona una rivoluzione nel modo di essere in relazione con la realtà attraverso le proprie molte intelligenze [5,6]. Nutrire la mente di una persona attraverso l'educazione e la pratica di questo processo di pensiero, rappresenta un'opportunità straordinaria per sviluppare talenti nella soluzione di problemi in autonomia, nell'esercizio dello spirito critico, e nella creatività, indipendentemente dal fatto che si consideri un problema di fisica o uno complesso che riguarda la vita di singole o di molte persone, magari con potenziali implicazioni significative per una intera comunità. Ed è questo il più ampio e al tempo stesso profondo dei motivi per investire energie e risorse inedite nell'educazione al pensiero scientifico dal nido alla terza età. Tuttavia, l'insegnamento della fisica inizia ancora troppo tardi nel percorso di istruzione e, quando inizia in forma disciplinare, è più spesso caratterizzato da un ribaltamento di processo, in cui le equazioni precedono la discussione dei fatti sperimentali e la creazione di ipotesi. Le conseguenze di questo approccio sono almeno tre: si manca l'opportunità di educare al pensiero creativo, si complica il processo di educazione al *problem solving*, il linguaggio matematico diventa un ostacolo alla comprensione anziché chiarificarla e dare concretezza all'intuizione. Una conseguenza di quest'ultimo aspetto, secondaria per sequenza temporale e in realtà di enorme impatto negativo nell'intero processo educativo, è una perdita di interesse e di motivazione dello/a studente nei confronti di una materia che viene identificata come fisica, sebbene fisica non sia più, insieme alla creazione di convinzioni stereotipate e limitanti, la cui eliminazione richiede poi enormi energie - se mai avviene. Persino nel caso di studenti molto motivati/e allo studio della fisica, tanto da farne la propria scelta di studio universitario, questo approccio finisce con il focalizzare l'attenzione sulla formalizzazione matematica del problema e distrarla dall'idea fisica essenziale: di conseguenza, si tende a trattare la soluzione dei problemi in modo più che altro tecnico, a volte intraprendendo procedure di soluzione inutilmente complesse rispetto al problema fisico in esame. Complessivamente, questo determina un circolo vizioso il cui risultato principale è una distanza crescente di cittadine e cittadini di ogni età dalla fisica e dalla familiarità d'uso del pensiero fisico, per risolvere problemi complessi per sé e per la comunità all'interno della quale si opera: di fatto, si produce scarsa curiosità su ciò che riguarda la scienza ovvero una quasi automatica rinuncia a priori a cercare di soddisfarla, una inadeguata conoscenza del linguaggio e del metodo scientifici, una inadeguata percezione dell'utilità della scienza sia per rispondere alle grandi domande che a sviluppare consapevolezza delle tecnologie che da quella scienza gemmano e che scandiscono il nostro quotidiano.

In questo lavoro, si illustra un approccio all'insegnamento della fisica in contesti

di educazione formale e non formale, che mira a usare appieno il processo di pensiero fisico rimettendo osservazione dei fatti sperimentali, creatività, e formalizzazione nel loro ordine funzionale. L'approccio trae ispirazione da due esperienze didattiche particolarmente rilevanti: "How things work - The physics of everyday life" di Lou Bloomfield [1,2], e il riferimento teorico e pratico per l'insegnamento della fisica proposto da Randall D. Knight [7]. Dalla combinazione di queste due idee nasce lo sviluppo dell'ambiente di insegnamento e apprendimento Street Physics Toolbox (SPT), che segue il processo di pensiero fisico e educa l'intuizione a partire da dimostrazioni d'aula con oggetti e fenomeni di vita quotidiana capaci di creare coinvolgimento degli e delle studenti, per poi introdurre la formalizzazione propria del livello di istruzione nel quale si sta operando.

Il lavoro è così organizzato. Viene descritto in Sec. 2 l'ambiente di apprendimento di Street Physics Toolbox come sviluppato nel corso degli anni, soffermandosi sugli aspetti di processo, gli obiettivi formativi, e lo sviluppo dei contenuti. Uno spazio viene dedicato alla discussione delle opportunità e criticità, che sono state occasione di un più recente sviluppo del percorso nell'ambito dei progetti speciali per la didattica finanziati dall'Università di Pisa, concepito prima della pandemia e risultato di significativa utilità nel perimetro della didattica a distanza. Vengono quindi brevemente descritte esperienze in cui l'approccio SPT è stato utilizzato per percorsi di apprendimento e insegnamento in contesti di scuola superiore con il coinvolgimento di insegnanti: il contesto di Pianeta Galileo [8] e una formazione docenti realizzata per Zanichelli [9]. La Sec. 3 contiene infine considerazioni conclusive e di prospettiva.

2. L'ambiente Street Physics Toolbox

2.1. L'idea

Street Physics Toolbox è un ambiente di apprendimento della fisica sviluppato nell'ambito del corso La Fisica di Tutti i Giorni per la Laurea Triennale (LT) di Fisica dell'Università di Pisa, concepito per studenti di fisica che vogliono rafforzare la propria pratica di pensiero scientifico e la comprensione di problemi complessi in termini di concetti essenziali, prima di introdurre tecnicità, per studenti di fisica e altri corsi di studio scientifici con un futuro di insegnamento in scuole di ogni ordine e grado, e studenti ovunque animati dalla curiosità per la fisica. In effetti, il corso è nato nel 2007 come corso a scelta nella programmazione didattica con una scelta lungimirante della allora Facoltà di Farmacia dell'Università di Pisa, destinato a studenti con particolare curiosità per la fisica o, viceversa, con difficoltà ad affrontare la materia nel corso di fisica curricolare.

2.2. L'agenda scientifica

Seguendo l'idea di Lou Bloomfield [1,2], viene costruito un corso completo di fisica di base che include dinamica classica, fluidodinamica, termodinamica, elettromagnetismo, ottica, scienza dei materiali, chimica-fisica, ed elementi di fisica moderna e quantistica, in modo che le unità di apprendimento siano sviluppate rigorosamente a partire dal funzionamento di oggetti e fenomeni di vita quotidiana. Dal punto di vista didattico, la costruzione avviene definendo l'agenda scientifica - ovvero quali concetti e leggi si desidera discutere - e quindi scegliendo i corrispondenti oggetti e fenomeni di vita quotidiana, in modo che ogni oggetto coinvolga un'idea in modo centrale (ed eventualmente poche altre in modo secondario). "How Things Work" di L. Bloomfield [1] offre già un ricchissimo programma all'interno del quale scegliere. Per esempio, le tre leggi di Newton per moti traslatori possono essere discusse lavorando su come funzionano i pattini a rotelle, diversi sport, rampe per trasportare oggetti pesanti o bilance; le tre leggi di Newton per i moti rotatori con il funzionamento di giostre, biciclette, autoscontri; la statica e dinamica dei fluidi con immersioni, dai sistemi di irrigazione, frisbies e di nuovo diversi sport (come tirare un calcio di punizione col giro o come fare una battuta al salto a pallavolo), aspirapolveri e aeroplani; la termodinamica con tessuti per l'abbigliamento e le lampadine, i condizionatori d'aria e i motori di automobili, il tempo atmosferico; la risonanza e le onde meccaniche con orologi, strumenti musicali, surfing; elettromagnetismo, elettrodinamica, e onde elettromagnetiche con macchine fotocopiatrici, treni a levitazione magnetica, generazione e distribuzione di potenza elettrica, motori elettrici, amplificatori, telefoni cellulari, radio, tv, e forni a microonde; luce e ottica con la luce del sole, le vernici, le macchine fotografiche, telescopi e microscopi; la fisica moderna con laser e led e diagnostica medica; la scienza dei materiali con coltelli, vetri e finestre, plastica; la chimica-fisica con acqua, vapore e ghiaccio, detersivi, e fisica in cucina. A questo elenco si aggiungono ogni anno esperienze nuove realizzate a partire da idee che nascono nel lavoro d'aula quotidiano nutrendo la curiosità di chi partecipa, ovvero percorsi a tema che si estendono attraverso tutta l'agenda scientifica, come è il caso de il Tempo da Galileo alla Fisica Quantistica [8] e La Fisica di Harry Potter con quattro incantesimi (Wingardium Leviosa, Invisibility Cloak, Portkey, Time Turner) [8].

2.3. Le dimostrazioni d'aula e di strada

La scelta di oggetti e fenomeni non è neutra, poiché alcuni possono essere didatticamente più adatti di altri per lavorare su una data idea centrale e anche perché - a parità di efficacia didattica - è importante massimizzare l'interesse degli e delle studenti, e dunque il loro coinvolgimento e motivazione. Anche per questo motivo, ove possibile i fenomeni vengono scelti attraverso un processo partecipativo con gli e le studenti: è interessante infatti richiamare i risultati dell'indagine IARD realizzata da De Lillo e Frontini [10], dove si evidenzia come il 45% degli e delle studenti consi-

deri al primo posto per interesse la discussione di applicazioni della scienza alla vita quotidiana piuttosto, per esempio, che ricevere informazioni sulle scoperte più recenti (36%). Di fatto, il programma di lavoro effettivo può (e in generale è) ogni anno differente, e ogni anno si arricchisce di oggetti e fenomeni che gli e le studenti scelgono per preparare il proprio progetto come prova valutativa: di fatto, si realizza un ambiente di apprendimento/insegnamento che alimenta in modo sostenibile la produzione di idee didattiche [11–13]. Il programma di insegnamento acquista dunque una doppia lettura, un vero e proprio doppio indice, a seconda della prospettiva: quella del/la docente, centrata sull’agenda scientifica e educativa, e quella dello/a studente, centrata sul funzionamento dei fenomeni di interesse. In comune, sono le idee essenziali della fisica [1]. Nei contesti di insegnare a insegnare (studenti di università e docenti di scuola), si discute esplicitamente come fenomeni diversi possano offrire diversi gradi di efficacia ed efficienza nel lavoro d’aula sui concetti, a programma didattico fissato.

Le dimostrazioni d’aula sono realizzate rigorosamente con oggetti poveri e facilmente reperibili [14], allo scopo di incrementare il coinvolgimento degli e delle studenti, fornire uno stimolo a pensare in modo fisico nella quotidianità della realtà con cui si entra in contatto, e avere l’occasione di discutere con loro esplicitamente come imperfezioni ed errori possano mascherare l’effetto cercato o, al contrario, come con poco si possa comunque costruire una comprensione qualitativa o guidare l’intuizione. Insieme alle dimostrazioni d’aula pensate a priori per la data unità di apprendimento, si predispongono una sorta di cassetta degli attrezzi di oggetti e dispositivi che possono essere combinati all’occorrenza per concepire dimostrazioni d’aula che, impreviste, emergono dalla discussione principale come utili per confermare o smentire ipotesi create dagli e dalle studenti. Nei casi in cui la preparazione di una dimostrazione d’aula con materiali poveri non sia possibile, si fa ricorso alle enormi e interessanti risorse provviste da fumetti, racconti gialli e noir, libri, film di fantascienza e film in generale, che popolano la cultura e le passioni degli e delle studenti.

2.4. La formalizzazione

L’approccio “How Things Work” [1,2] è preziosissimo per questo cambio di paradigma, e consente di focalizzare in modo divertente l’attenzione sulle idee essenziali e sull’esercizio costante del pensiero scientifico, educando l’intuizione fisica attraverso processi creativi, seminando le tecnicità della formalizzazione nel terreno reso fertile dalla curiosità: in questo modo, rimane una risorsa – peraltro commisurata al grado di istruzione - anziché un ostacolo di linguaggio. Per questa via, l’approccio favorisce un cambiamento culturale potenzialmente profondo e soprattutto accessibile e funzionale in qualunque contesto di apprendimento. In effetti, rappresenta una risorsa comune ad ambienti di apprendimento formali e non formali. L’autrice ha utilizzato questo approccio in attività educative di fisica alla scuola dell’infanzia e in ludoteca, come nel laboratorio su “La fisica di Happy Potter per babbani/e” organizzato dall’associazio-

ne TiremInnanz a Milano; in attività di divulgazione scientifica con persone di ogni età, background di istruzione e provenienza culturale, come negli eventi Bright-La notte della ricerca organizzati dall'Università di Pisa e da INFN; in percorsi formali scolastici [8] e universitari, come nei corsi di fisica curricolari per Chimica e Tecnologie Farmaceutiche, per Scienze dei Prodotti Erboristici e della Salute, e per la LT di Fisica all'Università di Pisa.

D'altra parte, la scelta del fenomeno di vita quotidiana più funzionale alla discussione della fisica richiede la trasformazione di una criticità in opportunità. La descrizione del fenomeno richiede un concreto processo di *problem solving*, in cui una domanda complessa viene scomposta in più domande semplici, continuando l'operazione fino a che non siano coinvolti singoli concetti fisici. Non sempre è possibile scegliere il fenomeno in modo che ci sia un singolo concetto prevalente, e d'altra parte questa difficoltà può essere trasformata nell'opportunità di costruire il processo di problem solving in modo sistematico, al contempo costruendo consapevolezza del processo stesso a prescindere dall'uso della formalizzazione matematica. Ecco dunque che, nello sviluppo dell'ambiente SPT, si è proceduto a creare una cassetta degli attrezzi contenente più di 60 tra singoli concetti e leggi che li legano, discussi ciascuno a partire da dimostrazioni del tipo Street Physics, prima in modo qualitativo e quindi in modo formale. La forma degli strumenti della cassetta è quella di pillole video di pochi minuti, secondo un format concepito in collaborazione con Chiara Cini, giornalista ed esperta di comunicazione, nell'ambito del progetto speciale per la didattica "La fisica di tutti i giorni" selezionato e finanziato dall'Università di Pisa.

Per fare un esempio di filiera di concetti e leggi che li legano, si pensi ai concetti di posizione, velocità, accelerazione, massa, forza, condizioni iniziali, vincoli, e le tre leggi della dinamica per il punto materiale. La cassetta degli attrezzi è scomposta in mappe concettuali che rappresentano anche le procedure di base per la soluzione dei problemi: per continuare il medesimo esempio, la procedura di soluzione dei problemi di dinamica con l'uso delle forze. Le mappe concettuali possono dunque a questo punto essere utilizzate a diversi livelli di istruzione nel calcolo e formalizzazione matematica, per rispondere a domande che riguardano fenomeni più complessi, ovvero che coinvolgono più concetti e possibilmente anche procedure. Questa implementazione realizza nella modalità di fisica di tutti i giorni il riferimento teorico e pratico per l'insegnamento della fisica proposto da Randall D. Knight [7], centrato sullo sviluppo sequenziale di conoscenza concettuale, procedurale e fattuale come processo efficace ed efficiente per la soluzione dei problemi.

L'aspetto caratteristico di questo ambiente di insegnamento/apprendimento è in definitiva nella possibilità di poter esercitare il processo di pensiero scientifico a partire dall'osservazione, e attraverso creazione di ipotesi, formalizzazione, e verifica sperimentale. Le dimostrazioni d'aula o "di strada" rappresentano lo strumento privilegiato nel processo di problem solving e, in questo senso, insieme alla cassetta degli

attrezzi dei singoli concetti, consentono in principio di discutere e sviluppare intuito su un fenomeno anche senza utilizzare formalizzazione matematica. Lo stesso ambiente di apprendimento può dunque essere utilizzato in tutti i contesti di educazione formale e non formale e per tutte le età. In contesti di educazione formale curricolare, la formalizzazione matematica può dunque essere introdotta nel suo posto naturale e funzionale all'interno del processo di pensiero fisico, al livello commisurato al grado di istruzione.

2.5. Obiettivi

Per sua struttura, SPT consente di lavorare esplicitamente su obiettivi formativi disciplinari e trasversali che scalano tutta la tassonomia di Bloom [15]. Il lavoro in ambiente SPT implica di individuare le idee essenziali della fisica di base e saperle organizzare in mappe concettuali; modellizzare il funzionamento di fenomeni e oggetti quotidiani in termini di concetti e idee essenziali della fisica, attraverso strategie di problem solving; individuare e verificare fonti e materiali già esistenti e utili per lo story-telling di idee della fisica; elaborare strategie efficaci per rappresentare i concetti e le idee essenziali, in ogni tratto della loro rappresentazione formale; ideare e realizzare semplici dimostrazioni d'aula al servizio della discussione delle idee e concetti essenziali; sviluppare intuito fisico e creatività come strumenti essenziali per comprendere il funzionamento delle cose; raccontare in modo efficace ed efficiente problemi, anche complessi, della fisica a destinatari/e di diversa tipologia; progettare un corso di fisica per gradi di istruzione pre-universitari; progettare un'attività di divulgazione scientifica.

2.6. Implementazioni in contesti scolastici

L'ambiente SPT è stato utilizzato in contesto scolastico situato: ogni anno dal 2013 e con eccezione del 2018, è stato il riferimento metodologico per 16 lezioni-incontro di Pianeta Galileo, l'iniziativa della Regione Toscana che mette in contatto le scuole superiori con le università, in scuole superiori con ogni tipologia di indirizzo [8]. Le lezioni incontro sono destinate a studenti, e la preparazione degli incontri è stata condivisa con i o le docenti di riferimento, ritagliando argomenti e livello di formalizzazione matematica sulle necessità degli e delle studenti e dei/le docenti nel contesto specifico. Un contesto simile situato è stato il ciclo di lezioni presso il Liceo Scientifico "Volta" di Reggio Calabria, su invito della Scuola di Filosofia di Roccella Jonica su "Il tempo, dalla legge del pendolo ai viaggi nel tempo" (Reggio Calabria, 4-6 Aprile 2019), in collaborazione con la professoressa Carmen Petronio.

L'ambiente SPT è stato utilizzato anche in contesti di formazione insegnanti delle scuole superiori, per la progettazione di percorsi didattici a tema trasversale, come nel caso della conduzione dei Workshop "Educare al pensiero scientifico (nella, per la, come) didattica inclusiva" per gli Stati Generali della Scuola Digitale 2020 e "Dal

comportamento a rischio di adolescenti alla guida sicura. Il pensiero scientifico nella (per la, come) educazione civica” nell’ambito delle attività di formazione Zanichelli 2021.

3. Conclusioni e prospettive

In questo contributo è stato descritto l’ambiente di apprendimento Street Physics Toolbox (STP), che è stato sviluppato nel corso di quasi 15 anni nel contesto di corsi di studio universitari, prima a supporto di corsi di fisica curricolari di servizio e più di recente per corsi della laurea triennale in fisica, per studenti che vogliono acquisire strumenti per l’educazione e la didattica in fisica e migliorare la propria consapevolezza disciplinare. L’idea centrale di Street Physics Toolbox è l’educazione al processo di pensiero che si pratica nel fare fisica, dove l’osservazione dei fenomeni precede l’atto di creazione di ipotesi, che a sua volta precede la formalizzazione, per poi verificare le ipotesi in successive dimostrazioni sperimentali. Per quanto ovvio sia, troppo spesso non è questo l’ordine delle attività d’aula, in tutti gli ordini di istruzione. La familiarità d’uso del pensiero scientifico per le persone di ogni età e background ne risulta gravemente compromessa: sono evidenti le conseguenze di questo nello sviluppo di persone e comunità intelligenti nel relazionarsi alla realtà con intuizione, creatività, e astrazione e dunque nel risolvere problemi complessi.

STP prova a ristabilire l’ordine funzionale del processo di pensiero scientifico attraverso due operazioni essenziali e uno strumento: fare della quotidianità un laboratorio di fisica e introdurre la formalizzazione - qualunque sia il livello - solo dopo aver educato intuizione e creatività attraverso la pratica sperimentale. A disposizione di entrambi gli approcci alla realtà, quello laboratoriale e quello formale, è uno strumento nella forma di una cassetta degli attrezzi di singoli concetti essenziali di tutta la fisica di base, discussi nella medesima sequenza di osservazione-concettualizzazione-formalizzazione-verifica. In questo scenario e in questa sequenza, il pensiero fisico entra nella quotidianità delle persone grazie all’accessibilità del linguaggio formale, che per la fisica è legato alla matematica e al laboratorio. Infatti, gli esperimenti di tipo street physics sono a tutti/e accessibili e la matematica può essere introdotta al livello che compete al grado di istruzione, divenendo apprezzata per la funzione di sintesi della realtà che ogni linguaggio simbolico dovrebbe svolgere [4], e dunque davvero utile alla quantificazione del problema. Quando la matematica viene invece utilizzata come primo passo del processo di pensiero fisico, rimane un linguaggio sul piano esclusivamente astratto, come un insieme di parole alle quali è difficile dare un significato. Di più, nell’ambito di questo approccio è possibile anche sospendere temporaneamente il passaggio di formalizzazione, comunque sviluppando una comprensione strutturata sulle dimostrazioni d’aula, sebbene in termini qualitativi: questa possibilità è molto utile ad esempio in contesti di educazione non formale, o di educazione di più piccoli/e,

oppure di divulgazione. In questa prospettiva, SPT può rappresentare un ambiente per l'alfabetizzazione in fisica, base comune di un percorso curriculare che si differenzia nei diversi gradi di istruzione solo per il livello di competenza nella formalizzazione di linguaggio, di matematica e di laboratorio.

Sebbene si tratti di una sperimentazione consolidata molto apprezzata da docenti e studenti, STP non è ancora stato oggetto di validazione in un contesto di ricerca educativa. Lavori sono in corso in questa direzione, dei cui risultati si darà conto.

Bibliografia

- [1] BLOOMFIELD L., *How things work – The physics of everyday life* (J. Wiley, New York, 2001).
- [2] BLOOMFIELD L., *How everything works - Making physics out of the ordinary* (J. Wiley, New York, 2007).
- [3] EINSTEIN A. AND INFELD L., *Evolution of Physics*. (Cambridge University Press, 1938).
- [4] GARDNER H., *A Synthesizing Mind: A Memoir from the Creator of Multiple Intelligences Theory* (The MIT Press, Cambridge, 2020).
- [5] GARDNER H., *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences, 1st ed.* (Basic Books: New York, 1983).
- [6] Si veda per esempio il riferimento dell'Universal Design for Learning: <https://www.cast.org/impact/universal-design-for-learning-udl>.
- [7] KNIGHT R. D., *Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching* (Pearson, 2003).
- [8] CHIOFALO M., Pianeta Galileo, lezioni-incontro nell'ambito dell'iniziativa della Regione Toscana rivolta a Scuole e Università per promuovere l'educazione al pensiero scientifico, anni 2013-2020 <https://www.consiglio.regione.toscana.it/pianeta-galileo/>.
- [9] CHIOFALO M., "Dal comportamento a rischio di adolescenti alla guida sicura. Il pensiero scientifico nella (per la, come) educazione civica": webinar di formazione per docenti di scuola secondaria di secondo grado (Zanichelli, 2021).
- [10] VITTORIO N., Il PLS e la Formazione degli insegnanti - Talk su invito al Convegno del G6 del Piano Lauree Scientifiche *Contribuire allo sviluppo professionale dei docenti di Fisica*, Università di Catania 9-10 Febbraio 2021.
- [11] SCHWAB J., The Teaching of Science as Enquiry, *Bulletin of the Atomic Scientists*, **14** (1958) 374-379.
- [12] HERRON, M., The nature of scientific inquiry, *Sch. Rev.*, **79** (1971) 171-212.
- [13] BELL R.L. AND BINNS I., Simplifying inquiry instructions, *Sci. Teach.*, **72** (2005) 0-33.
- [14] MICHELINI, M., *Giochi, Esperimenti, Idee—Dal Materiale Povero al Computer Online: 120 Esperimenti da fare, non solo da Guardare* (Università di Udine: Udine, Italy, 1995).
- [15] BLOOM B. S., *Reflections on the development and use of the taxonomy*, in Kenneth J. Rehage, Lorin W. Anderson e Lauren A. Sosniak Ed.: *Bloom's taxonomy: A forty-year retrospective, Yearbook of the National Society for the Study of Education, vol. 93, n. 2, Chicago, National Society for the Study of Education (1994)*.
- [16] CHIOFALO M., "Il tempo, dalla legge del pendolo ai viaggi nel tempo": ciclo di lezioni con associata la conferenza divulgativa per la cittadinanza "L'Universo in quattro metri quadri", Liceo Scientifico "Volta" di Reggio Calabria, organizzato dalla Scuola di Filosofia di Roccella Jonica e in collaborazione con la professoressa Carmen Petronio (Reggio Calabria, 4-6 Aprile 2019).
- [17] CHIOFALO M., "Educare al pensiero scientifico (nella, per la, come) didattica inclusiva": webinar agli Stati Generali della Scuola Digitale (Brescia, 27 Novembre 2020).