

Promuovere la competenza epistemica attraverso l’educazione scientifica. Il ruolo della storia della scienza e dell’epistemologia nella formazione degli insegnanti

Monica Tombolato

Abstract – *In a knowledge-intensive society where science and technology play a significant role, easy access to information due to user-friendly devices increases the risk of forming erroneous beliefs that encourage potentially dangerous behavior. Thus, the task of school is to educate epistemically competent citizens who know how to act responsibly within the information ecosystems in which we live. In this paper, we intend to show how a didactic transposition of the scientific disciplines, aimed at also bringing out their 'syntax', helps to achieve this educational objective. To this end, we propose two didactic tools for teacher training, conceived in such a way as to structurally integrate the contributions that epistemology and the history of science can provide to the clarification and solution of didactic problems related to its syntactic structure.*

Riassunto – *In una società ad alta intensità di conoscenza, dove scienza e tecnologia rivestono un ruolo di primo piano, la facilità di accesso all'informazione grazie a dispositivi sempre più user-friendly amplifica il rischio di formarsi credenze errate che incitano a comportamenti potenzialmente pericolosi. Di qui il compito della scuola di formare cittadini epistemicamente competenti che sappiano agire in modo responsabile all'interno degli ecosistemi informativi in cui viviamo. In questo lavoro intendiamo mostrare come una trasposizione didattica delle discipline scientifiche finalizzata a far emergere anche la loro "sintassi" favorisca la realizzazione di questo obiettivo educativo. A questo proposito, proponiamo due strumenti operativi per la formazione degli insegnanti, progettati in modo da integrare strutturalmente i contributi che l'epistemologia e la storia della scienza possono offrire alla chiarificazione e soluzione di problemi didattici connessi alla sua struttura sintattica.*

Keywords – science education, didactic transposition, teacher training, procedural principles, epistemological obstacle

Parole chiave – educazione scientifica, trasposizione didattica, formazione insegnanti, principi procedurali, ostacolo epistemologico

Monica Tombolato è Ricercatrice in Didattica presso l'Università degli Studi di Urbino Carlo Bo, dove insegna *Pedagogia dei saperi, Elementi di fisica e didattica della fisica e Didattica dei saperi*. I suoi principali temi di ricerca riguardano la trasposizione didattica del sapere esperto in sapere da insegnare, il ruolo della storia e dell'epistemologia nell'educazione scientifica, i fondamenti epistemologici e pedagogici del curriculum integrato e lo sviluppo delle capacità decisionali negli insegnanti in servizio e pre-servizio. Tra le sue pubblicazioni: *La conoscenza della conoscenza scientifica. Problemi didattici* (Milano, FrancoAngeli, 2020); *Integrating knowledge about color within the STEM/STEAM approach: some instructional procedural principles* (in coll. con B. Martini e R. D'Ugo, in "Color Culture and Science Journal", 14(2), 2022, pp. 28-37).

1. La competenza epistemica come bisogno formativo dei cittadini del XXI secolo

In una società ad alta intensità di conoscenza, dove la spinta tecnologica e il rapido progredire della scienza si impongono quotidianamente anche nelle scelte della politica, promuovere la cultura scientifica dei cittadini diventa un dovere della scuola come luogo di democrazia ed emancipazione¹. La recente emergenza sanitaria dovuta alla pandemia da Covid-19 ci ha mostrato quanto la facilità di accesso all'informazione grazie a dispositivi tecnologici sempre più sofisticati possa rappresentare un'arma a doppio taglio. Se non si possiedono gli strumenti analitici e critici per frequentare con competenza e consapevolezza ambienti virtuali e social network si corre il rischio di formarsi credenze errate che incitano a comportamenti potenzialmente pericolosi. Di qui la necessità di educare gli studenti a pensare e agire in modo epistemicamente responsabile quando si tratta di compiere scelte e prendere decisioni in merito a questioni controverse sollevate dal progresso scientifico e tecnologico che hanno potenziali ricadute sulla qualità della vita del singolo individuo e della collettività.

Questo compito, tuttavia, a causa della crescente specializzazione delle conoscenze, rappresenta una sfida complessa per i docenti chiamati a selezionare cosa valga la pena insegnare e far apprendere ai propri allievi. In particolare, il quesito da cui muove il presente contributo è il seguente: Vista la facilità di accesso e la velocità di diffusione delle informazioni sulla rete, nonché l'impossibilità, per ciascuno di noi, di dominare con competenza la varietà e la vastità dei campi disciplinari, come possono gli insegnanti aiutare i propri studenti a orientarsi nell'infosfera in cui siamo immersi² e a sfuggire alla deprivazione epistemica³ causata da fenomeni come le fake news⁴, le camere d'eco, le bolle epistemiche⁵ e l'illusione di conoscenza⁶?

Per rispondere a questo interrogativo adotteremo un approccio didattico "a postura epistemica"⁷ basato sull'assunto che il lavoro cognitivo all'interno di specifici ambiti disciplinari favorisca la strutturazione di abiti di pensiero e di azione ad essi correlati. Il quesito può dunque essere riformulato in questi termini: come gli insegnanti dovrebbero ricostruire didatticamente⁸ le materie scolastiche a partire dalle discipline scientifiche di riferimento per consentire agli allievi di sviluppare le conoscenze, abilità e competenze necessarie per potersi comportare in modo informato e responsabile in un mondo sempre più segnato dalla scienza e dalla tecnica?

La proposta che avanziamo consiste nell'includere tra i traguardi formativi dei curricula di scienze obiettivi finalizzati allo sviluppo di competenze specificatamente epistemiche, dove per competenza epistemica s'intende, in generale, la capacità di un soggetto di acquisire, valutare,

¹ Cfr. M. Baldacci, *La scuola al bivio. Mercato o democrazia?*, Milano, FrancoAngeli, 2019.

² Cfr. L. Floridi, *La quarta rivoluzione: come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Milano, Raffaello Cortina, 2017.

³ Con deprivazione epistemica s'intende la riduzione di credenze vere o giustificate e il contemporaneo aumento di credenze false o ingiustificate.

⁴ Cfr. T. Piazza, M. Croce, *Epistemologia delle fake news*, in "Sistemi intelligenti", 31(3), 2019, pp. 439-468.

⁵ Cfr. C.T. Nguyen, *Echo chambers and epistemic bubbles*, in "Episteme", 17(2), 2020, pp. 141-161.

⁶ Cfr. S. Sloman, P. Fernbach, *L'illusione della conoscenza*, Milano, Raffaello Cortina, 2018.

⁷ Cfr. B. Martini, *L'educazione cognitiva. La relazione tra saperi di insegnamento e capacità cognitive*, in L. Mortari, M. Ubbiali (a cura di), *Educare a scuola*, Milano, Pearson, 2021, pp. 25-40.

⁸ Cfr. B. Martini, *Pedagogia dei saperi*, Milano, FrancoAngeli, 2011.

e utilizzare differenti tipi di conoscenze in contesti di diversa complessità e in condizioni di diverso grado di incertezza⁹.

Orientare esplicitamente l'interesse dei docenti in questa direzione è peraltro coerente con la definizione di *literacy scientifica* utilizzata nell'indagine internazionale PISA, promossa dall'OCSE, a partire dal 2000, con lo scopo di valutare come i quindicenni impiegano le proprie conoscenze *della scienza*¹⁰ e *sulla scienza*¹¹ per gestire efficacemente situazioni di vita reale e agire da cittadini responsabili. Tale distinzione, formulata in Pisa 2006, viene ulteriormente precisata in Pisa 2015, dove la conoscenza sulla scienza viene articolata in conoscenza procedurale ed epistemica al fine di sottolineare l'importanza – per lo sviluppo delle competenze scientifiche di cittadinanza – di promuovere la comprensione delle pratiche attraverso cui il sapere scientifico è acquisito, nonché la consapevolezza della sua natura e del grado di affidabilità che possiamo accordargli in funzione delle prove di cui disponiamo.

Al fine di creare le condizioni per rendere operativa la nostra proposta, procediamo innanzitutto col chiarire la definizione di competenza epistemica introdotta in precedenza, distinguendo la competenza degli esperti disciplinari dal tipo di competenza epistemica (diversa per grado ma non per natura) che può essere realisticamente acquisita durante il percorso scolastico.

2. Promuovere la competenza epistemica nel curriculum scientifico

L'espressione *competenza epistemica* compare principalmente nell'ambito dell'epistemologia sociale (e delle sue articolazioni interne) in relazione alla distinzione esperto/novizio, e nella letteratura giurisprudenziale interessata al problema del disaccordo tra esperti chiamati a testimoniare in sede di processo. Secondo Goldman¹², la competenza epistemica dell'esperto – in senso cognitivo o intellettuale – si manifesta nel possesso di un ampio bagaglio di conoscenze di livello avanzato in un certo settore disciplinare, unitamente a un insieme di abilità e di metodi per generare nuova conoscenza in risposta a quesiti rilevanti all'interno di quel settore. Analogamente Brewer¹³ definisce l'esperto disciplinare come colui che, grazie a un prolungato training specialistico, ha acquisito la competenza epistemica necessaria per comprendere obiettivi, metodi e risultati di uno specifico dominio di sapere e per impiegare criticamente tali metodi, coerentemente con tali obiettivi, al fine di produrre nuove conoscenze in quel dominio.

Trasposto in ambito educativo, tale costrutto viene variamente impiegato da differenti studiosi¹⁴ per dar voce all'esigenza – quanto mai attuale in una società *knowledge-based* che si regge sulla divisione del lavoro cognitivo e sulla facilità di accesso all'informazione – di instillare

⁹ Cfr. J.A. Greene, W.A. Sandoval, I. Bråten (Eds.), *Handbook of epistemic cognition*, New York, NY, Routledge, 2016.

¹⁰ Si riferisce alla conoscenza dei principali fatti, concetti e teorie nelle aree scientifiche di base.

¹¹ Si riferisce alla conoscenza dei mezzi e dei fini dell'impresa scientifica.

¹² A. Goldman, *Experts: Which ones should you trust?*, in "Philosophy and phenomenological research", 63(1), 2001, pp. 85-110.

¹³ S. Brewer, *Scientific Expert Testimony and Intellectual Due Process*, in "Yale LJ", 107, 1997, pp. 1535-1681.

¹⁴ Cfr. J.A. Greene, W. Sandoval, I. Bråten (Eds.), *Handbook of epistemic cognition*, cit.

negli studenti il bisogno di interrogarsi su cosa conti come conoscenza autentica in un determinato campo, nonché sui metodi e i criteri utilizzati per costruirla e valutarla. In questa chiave può essere interpretata la categorizzazione del sapere scientifico proposta in PISA 2015, dove viene definito “scientificamente alfabetizzato”, il cittadino che, dovendo acquisire informazioni perlopiù indirettamente, possiede adeguate conoscenze *sulla* scienza per poter fruire correttamente di risorse quali biblioteche e Internet. Per prendere decisioni razionali in merito a questioni socio-scientifiche complesse e agire responsabilmente in situazioni ad alto rischio, il cittadino del XXI secolo deve, infatti, riconoscere la natura probabilistica e fallibile dei risultati a cui gli scienziati pervengono, ma al contempo essere consapevole di come il carattere pubblico e collettivo della ricerca e la revisione tra pari riduca la probabilità di errore e di frode nel processo di accreditamento della conoscenza¹⁵.

L'apprendimento di conoscenze procedurali ed epistemiche rappresenta dunque una condizione necessaria per l'esercizio di comportamenti epistemicamente competenti. Il rischio, tuttavia, è che tali conoscenze rimangano “ineri” se in parallelo non si coltivano disposizioni stabili e durevoli a impiegarle correttamente in una varietà di contesti problematici, assumendosi la responsabilità del proprio agire¹⁶.

Se si accetta questa impostazione del problema, è possibile abbozzare una risposta al quesito iniziale esplicitando i vincoli che i docenti devono rispettare nel ricostruire didatticamente la loro disciplina:

– promuovere negli studenti un'immagine della scienza non solo come sistema organizzato di conoscenze (*scienza pronta all'uso*), ma anche come tentativo di una collettività di risolvere problemi applicando regole e criteri condivisi e utilizzando il disaccordo (su metodi, fatti, interpretazioni, fini, ecc.) e la discussione razionale¹⁷ come strumenti per favorire il progresso della conoscenza (*scienza in costruzione*)¹⁸;

– progettare attività didattiche che sollecitino gli studenti a mettere in atto comportamenti coerenti con tale immagine.

Sebbene, negli ultimi decenni, l'esigenza di mettere al centro dell'insegnamento le pratiche scientifiche esperte abbia ispirato nuovi approcci nel campo dell'educazione scientifica¹⁹, i risultati delle prove Pisa 2015 registrano, tuttora, in diversi paesi, tra cui l'Italia, uno sbilanciamento a favore delle conoscenze dei contenuti. Questo dato consente di ipotizzare una possibile lacuna nelle competenze disciplinari e/o didattiche dei docenti i quali, privilegiando un insegnamento orientato ai “prodotti” della scienza, rischiano di trasformare il sapere esperto in un sapere reificato, privo del suo potere formativo in quanto isolato dal contesto dell'indagine che

¹⁵ Cfr. ad es. P. Kitcher, *The advancement of science: Science without legend, objectivity without illusions*, New York, Oxford University Press, 1993.

¹⁶ Cfr. M. Baldacci, *Ripensare il curriculum: principi educativi e strategie didattiche*, Roma, Carocci, 2006.

¹⁷ Cfr. G. Bistagnino (a cura di), *Il disaccordo nella scienza e in politica: conflitti e dispute tra esperti e cittadini*, Pisa, Pisa university press, 2022.

¹⁸ B. Latour, *La scienza in azione. Introduzione alla sociologia della scienza*, Torino, Einaudi, 1998.

¹⁹ Cfr. ad es. R. Duschl, *Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals*, in “Review of research in education”, 32(1), 2008, pp. 268-291.

lo ha prodotto e che gli conferisce significato²⁰. Per questo motivo sosteniamo sia utile formare i docenti a una maggiore consapevolezza della storia e della epistemologia della loro disciplina, quali potenti risorse didattiche a cui poter attingere per progettare attività finalizzate alla promozione di competenze di tipo epistemico.

Nel prossimo paragrafo illustreremo i limiti di questa proposta per poi indicare una possibile soluzione e le relative implicazioni per la formazione degli insegnanti.

3. L'epistemologia e la storia della scienza come risorse didattiche

La convinzione che l'insegnamento della scienza possa trarre beneficio da una maggiore attenzione alla sua dimensione storica ed epistemologica accomuna studiosi di ambiti disciplinari diversi²¹. Si tratta, tuttavia, di un consenso che fatica a tramutarsi in concrete proposte che possano orientare l'agire didattico dell'insegnante sia per l'intrinseca complessità del progetto, sia a causa dei curricula universitari scientifici che, in genere, non prevedono approfondimenti sulla *natura della scienza* (NoS) ma al più un corso di storia della disciplina²².

Questa lacuna nel percorso di studi unitamente all'ancora diffuso pregiudizio delle due culture, alla consuetudine – a volte implicita – a reiterare i contenuti delle indicazioni programmatiche della manualistica nonché all'oggettiva ampiezza e profondità dei saperi coinvolti che rappresentano settori di ricerca accademicamente distinti e caratterizzati da metodologie differenti, rischia di minare la fattibilità di una formazione multiprospettica dei docenti. Se da un lato le difficoltà menzionate potrebbero farci desistere dal tentare di percorrere questa direzione, dall'altro il framework concettuale dell'indagine PISA ci ricorda che la sola conoscenza *della scienza* non basta a soddisfare i bisogni formativi dei cittadini del XXI secolo. Promuovere la conoscenza *sulla scienza* equivale, come osserva Tagliagambe²³, a riconoscere la necessità di introdurre nell'insegnamento questioni di ordine epistemologico e – aggiungiamo – di imparare a utilizzarle a fini formativi.

In questo quadro avanziamo la seguente proposta: aiutare gli insegnanti a interpretare l'epistemologia e la storia della disciplina come risorse didattiche per perseguire efficacemente obiettivi formativi di tipo epistemico fornendo loro strumenti operativi in grado di integrare strutturalmente i contributi, differenti ma complementari, che tali saperi possono offrire alla chiarificazione e soluzione di problemi educativi.

Per la progettazione di tali dispositivi didattici ci siamo riferiti all'epistemologia sociale della

²⁰ Cfr. J.J. Schwab, *La struttura delle discipline*, in J.J. Schwab, L.H. Lange, G.C. Wilson, M. Scriven, *La struttura della conoscenza e il curriculum*, Scandicci, La Nuova Italia, 1971.

²¹ Cfr. ad es. D. Antiseri, *Didattica delle scienze*, Roma, Armando, 2000; B. Martini, *Pedagogia dei saperi*, cit.; M. Matthews, *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*, Dordrecht, Springer, 2014; M. Leone, *History of physics as a tool to detect the conceptual difficulties experienced by students: the case of simple electric circuits in primary education*, in "Science & Education", 23, 2014, pp. 923-953.

²² Cfr. L. Dibattista, *Storia della scienza e didattica delle discipline scientifiche*, Roma, Armando Editore, 2004.

²³ S. Tagliagambe, *I saperi a scuola*, in https://www.treccani.it/export/sites/default/scuola/archivio/osservatorio/la_scuola_che_cambia/italianieuropei/tagliagambe.pdf, consultato in data 03/02/2023.

scienza (ESdS) quale branca della filosofia che assume a oggetto di studio il sapere scientifico come correlato, storicamente determinato, di pratiche epistemiche che evolvono e si perfezionano grazie al confronto con la natura e alla revisione tra pari all'interno della comunità scientifica²⁴. Questa scelta risponde all'esigenza di educare gli studenti a interpretare la scienza non solo in funzione di ciò che gli scienziati dicono, ma anche di quello che concretamente fanno e di come lo fanno. Analizzare il sapere esperto attraverso la lente interpretativa dell'ESdS consente, infatti, di focalizzare l'attenzione non solo su *che cosa* si conosce, ma anche – come auspicato da Duschl²⁵ – su *come* lo si conosce e sul *perché* ci si crede. Nello specifico, operare l'analisi disciplinare guidati da interrogativi di ordine epistemologico è funzionale a ricostruire la disciplina dal punto di vista della sua “sintassi”, ovvero della “varietà di metodi di indagine, di scoperta e di prova”²⁶ condivisi dai membri della comunità di riferimento. Appartengono alla struttura sintattica di ciascuna disciplina scientifica, ad esempio, metodi e criteri per identificare i problemi rilevanti all'interno del dominio, specifiche modalità per formulare e testare ipotesi e per porle in relazione con generalizzazioni più ampie, forme di ragionamento scientifico e criteri per stabilirne la correttezza, modelli di spiegazione ritenuti validi, sistemi per raccogliere e interpretare dati (paradigmi osservativi e sperimentali, specifici strumenti e rispettivi criteri di validità e affidabilità) e i linguaggi per rappresentarli²⁷.

In sintesi, l'ESdS ci fornisce dei principi organizzatori che favoriscono lo sviluppo di competenze epistemiche nella misura in cui permettono di ricostruire didatticamente la disciplina come sistema correlato di prodotti e pratiche, governato da un insieme di regole che stabiliscono cosa è da considerarsi conoscenza in quel dominio²⁸.

La storia della scienza offre, invece, un punto di vista privilegiato per comprendere le complesse dinamiche che presiedono alla costituzione delle norme a cui sono assoggettati i membri della comunità scientifica e come tali norme possono essere “disattese”²⁹. La formazione della struttura sintattica della disciplina non è infatti un processo lineare e definito una volta per tutte, ma risente del contesto storico-sociale e richiede anche il superamento di ostacoli epistemologici che spesso si ripresentano nell'apprendimento sotto forma di misconcezioni³⁰.

4. Una proposta di strumenti didattici per la formazione degli insegnanti

Attualmente sono in fase di realizzazione due tipi di dispositivi che possono aiutare i docenti

²⁴ Cfr. ad es. P. Kitcher, *The advancement of science*, cit.

²⁵ R. Duschl, *Science education in three-part harmony*, cit., p. 269.

²⁶ J.J. Schwab, *La struttura delle discipline*, cit., p. 20.

²⁷ Cfr. J.J. Schwab, *La struttura delle discipline*, cit.; P. Kitcher, *The advancement of science*, cit.

²⁸ Cfr. L.S. Shulman, *Those who understand: Knowledge growth in teaching*, in “Educational researcher”, 15(2), 1986, pp. 4-14.

²⁹ Ivi, p. 9.

³⁰ Cfr. ad es. H.P. Schecker, *The paradigmatic change in mechanics: Implications of historical processes for physics education*, in “Science and Education”, 1(1), 1992, pp. 71-76; M. McCloskey, *Fisica intuitiva*, in “Le Scienze”, 178, 1983, pp. 108-118.

a guadagnare una maggiore consapevolezza degli aspetti sintattici della loro disciplina e dei problemi relativi alla loro trasposizione: una tassonomia di ostacoli epistemologici sotto forma di matrice bidimensionale che incrocia tipi di prodotti scientifici (teorie, leggi, modelli, ecc.) e tipi di pratiche epistemiche (di costruzione, validazione, giustificazione, ecc.) e un modello teorico e operativo, basato su principi procedurali, finalizzato a promuovere la comprensione della scienza “in costruzione”.

Entrambi gli strumenti si collocano nel medesimo ambito disciplinare – la fisica – in quanto originariamente concepiti per rispondere ad alcune criticità emerse durante i laboratori di fisica afferenti al corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria (SFP) dell’Università di Urbino. Come precisato in un altro lavoro³¹, la quasi totalità degli studenti rivela, infatti, una concezione dogmatica e ingenua sia delle pratiche epistemiche disciplinari – come, ad esempio, il ricorso a casi ideali o la progettazione di esperimenti controfattuali, reali e/o mentali – sia dei criteri per valutarle. Si è dunque pensato di ideare degli strumenti operativi utili a orientare l’azione didattica degli insegnanti (pre e in servizio) di scuola dell’infanzia e primaria che, oltre alle lacune nella formazione pregressa, devono scontare l’ulteriore difficoltà di maturare competenze in una pluralità di ambiti specifici attraverso una serie limitata di esperienze.

In un secondo momento, in seguito ad una ricognizione della letteratura scientifica, si è optato per includere tra i destinatari anche i docenti della secondaria di primo e secondo grado. Sebbene i curricula di studi scientifici prevedano il reiterato confronto con problemi concreti considerati paradigmatici dalle comunità di riferimento³² e pertanto forniscano a chi li frequenta l’opportunità di apprendere la sintassi della disciplina, tale apprendimento rimane prevalentemente di tipo tacito e si manifesta perlopiù nella prestazione competente. Una sorta di conoscenza incorporata nelle pratiche, insegnata e appresa ostensivamente, che l’assenza di approfondimenti epistemologici e storici finalizzati alla sua tematizzazione rende difficile da articolare esplicitamente.

Ne consegue una differente funzione degli strumenti a seconda che i destinatari siano insegnanti dell’infanzia/primaria o della secondaria: nel primo caso tali dispositivi integrano conoscenze di cui i docenti non dispongono, nel secondo caso li aiutano a riflettere su ciò che hanno appreso implicitamente attraverso la pratica. Tale differenza richiederà necessariamente degli adattamenti degli strumenti per cui si prevedono esperienze pilota in cui insegnanti e ricercatori potranno co-progettare attività didattiche basate sull’uso di tali dispositivi per ottenere feedback su come renderli meglio rispondenti alle esigenze dei differenti livelli scolari.

Il primo strumento, di cui si è dettagliata la struttura in un precedente lavoro³³, ha lo scopo di porre in relazione aspetti soggettivo-descrittivi e oggettivo-normativi della conoscenza scientifica, sulla base dell’ipotesi che alcune delle misconcezioni rilevate dalla ricerca empirica possono essere considerate indizi di ostacoli epistemologici riferibili a come i “prodotti” della scienza si correlano alle pratiche epistemiche disciplinari impiegate per ottenerli. Nello specifico, tali

³¹ M. Tombolato, *La conoscenza della conoscenza scientifica. Problemi didattici*, Milano, FrancoAngeli, 2020.

³² Cfr. T.S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Torino, Einaudi, 1999.

³³ Per approfondimenti si rinvia a M. Tombolato, *Conscious citizenship and science education. Promoting students’ epistemic cognition through a taxonomy of epistemological obstacles*, in M. Badino et al., *Beyond the two cultures. Experiences from a Pot Project*, Trento, Erickson, 2022, pp. 225-247.

ostacoli rappresentano le difficoltà storicamente incontrate dagli scienziati nel tentativo di definire, modificare e ampliare l'insieme di norme che stabilisce cosa è da considerarsi conoscenza in un dato dominio e quali sono i metodi e le tecniche affidabili per generarne di nuova. A questo riguardo, riteniamo la tassonomia un utile dispositivo ermeneutico ed euristico dei processi di insegnamento-apprendimento in quanto può aiutare i docenti a comprendere e prevedere le difficoltà incontrate dagli allievi nel processo di acquisizione di quelle stesse norme e a strutturare attorno ad esse percorsi di apprendimento finalizzati a introdurre questioni relative alla natura della conoscenza, ai suoi limiti, alle sue implicazioni etico-sociali, inquadrandole nella cornice della cittadinanza consapevole.

Il secondo strumento rappresenta invece un tentativo di definire operativamente un approccio di tipo storico-epistemologico all'insegnamento della fisica, attraverso l'individuazione di alcuni principi procedurali³⁴ – intesi come schemi pragmatici di comportamento – che possano supportare gli insegnanti nella progettazione di attività didattiche finalizzate alla comprensione della “scienza in costruzione”³⁵.

A questo fine si è assunto come “caso di studio” il progetto di Laboratorio storico-didattico presso il *Gabinetto di Fisica: Museo Urbinate della Scienza e della Tecnica*, ideato con l'obiettivo di supportare sia la ricerca in ambito storico-scientifico e didattico sia le attività di didattica universitaria a partire dai laboratori di fisica afferenti al corso di SFP.

In questa prospettiva, nel febbraio 2020, su richiesta del curatore scientifico del *Gabinetto di Fisica*, Prof. Roberto Mantovani, sono stati acquistati alcuni apparecchi scientifici moderni, con design simile agli strumenti antichi esposti nel museo. A differenza del tradizionale uso didattico della storia della scienza come “ornamento umanistico”³⁶, il laboratorio ambisce a promuovere una più sofisticata concezione del lavoro degli scienziati, integrando nella pratica sperimentale, attraverso la fedele riproduzione di alcuni esperimenti di fine '700 e '800, la riflessione epistemologica sulla pratica stessa nel contesto della sua genesi ed evoluzione storica.

Sebbene la possibilità di manipolare copie di strumenti scientifici antichi e realizzare a mezzo di essi alcune esperienze significative sia vincolata al luogo fisico dove il laboratorio è in fase di allestimento, si è ritenuto, tuttavia, utile ispirarsi a tale progetto per costruire, secondo uno schema a tre fasi (Fig. 1), un modello, basato su principi procedurali, in grado di fornire indicazioni operative ai docenti interessati ad integrare storia ed epistemologia nel curriculum di scienze a diversi livelli scolastici. Allo stato attuale della ricerca, è stata completata solo la prima fase relativa all'individuazione delle caratteristiche che definiamo gli invarianti del modello. Nelle fasi successive, per ogni invariante, attraverso una revisione della letteratura storico-epistemologica ed educativa, verranno identificate delle variabili didattiche nei termini delle quali verranno infine formulati i principi procedurali.

³⁴ L. Stenhouse, *Dalla scuola del programma alla scuola del curriculum*, Roma, Armando, 1977.

³⁵ Per approfondimenti si rinvia a M. Tombolato, *Enhancing students' understanding of “science in the making” within a historical perspective*, in V. Zanini, A. Naddeo, F. Bònola (a cura di), *Proceedings of the 41st Annual conference: Arezzo, 6-9 settembre*, Pisa, Pisa university press, 2022, pp. 273-278.

³⁶ Cfr. L. Dibattista, *Storia della scienza e didattica delle discipline scientifiche*, cit.

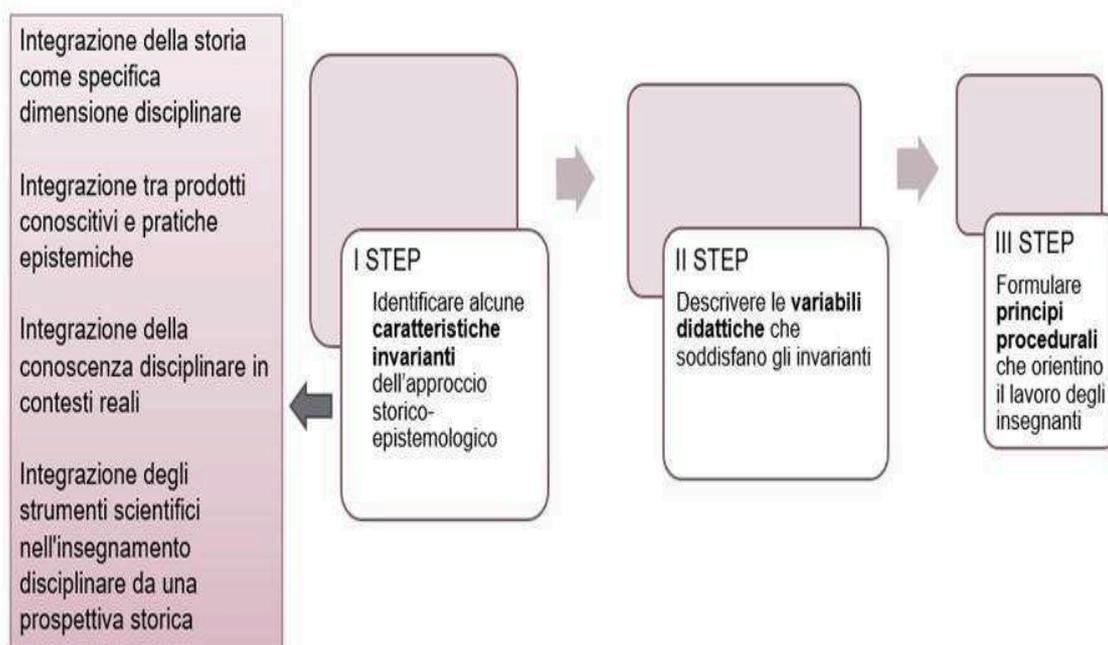


Figura 1 – Schema a tre fasi per individuare i principi procedurali del modello

5. Conclusione

In questo contributo abbiamo sostenuto l'importanza di formare cittadini epistemicamente competenti che sappiano agire in modo responsabile all'interno degli ecosistemi informativi in cui viviamo. Questo richiede, all'interno della prospettiva "a postura epistemica" in cui ci siamo collocati, che la ricostruzione scolastica delle discipline scientifiche ne faccia emergere anche la *struttura sintattica*, attraverso il ricorso all'epistemologia e alla storia della scienza. Alla luce delle difficoltà che questo compito comporta, la proposta che avanziamo consiste nel formare i docenti all'uso di strumenti operativi progettati in modo da integrare strutturalmente i contributi che tali saperi possono offrire alla chiarificazione e soluzione di problemi didattici. Questa soluzione ha, infatti, il vantaggio di orientare la formazione dei docenti in aree del sapere vaste e complesse con cui hanno in genere scarsa dimestichezza.

6. Bibliografia di riferimento

- Antiseri D., *Didattica delle scienze*, Roma, Armando, 2000.
- Baldacci M., *Ripensare il curriculum: principi educativi e strategie didattiche*, Roma, Carocci, 2006.
- Baldacci M., *La scuola al bivio. Mercato o democrazia?*, Milano, FrancoAngeli, 2019.
- Bistagnino G. (a cura di), *Il disaccordo nella scienza e in politica: conflitti e dispute tra esperti e cittadini*, Pisa, Pisa University press, 2022.
- Brewer S., *Scientific Expert Testimony and Intellectual Due Process*, in "Yale LJ", 107, 1997, pp. 1535-1681.
- Dibattista L., *Storia della scienza e didattica delle discipline scientifiche*, Roma, Armando Editore, 2004.
- Duschl R., *Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals*, in "Review of research in education", 32(1), 2008, pp. 268-291.
- Floridi L., *La quarta rivoluzione: come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Milano, Raffaello Cortina, 2017.
- Goldman A., *Experts: Which ones should you trust?*, in "Philosophy and phenomenological research", 63(1), 2001, pp. 85-110.
- Greene J.A., Sandoval W.A., Bråten I. (Eds.), *Handbook of epistemic cognition*, New York, NY, Routledge, 2016.
- Kitcher P., *The advancement of science: Science without legend, objectivity without illusions*, New York, Oxford University Press, 1993.
- Kuhn T.S., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Torino, Einaudi, 1999.
- Latour B., *La scienza in azione. Introduzione alla sociologia della scienza*, Torino, Einaudi, 1998.
- Leone M., *History of physics as a tool to detect the conceptual difficulties experienced by students: the case of simple electric circuits in primary education*, in "Science & Education", 23, 2014, pp. 923-953.
- Matthews M., *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*, Dordrecht, Springer, 2014.
- Martini B., *Pedagogia dei saperi*, Milano, FrancoAngeli, 2011.
- Martini B., *L'educazione cognitiva. La relazione tra saperi di insegnamento e capacità cognitive*, in L. Mortari, M. Ubbiali (a cura di), *Educare a scuola*, Milano, Pearson, 2021, pp. 25-40.
- McCloskey M., *Fisica intuitiva*, in "Le Scienze", 178, 1983, pp. 108-118.
- Nguyen C.T., *Echo chambers and epistemic bubbles*, in "Episteme", 17(2), 2020, pp. 141-161.
- Piazza T., Croce M., *Epistemologia delle fake news*, in "Sistemi intelligenti", 31(3), 2019, pp. 439-468.
- Schecker H.P., *The paradigmatic change in mechanics: Implications of historical processes for physics education*, in "Science and Education", 1(1), 1992, pp. 71-76.

Schwab J.J., *La struttura delle discipline*, in J.J. Schwab, L.H. Lange, G.C Wilson, M. Scriven, *La struttura della conoscenza e il curricolo*, Scandicci, La Nuova Italia, 1971.

Shulman L.S., *Those who understand: Knowledge growth in teaching*, in "Educational researcher", 15(2), 1986, pp. 4-14.

Sloman S., Fernbach P., *L'illusione della conoscenza*, Milano, Raffaello Cortina, 2018.

Stenhouse L., *Dalla scuola del programma alla scuola del curricolo*, Roma, Armando, 1977.

Tagliagambe S., *I saperi a scuola*, in https://www.treccani.it/export/sites/default/scuola/archivio/osservatorio/la_scuola_che_cambia/italianieuropei/tagliagambe.pdf, consultato in data 03.02.2023.

Tombolato M., *La conoscenza della conoscenza scientifica. Problemi didattici*, Milano, FrancoAngeli, 2020.

Tombolato M., *Conscious citizenship and science education. Promoting students' epistemic cognition through a taxonomy of epistemological obstacles*, in M. Badino et al., *Beyond the two cultures. Experiences from a Pot Project*, Trento, Erickson, 2022, pp. 225-247.

Tombolato M., *Enhancing students' understanding of "science in the making" within a historical perspective*, in V. Zanini, A. Naddeo, F. Bònola (a cura di), *Proceedings of the 41st Annual conference: Arezzo, 6-9 settembre*, Pisa, Pisa university press, 2022, pp. 273-278.

Data di ricezione dell'articolo: 19 marzo 2023

Date di ricezione degli esiti del referaggio in doppio cieco: 12 e 25 aprile 2023

Data di accettazione definitiva dell'articolo: 22 maggio 2023