
STRUMENTI SCIENTIFICI:
OBJECT READING E DIDATTICA INFORMALE

SILVANA BARBACCI

Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze

PAOLO BRENNI

CNR e Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze

ANNA GIATTI

Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze

Introduzione

Il presente contributo, ha la finalità di mostrare come si possano creare attività didattiche a partire da un'opportuna lettura degli 'oggetti' di una collezione storica di strumenti scientifici, in questo caso quelli preservati nel Gabinetto di Fisica della Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze.

Saranno presentati esempi concreti di creazione di possibili percorsi didattici facendo riferimento – tra l'altro – alla realizzazione di un kit ("Vapore, lavoro, energia") sulle origini storiche della termodinamica, progettato per l'uso, da parte degli insegnanti, a scuola. Il kit è stato realizzato nell'ambito del progetto europeo HIPST (*History and Philosophy in Science Teaching*, VII Programma Quadro dell'Unione Europea).

1. Il patrimonio storico conservato presso la Fondazione Scienza e Tecnica

Alla metà del XIX secolo prese avvio a Firenze l'Istituto Tecnico Toscano, un'istituzione concepita dal suo primo direttore Filippo Corridi e fortemente sostenuta da Leopoldo II di Lorena, ultimo granduca di Toscana. I Lorena si distinsero spesso per una notevole sensibilità di stampo illuminista verso la scienza utile e verso un'idea di progresso lungimirante anche se spesso molto prudente. Leopoldo II, in particolare, sostenne e promosse un ammodernamento della Toscana attraverso il rilancio delle realtà economiche e il decollo della nascente industria toscana. In questa operazione il ruolo dell'Istituto Tecnico era considerato fondamentale, in quanto doveva provvedere alla formazione dei nuovi tecnici specializzati, contribuire alla formazione di ingegneri, architetti e agronomi e mettere in relazione le realtà produttive locali con le novità scientifiche e tecnologiche provenienti dall'estero.

Il modello didattico s'ispirava a quello adottato in scuole e politecnici europei e l'insegnamento venne incentrato sull'aspetto pratico delle varie discipline scientifiche e tecniche.

Fulcro dell'attività di insegnamento avviata nel 1857, e sempre fondamentali anche nelle trasformazioni e negli sviluppi futuri, furono le raccolte di strumenti scientifici, macchine, modelli e reperti di storia naturale. Il Gabinetto di Fisica costituì uno dei centri principali intorno al quale venne raccolta una collezione veramente imponente di strumenti e apparecchi che, per la sua omogeneità e sistematicità, ben riproduce i progressi della strumentazione utilizzata in fisica e l'evolversi del design degli apparecchi durante un secolo.

L'Istituto Tecnico Toscano costituì anche altre collezioni oltre a quella di fisica: raccolte di mineralogia, paleontologia, zoologia, botanica, merceologia, chimica, strumenti topografici... Queste raccolte, generalmente ben conservate o addirittura, come nel caso del Gabinetto di Fisica, pervenute quasi intatte, rappresentano oggi un patrimonio storico-scientifico d'importanza europea, che fornisce un'immagine dettagliata di quella che era la didattica scientifica nel periodo tra la metà dell'Ottocento e i primi decenni del XX secolo.



Figura 1. Il Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano in una fotografia del 1899.

Per garantire la salvaguardia e la valorizzazione delle raccolte è stata avviata, dagli anni Ottanta del secolo scorso, un'opera di recupero del patrimonio e nel 1988 è nata la Fondazione Scienza e Tecnica. Durante questo periodo è stato condotto un restauro e uno studio approfondito degli apparecchi che costituiscono la collezione del Gabinetto di Fisica e nel 2007 si sono conclusi anche i lavori di ristrutturazione dei locali che esso occupa dal 1891. Ciò ha consentito di riallestire la collezione nel luogo e negli arredi originali. Contestualmente all'apertura al pubblico e al mondo della scuola, hanno cominciato a concretizzarsi i frutti di una riflessione e di una ricerca sui possibili impieghi di tale patrimonio attraverso attività di didattica informale orientate a favorire l'integrazione dell'insegnamento delle discipline scientifiche a scuola con una prospettiva di

carattere storico e filosofico. La progettazione di tali attività tiene conto delle necessità di corretta conservazione delle raccolte.

2. Usi possibili delle collezioni di strumenti scientifici storici

A differenza di altre realtà museali che raccolgono collezioni create a posteriori grazie a donazioni, lasciti o acquisizioni di varia natura, il patrimonio conservato alla Fondazione presenta una notevole omogeneità per quanto riguarda periodo storico, ambito scientifico e fine didattico e educativo. La presenza di una biblioteca storica, di raccolte afferenti anche alle scienze naturali e alla merceologia, con campioni di zoologia, botanica, mineralogia, materie prime e prodotti manifatturieri, costituisce un notevole vantaggio in quanto consente di costruire connessioni fra discipline diverse e, in generale, un approccio di tipo multidisciplinare che offre l'occasione di elaborare delle narrazioni.

Gli strumenti scientifici possono quindi costituire il punto di partenza per produrre racconti che riguardano la storia non solo della fisica ma anche della cultura materiale, della società e della moda, oltre che – ovviamente – del progresso tecnologico e delle scienze naturali. La prospettiva storica permette così di creare legami fra oggetti apparentemente scollegati.

La progettazione di queste narrazioni richiede l'apporto di competenze specifiche sia in fase di ideazione che di presentazione al pubblico. I risultati ottenuti – come confermato dagli esempi che saranno presentati nei successivi paragrafi – possono essere molto soddisfacenti. Infatti, percorsi che presentano alcuni oggetti appartenenti a diverse collezioni che mostrano le possibili interazioni e collegamenti tra gli oggetti stessi risultano particolarmente interessanti per il pubblico. In secondo luogo, toccando diversi temi e argomenti, gli studenti sono stimolati a far cadere le 'classiche' barriere tra discipline. In terzo luogo, gli strumenti storici – e certamente altri manufatti – sono contestualizzati in un panorama che illustra la complessità e la ricchezza dell'impresa umana. Infine, particolari oggetti, come gli strumenti scientifici, non sono considerati come curiosità di antiquariato per specialisti e conoscitori, ma sono posti in un ampio panorama e in un contesto ricco di sfaccettature.

È importante poi considerare che gli strumenti scientifici storici – e non solo quelli costruiti per la didattica – consentono per lo più una visione diretta di ciò che succede durante un'esperienza, una misurazione o una dimostrazione. Ciò induce in molti casi a preferirli a moderni strumenti scientifici didattici che, costituiti spesso da black box e dispositivi elettronici, risultano meno trasparenti e forniscono 'solo' risultati. Il loro aspetto costituisce poi un'attrattiva sia per il design di gusto storico sia per la cura dei materiali e dei particolari che testimoniano: fino ai primi decenni del secolo scorso vi era infatti, anche da parte dei costruttori, un'attenzione particolare per il design e per le rifiniture alle quali si riconosceva una 'funzionalità psicologica'.

Queste particolari capacità di attrattiva non devono però indurre a rimanere al livello di un approccio didattico superficiale, quale sarebbe il loro impiego per dimo-

strare leggi o fenomeni, come si può fare con moderne collezioni didattiche o semplici giochi scientifici realizzabili anche con materiale povero. Un impiego di questo tipo ne comprometterebbe inoltre la conservazione, che deve comunque sempre rimanere uno degli obiettivi prioritari nella gestione di collezioni storiche. Mostrarne semplicemente l'uso e la funzione costituisce un impiego parziale delle potenzialità di questi beni perché essi possono essere invece la sorgente di innumerevoli spunti e idee.

Se pensiamo a come un archeologo, per esempio, riesce a ottenere informazioni da fonti materiali, possiamo immaginare come uno strumento scientifico storico può parlare – attraverso i materiali che lo compongono – di quali erano gli elementi e i composti conosciuti o disponibili al tempo, del loro commercio, della loro diffusione, di quali erano i processi di trasformazione delle materie prime... Le decorazioni testimoniano il gusto e la moda di un tempo piuttosto che l'abilità degli artigiani o la disponibilità di utensili e macchinari. Attraverso lo studio dello stile, del design e dei materiali è possibile talvolta individuare l'area geografica di provenienza del manufatto, oppure, se – al contrario – è presente la firma o il cartiglio del costruttore, si ottengono informazioni sullo stato e la diffusione dell'industria di precisione. Uno strumento scientifico è un prodotto del suo tempo, porta i segni dell'epoca in cui è stato ideato e costruito ed è facile immaginare come anche studi di storia economica, architettura e ingegneria possano trarre vantaggio da un'analisi attenta e approfondita di questo tipo.

È comunque indiscutibile che talvolta sia fondamentale vedere in azione gli apparecchi, per comprenderne il funzionamento e acquisire consapevolezza degli aspetti pratici e materiali che concorrono alla realizzazione di un esperimento scientifico.

Per garantire la conservazione degli strumenti storici si possono realizzare modelli funzionanti. Questi possono essere ricondotti a due tipi principali: le ricostruzioni che hanno l'obiettivo di riproporre determinate esperienze e quindi riproducono il funzionamento di un apparecchio anche attraverso l'impiego di materiali moderni, e le ricostruzioni che invece vengono realizzate con particolare rigore per quanto riguarda i materiali, la forma e le caratteristiche degli strumenti originali.

Se l'obiettivo è riproporre un'esperienza all'interno di un percorso didattico e le disponibilità economiche e tecniche sono modeste, è possibile utilizzare materiali economici e cercare di semplificare al massimo puntando all'essenziale. Con un po' di creatività si possono ottenere ottimi risultati e garantire un primo approccio a tematiche scientifiche e storiche fondamentali.

La possibilità di eseguire o avere a disposizione ricostruzioni 'filologicamente' rigorose di strumenti scientifici consente certamente di entrare in contatto più in profondità con gli strumenti stessi, il loro funzionamento e il loro significato. Una ricostruzione rigorosa da un punto di vista storico può essere un veicolo per letture intrecciate e interdisciplinari, e, se è stata realizzata in modo da poter ripetere esattamente le esperienze originali, mette in condizione di entrare profondamente in contatto con la pratica sperimentale. In questo caso si tratta di attività didattiche molto specializzate e attivabili solo a livello universitario.

Come già accennato, l'attività didattica e di divulgazione non deve entrare in conflitto con le buone pratiche di conservazione delle collezioni storiche. Un uso costante e ripetuto di macchine e apparecchi antichi non è sostenibile e porterebbe presto alla loro distruzione. Bisogna pensare del resto che, quando queste raccolte venivano usate per la didattica o la ricerca, il loro funzionamento era sempre assistito da preparatori specializzati i quali, oltre a montare gli strumenti e predisporre le esperienze, provvedevano alla manutenzione, alle riparazioni e in generale al buon funzionamento. Oggi, questo è difficilmente ottenibile per le note deficienze di personale, ma anche per una minore diffusione delle abilità sperimentali.

Molte delle esperienze necessitano di operazioni particolarmente complesse, di messe a punto lunghe e delicate, e talvolta una dimostrazione o, ancora più spesso, una misurazione va a buon fine solo dopo innumerevoli ripetizioni. Alcune delle procedure comprendono 'trucchi' e necessitano di una manualità che nessun testo, manuale o articolo può trasmettere poiché solo la pratica può portare al successo di alcune imprese sperimentali. Molti apparecchi non sono *user friendly*; al contrario, sono fragili e complessi da manipolare e i rischi di danneggiamento sono alti. In ogni caso l'uso prolungato porterebbe inevitabilmente a danni: si pensi per esempio a tutti quegli strumenti per i quali è necessario l'impiego di acqua – come le fontane di Erone o le fontane intermittenti – che, terminata la dimostrazione, sarebbe difficile asciugare completamente negli interstizi e nelle filettature, favorendone così l'ossidazione. Parti come avvolgimenti elettrici o guarnizioni sono particolarmente soggette a danneggiarsi ed eventuali riparazioni – sempre che siano possibili – ne altererebbero certamente le caratteristiche originali.



Figura 2. Tubo di Geissler, inizio del XX secolo.

Nel tempo si sono poi profondamente trasformate le normative di sicurezza che regolamentano l'uso di sostanze e la tolleranza ai fenomeni e che prima non esistevano. I tubi a scarica di Geissler e di Crookes, per esempio, producono anche raggi X, i circuiti

elettrici a vista o non isolati possono essere pericolosi, vari apparecchi come la ruote di Barlow o alcuni interruttori utilizzano il mercurio. Nessuno di questi strumenti può essere usato per dimostrazioni didattiche al pubblico.

L'utilizzazione sistematica di strumenti storici originali a fini didattici è dunque fortemente sconsigliata, anche se in certe occasioni eccezionali possiamo ammettere che essi siano mostrati in funzione, purché tali dimostrazioni siano fatte da persone esperte. Le conoscenze dei moderni preparatori non si devono limitare alle caratteristiche tecniche degli apparecchi e ai dettagli delle dimostrazioni, ma è necessaria anche una consapevolezza delle regole fondamentali che occorre rispettare nella manipolazione di oggetti di interesse museale.

Una soluzione a tale problema consiste nell'utilizzare gli strumenti originali per produrre dei video di qualche minuto capaci di illustrarne con chiarezza il funzionamento. Tali video – in cui, come già osservato, gli strumenti siano usati da persone esperte – possono essere arricchiti da simulazioni tridimensionali (ad esempio, per mostrare alcune caratteristiche costruttive dell'apparecchio), schemi, schede di descrizione e audio di commento. I video permettono, *una volta per tutte*, di illustrare il funzionamento dello strumento e le sue particolarità, e possono essere mostrati nel corso di lezioni o seminari, accanto allo strumento reale, inseriti in applicativi multimediali oppure messi in rete, a disposizione di tutti coloro i quali potrebbero esserne interessati.

3. Uso didattico della Collezione del Gabinetto di Fisica: due esempi

Come anticipato, presso la Fondazione Scienza e Tecnica sono state sperimentate due possibili modalità¹ di valorizzazione delle collezioni storiche² e di elaborazione, a partire dagli oggetti in esse conservate, di iniziative didattiche per integrare l'insegnamento della fisica a scuola con elementi di carattere storico, offrendo una contestualizzazione che tiene conto delle relazioni esistenti tra scienza, tecnologia, economia e società. Il materiale conservato nelle collezioni, unitamente alle risorse bibliografiche disponibili nella biblioteca della Fondazione, ha costituito il punto di partenza per i lavori creati da un gruppo interdisciplinare formato dai curatori delle collezioni, i quali hanno garantito la correttezza dei contenuti proposti da esperti in comunicazione della scienza e didattica informale e da alcuni insegnanti.

Uno dei criteri-guida nella selezione dei temi di lavoro, oltre alla pertinenza rispetto al patrimonio conservato nelle collezioni, è stato quello del rilievo nei programmi di fisica delle scuole secondarie di secondo grado. Dunque sono stati scelti: termodinamica e elettricità.

Le modalità operative sono state le seguenti. Nel caso della termodinamica, è stato realizzato un materiale didattico pensato per l'uso da parte degli insegnanti in classe.

1 I progetti qui descritti sono stati elaborati nell'ambito del progetto europeo HIPST (History and Philosophy in Science Teaching), VII programma quadro EU, febbraio 2008 – luglio 2010.

2 Ci si riferisce in particolare alla collezione del Gabinetto di Fisica, ma la modalità di progettazione delle attività rimane aperta anche alle collezioni di tipo naturalistico, come accennato nel paragrafo 2.

Tale materiale, costituito da un *kit* denominato “Vapore, lavoro energia” è formato da un CD in cui, attraverso immagini, testi, schede di approfondimento e video di strumenti del Gabinetto di Fisica, è ricostruito un percorso storico che va dall’introduzione delle prime macchine a vapore alla nascita della termodinamica. Il *kit*³ include un libretto con schede di approfondimento, redatte con lo scopo di supportare gli insegnanti nella ricostruzione del contesto storico e delle correlazioni con lo sviluppo sociale, economico e tecnologico che l’introduzione delle macchine termiche determinò.

Nel caso dell’elettricità, è stato sviluppato un progetto intitolato “Dalla pila al telegrafo: la scoperta dell’elettricità dinamica e la trasformazione delle comunicazioni a distanza” costituito da seminari rivolti agli insegnanti e da un modulo di carattere ‘narrativo-sperimentale’ rivolto agli studenti. Quest’ultimo è strutturato su una narrazione che, a partire dall’invenzione della pila da parte di Volta, introduce le sue prime applicazioni pratiche, centrando particolarmente l’attenzione sulla telegrafia. Durante la narrazione vengono aperti ‘momenti sperimentali’ in cui gli studenti sono invitati a diventare protagonisti del laboratorio compiendo essi stessi alcuni esperimenti. Questa attività viene svolta nella sede della Fondazione, quindi in un setting diverso da quello scolastico.

3.1 Vapore, lavoro, energia

Il criterio che è stato utilizzato nella progettazione del *kit* didattico “Vapore, lavoro, energia” è stato quello di individuare una serie di oggetti significativi nella collezione del Gabinetto di Fisica e di costruire, a partire da essi, una traccia che, nell’arco di tempo che va dagli inizi del Settecento fino alla metà dell’Ottocento, riporti la nascita della termodinamica – fatto precipuamente ottocentesco – alle sue radici, strettamente correlate con l’introduzione delle macchine a vapore (Savery, Newcomen, Watt), quindi con lo scopo di rispondere a necessità economiche legate inizialmente allo sfruttamento delle miniere di carbone.



Figura 3. Modello di macchina a vapore di Watt, 1870 circa.

3 Il *kit* viene distribuito durante corsi (rivolti agli insegnanti) realizzati presso la Fondazione Scienza e Tecnica.

La progettazione di tali macchine, per diversi decenni basata su criteri prevalentemente empirici e progredita essenzialmente in Inghilterra, stimola solo successivamente, e in particolare con il contributo degli scienziati francesi, a cominciare da Sadi Carnot,⁴ la nascita di un nuovo sapere teorico sul calore e sulla sua capacità di operare come forza motrice.

Il percorso tracciato nel CD fa riferimento alle teorie relative alla natura del calore, evidenziando come a quella dominante che riconduceva il calore a un fluido, denominato “calorico”, venga definitivamente sostituita, a metà Ottocento, la teoria cinetica. Il percorso si conclude con l’introduzione del primo principio della termodinamica, che costituisce una versione generalizzata del principio di conservazione dell’energia ed è uno dei principali risultati della fisica del XIX secolo. Si sottolinea come alla formulazione di tale principio arrivino pressoché contemporaneamente e autonomamente diversi scienziati, in particolare Joule, Mayer, Colding e Helmholtz.

Come anticipato, i video di strumenti in funzione, appartenenti alla collezione del Gabinetto di Fisica, costituiscono i punti di snodo e gli elementi di originalità del *kit*. Il Gabinetto di Fisica era dotato di strumenti e di modelli di macchine molto raffinati e all’avanguardia per l’epoca (i modelli erano comuni nei gabinetti scientifici di scuole e università, ove venivano utilizzati per mostrare le applicazioni pratiche di leggi e fenomeni fisici). La scelta di realizzare i video rappresenta uno dei possibili usi delle collezioni storiche e permette di mostrare gli strumenti in funzione, senza che questi subiscano danneggiamenti dovuti a un uso ripetuto nel tempo. L’uso degli oggetti originali risulta particolarmente evocativo, stimola la curiosità negli studenti e soprattutto rende più evidente come la scienza non sia una creazione astratta e a-temporale, bensì il prodotto della manualità e della capacità di sperimentare dell’uomo oltre che della sua mente.

Per la costruzione del percorso del CD si è scelto di fare uso di oggetti della sezione di meccanica e di termologia, a cominciare da un modello in scala della macchina di Watt di tipo fisso a doppio effetto, che permette di osservare le sue diverse parti e il suo funzionamento. Evidenti risultano le innovazioni introdotte da Watt: la separazione tra cilindro e condensatore, il parallelogramma e il sistema biella-manovella per trasformare un moto traslatorio in uno rotatorio, e il regolatore, primo esempio di sistema di retroazione in meccanica.

Gli altri oggetti opportunamente scelti e presentati nei video sono i seguenti:

- l’apparecchio di Tyndall, uno strumento che permette di realizzare un’esperienza puramente qualitativa che mostra in modo efficace come il lavoro meccanico possa essere trasformato in calore;
- l’acciarino pneumatico, un curioso strumento utilizzato in Europa – a partire dai primissimi anni dell’Ottocento fino all’invenzione di fiammiferi ef-

⁴ È del 1824 la pubblicazione del trattato di Sadi Carnot, intitolato *Refléxions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a développer cette puissance*, che costituisce la prima elaborazione di una teoria dinamica del calore.

ficaci (1820 circa) – come dispositivo per produrre fuoco e per accendere sigari, candele e lampade; questo strumento, che permette di incendiare istantaneamente una sostanza facilmente infiammabile grazie al subitaneo riscaldamento dell'aria causato da una rapida compressione adiabatica, generò non pochi dibattiti nella comunità scientifica dell'epoca che si interessava al comportamento e alle proprietà fisiche dei gas, allora ancora poco conosciute;

- il freno dinamometrico di Prony, prima testimonianza dei numerosi apparecchi ideati nell'Ottocento e nel Novecento per misurare la potenza erogata da motori e macchine motrici di vario tipo;
- una versione didattica, degli inizi del Novecento, dell'apparecchio inventato da Joule nel 1845 per misurare l'equivalente meccanico della caloria, cioè il fattore che permette di convertire un'unità di energia in un'unità di calore;
- l'apparecchio di Puluji, un altro strumento, più compatto e facile da utilizzare rispetto a quello di Joule, che fu spesso impiegato in ambito didattico per determinare l'equivalente meccanico del calore;
- infine, un modello di macchina a vapore a cilindro orizzontale a doppio effetto realizzato intorno al 1900.

Per altre macchine o strumenti, importanti ma non conservati nella collezione, come la macchina di Savery e di Newcomen, è stato scelto di introdurre alcune animazioni. Anche per mostrare il funzionamento dell'indicatore di Watt si è preferito utilizzare un'animazione, così da rendere esplicito come venga costruito il diagramma che rende conto del lavoro prodotto da una macchina.

L'intero percorso, oltre a contenere schede illustrative di ciascuno strumento, è puntualmente arricchito da considerazioni volte a mettere in evidenza quell'intreccio tra scienza, tecnologia, economia e società, cui si è già accennato, e a far capire come la scienza non sia un'impresa 'asettica', ma si sviluppi e progredisca in modo spesso correlato con le necessità economiche, in uno stretto rapporto bi-direzionale con lo sviluppo tecnologico, condizionando significativamente, in conseguenza di ciò, la società. Il caso della termodinamica è particolarmente esemplare per illustrare come un nuovo settore della fisica nasca a valle della produzione di notevoli risultati tecnologici, quale apparato teorico che spiega quanto precedentemente acquisito nella pratica. Esso nasce dalle domande: come opera il calore come forza motrice? In che modo può essere ottimizzato il rendimento delle macchine termiche? Proprio a partire da questi interrogativi – grazie all'opera di Sadi Carnot – inizia a essere elaborata una teoria della dinamica del calore, anche con il presupposto secondo cui, così come esisteva una teoria sulla meccanica delle macchine che a fine Settecento risultava esaustiva, allo stesso

modo sarebbe dovuta esistere una teoria sulle macchine termiche.⁵

Nel percorso del CD e nelle schede di approfondimento vengono messi in luce vari aspetti relativi alle ripercussioni dell'innovazione tecnologica sulla società, a cominciare da quanto accadde con la Rivoluzione Industriale, la quale ebbe certamente un ruolo di primo piano nell'introduzione delle macchine a vapore. Si mette in risalto il fenomeno della nascita delle grandi fabbriche (fabbriche per la tessitura e la filatura, fonderie, ferriere...), l'incremento di produzione e la diminuzione dei costi nell'industria mineraria, l'introduzione di nuove macchine e di processi per lo sfruttamento agricolo delle terre, la nascita delle prime industrie chimiche per la produzione di composti di base quali l'acido solforico o la soda. Si ricorda come – a partire dall'inizio dell'Ottocento – lo sviluppo dell'industria per la produzione del gas rivoluzionò l'illuminazione pubblica e privata, ma soprattutto la trasformazione epocale che avvenne nei trasporti con l'introduzione dei battelli a vapore e della ferrovia e anche attraverso la costruzione di nuove strade, ponti, canali navigabili, chiuse. A questo si aggiungono i rimandi all'ascesa al potere di una borghesia spesso spregiudicata, alla crescita rapidissima e caotica delle metropoli, al cambiamento dei tempi e modi di lavoro nelle fabbriche, alla piaga del lavoro minorile, ma si evidenzia anche il formarsi di importanti movimenti sociali quali la nascita delle società di mutuo soccorso e dei primi sindacati, una sempre maggiore scolarizzazione e alfabetizzazione, una crescita notevole della speranza di vita, una riduzione della mortalità infantile. Si sottolinea infine come tutte queste trasformazioni abbiano influito non poco anche sul gusto estetico, sulle arti figurative e sulla letteratura.

Altro aspetto significativo del *kit* "Vapore, lavoro, energia" è quello di essere stato pensato per fornire spunti agli insegnanti per fare emergere, nel corso delle loro lezioni, alcuni elementi fondamentali della 'natura della scienza'. Per esempio, il fatto che la scienza non abbia uno sviluppo lineare e univoco, ma una storia complessa che si sviluppa attraverso prove, errori e correzioni spesso necessari prima di arrivare a risultati consolidati e universalmente accettati; che a nuove acquisizioni spesso si arrivi attraverso strade diverse, percorse da più persone contemporaneamente – come, per esempio, nel caso del primo e del secondo principio della termodinamica – talvolta a reciproca insaputa; che i progressi nella scienza giungano molte volte a seguito dell'ideazione di soluzioni empirico-tecniche in risposta a necessità pratiche; che la scienza abbia una fondamentale componente materiale e sperimentale.

5 Scrive Carnot (op. cit., nota 4):

Le macchine che non ricevono il movimento dal calore, quelle che hanno per motore la forza degli uomini o degli animali, una caduta d'acqua, il vento, ecc., possono essere studiate nei minimi dettagli dalla teoria meccanica. Tutti i casi sono previsti, tutti i movimenti immaginabili sono assoggettati a principi generali solidamente stabiliti e applicabili in tutte le circostanze. Vi è il carattere di una teoria completa. Una simile teoria manca per le macchine a vapore. Non la si possiederà se non quando le leggi della Fisica saranno sufficientemente estese, generalizzate, per far conoscere in anticipo tutti gli effetti del calore che agisce in un modo determinato su un corpo qualunque.

3.2 La scoperta dell'elettricità dinamica e la trasformazione delle comunicazioni a distanza

Il progetto “La scoperta dell'elettricità dinamica e la trasformazione delle comunicazioni a distanza” – messo in atto, in tre edizioni diverse, con le scuole a partire dal 2007 e successivamente adattato anche per il pubblico generico⁶ – costituisce un altro esempio di come gli oggetti di una collezione storica di strumenti possano servire da stimolo per la creazione di un'attività di didattica informale in un museo. Tale progetto, oltre a prevedere seminari di carattere introduttivo con gli insegnanti delle classi partecipanti, ha come nucleo centrale un modulo di tipo narrativo-sperimentale rivolto agli studenti.

Il modulo è stato elaborato a partire dalla suggestione evocata da alcuni oggetti conservati nella collezione del Gabinetto di Fisica. Con riferimento a questi è stata creata una struttura narrativa sulle prime applicazioni pratiche della pila di Volta, in una parabola che va dalla fine del Settecento – con la controversia Volta-Galvani –, fino agli anni Settanta dell'Ottocento, i quali vedono il trionfo della telegrafia sottomarina.

La storia, procedendo appunto dalla pila – di cui sono conservati numerosi esempi in collezione –, introduce la nascita dell'elettrochimica, presenta le applicazioni dell'elettricità dinamica all'elettroterapia e le tecniche della galvanoplastica e della galvanostegia per riprodurre in serie oggetti (come vasellame, candelabri...) in materiali metallici o ricoprirli con metalli preziosi. Nel racconto si evidenzia come l'uso di queste tecniche ebbe notevoli risvolti da un punto di vista sociale, in quanto dette inizio a una prima 'produzione di massa', accessibile dunque anche alla classe borghese, di oggetti che prima potevano essere realizzati solo artigianalmente, rimanendo privilegio esclusivo dell'aristocrazia.



Figura 4. *Telegrafo ad ago di Wheatstone, 1850 circa.*

⁶ Il progetto è stato realizzato in una prima versione prototipale per l'anno scolastico 2007/08 e consolidato, nell'ambito del progetto HIPST nel 2008/09. Viene ripetuto su più larga scala negli anni scolastici 2010/2011 e 2011/2012 insieme a una versione adattata per il pubblico generico, nell'ambito dell'iniziativa della Regione Toscana “Edumusei”(2010/2012).

Di qui si passa poi, attraverso l'esperienza di Oersted e la dimostrazione dell'interconnessione tra elettricità e magnetismo, all'introduzione del tema delle comunicazioni a distanza, facendo prima un riferimento alla telegrafia ottica sviluppata in Francia nella seconda metà del Settecento dai fratelli Chappe, per poi arrivare alla telegrafia elettrica: telegrafo ad ago di Wheatstone e Cooke e poi telegrafo Morse.⁷ Si evidenzia come nel corso di pochi anni gli apparecchi e le linee telegrafiche si fossero moltiplicate, provocando notevoli cambiamenti nella società, con ripercussioni in ambito economico, militare, politico, e con effetti sulla diffusione dell'informazione sui giornali – proprio con il telegrafo nascono le prime agenzie di stampa – e più in generale sulle comunicazioni interpersonali.

Si pone l'accento su ulteriori aspetti, come la necessità di stabilire un'ora standard, il fatto che la rete telegrafica si estendesse di pari passo con quella ferroviaria e che lo sviluppo intrecciato tra telegrafia e ferrovia rendesse possibile una più efficiente distribuzione delle risorse a livello nazionale e internazionale, costituendo così un fattore propulsivo per il sistema economico. Il racconto introduce infine la telegrafia sottomarina, la quale rappresenta l'impresa più ardua da affrontare per gli uomini del tempo, in termini di capitali investiti, rischio finanziario, sfida tecnologica e coinvolgimento dell'opinione pubblica. La progettazione, la costruzione, il trasporto e la posa dei cavi erano questioni quanto mai delicate, che richiedevano l'intervento di *équipes* di esperti estremamente qualificati. Tra i problemi c'era poi quello dell'isolamento dei cavi, risolto utilizzando la guttaperca, materiale plastico di origine vegetale proveniente dal sud-est asiatico.

Il primo collegamento sottomarino unisce Dover a Calais nel 1851. L'impresa di collegare le due sponde dell'Atlantico decolla, dopo vari fallimenti, solo nel 1866. Di qui in poi la telegrafia elettrica, effettuata con apparecchi sempre più rapidi e sofisticati, è un vero trionfo: i cavi attraversano i continenti e raggiungono le più lontane colonie. Le notizie, i bollettini di guerra, i dispacci diplomatici, le quotazioni di borsa, le chiamate ai pompieri e i messaggi personali corrono sulle linee telegrafiche. Il mondo diventa sempre più 'piccolo' e l'«internet vittoriano» [19], come è stato recentemente definito il telegrafo, non solo accorcia le distanze ma modifica profondamente la società.

Il racconto, di cui è stata appena riportata una sintesi, viene arricchito sia attraverso le proiezioni di immagini ricavate da manuali storici [10, 15] e da fotografie di oggetti di collezioni storiche, sia dalla presenza di una raccolta di oggetti originali, tratti dalle collezioni della Fondazione Scienza e Tecnica, selezionati e presentati nelle vetrine di un armadio appositamente allestito nell'aula in cui si svolge il laboratorio. In questo caso è stato possibile includere anche alcuni oggetti provenienti dalle collezioni naturalistiche (come la guttaperca o alcuni esempi di 'pesci elettrici') e dalle collezioni merceologiche (come teiere argentate, statuette, medaglie, ottenute con le tecniche galvaniche).

7 Nella collezione sono conservati numerosi esempi di telegrafi di vario tipo ed epoca.

Anche questo modulo contiene alcuni momenti sperimentali in cui sono i ragazzi a diventare i protagonisti del laboratorio attraverso lo svolgimento di esperimenti. In questo caso si è scelto di lavorare con materiali poveri, rinunciando alla fedeltà rispetto allo strumento storico, ma privilegiando l'interesse per l'aspetto funzionale. Gli studenti si cimentano così nella ricostruzione della pila attraverso dischetti di zinco, rame e cotone imbevuto in una soluzione salina; in una simulazione del telegrafo ottico, con l'uso di un codice molto semplificato e riproducendo i simboli attraverso la posizione delle braccia; nella ripetizione dell'esperienza di Oersted con l'uso di pila e bussola; in una comunicazione con codice Morse attraverso la ricostruzione molto semplificata di una stazione trasmittente, di cui gli elementi essenziali sono la pila e il tasto telegrafico, e una ricevente, in cui il segnale ricevuto è rappresentato dall'accensione per intervalli più o meno lunghi di una lampadina (all'epoca, la lampadina non era stata ancora inventata, ma è utile per fare una simulazione della trasmissione col codice Morse).

Scopo di questi esperimenti è mettere in evidenza la funzionalità degli oggetti e coinvolgere gli studenti in una partecipazione cooperativa e attiva che mette in gioco sia la capacità di ragionamento sia l'abilità manuale.

Anche in questo caso la finalità più generale del progetto è quella di introdurre gli insegnanti e i ragazzi a un'immagine più ampia della scienza, che ne evidenzia il divenire storico e la dimensione pratica e materiale. Il modulo didattico per gli studenti viene preceduto da seminari di approfondimento per gli insegnanti. Le sessioni seminariali sono di particolare importanza in quanto, per poter riprendere il lavoro in classe, è necessario che gli insegnanti possiedano più strumenti per articolare i contenuti inerenti alla storia della scienza, che normalmente non rientrano nel background formativo dei docenti di discipline scientifiche.

4. Conclusioni

Con questo contributo si è voluto mostrare come, a partire da collezioni storiche di strumenti, si possano creare attività con valore didattico. Per quanto riguarda le due esperienze specifiche proposte dalla Fondazione Scienza e Tecnica e qui descritte, le valutazioni espresse dagli insegnanti che vi hanno partecipato sono molto positive, rilevando come tali iniziative siano effettivamente di aiuto per proporre un approccio diverso alla 'fisica a scuola'. Gli insegnanti osservano che molto spesso i ragazzi hanno un impatto con la fisica piuttosto negativo, che si traduce nella delusione per 'qualcosa' che si suppone dovrebbe descrivere la realtà e invece rimane confinato in un ambito molto teorico e astratto, spesso poco comprensibile e avulso da ogni esperienza quotidiana.

Le attività elaborate attraverso l'uso delle collezioni storiche suggeriscono un avvicinamento diverso alla materia, più interdisciplinare, attento a connessioni interessanti fra campi diversi e più legato alla dimensione pratico-sperimentale. Inoltre, esse vanno incontro all'esigenza, sentita da molti insegnanti, di proporre un avvicinamento ai concetti della fisica più legato allo sviluppo storico e umano ai problemi, che dovrebbe essere presentato ai ragazzi prima di definizioni e formule. Infine, le esperienze didattiche

ispirate alle collezioni storiche, pongono l'accento sulla dimensione 'materiale' della scienza. Tale fatto risulta ancora più importante in una scuola, come quella italiana, in cui oltre a un tradizionale predominio delle materie umanistiche permane tuttora una spiccata supremazia dell'approccio teorico anche in discipline – come la fisica – nelle quali la dimensione pratica e quella sperimentale hanno un ruolo fondamentale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Baracca, A., Besson, U., *Introduzione storica al concetto di energia*, Le Monnier, Firenze 1990.
- [2] Ben-David, J., *Scienza e società. Uno studio comparato del ruolo dello scienziato*, Il Mulino, Bologna 1975.
- [3] Beretta, M., *Storia materiale della scienza – Dal libro ai laboratori*, Bruno Mondadori, Milano 2002.
- [4] Brenni, P., *La nascita di un Laboratorio moderno. Il Gabinetto di Fisica dell'Istituto tecnico toscano in Gravina*, F. (a cura di), *Le meraviglie dell'ingegno*, Ponte alle Grazie, Firenze 1990.
- [5] Brenni, P., *Introduzione in Gli strumenti di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano/ Eletticità e Magnetismo*, Fondazione Scienza e Tecnica, Le Lettere, Firenze 2000.
- [6] Brenni, P., *Dal Crystal Palace al Palais de l'Optique: la scienza alle esposizioni universali: 1851-1900*, in Geppert, A. C. T., Baioni, M. (a cura di), *Memoria e Ricerca Esposizioni in Europa fra Otto e Novecento. Spazi, organizzazione, rappresentazioni* n. 17 2004, Franco Angeli, Milano 2004.
- [7] Brenni, P., *Il Gabinetto di Fisica dell'Istituto Tecnico Toscano*, Edizioni Polistampa, Firenze 2009.
- [8] Cajori, F., *Storia della fisica elementare con l'evoluzione dei laboratori fisici*, Remo Sandron, Palermo 1930.
- [9] Cavina, U., *Carlo Matteucci, padre della telegrafia italiana*, *Archivio per la storia postale*, n. 16-18, gennaio-dicembre 2004, Prato 2004.
- [10] Figuier, L., *Les grandes inventions modernes dans les sciences, l'industrie et les arts*, Hachette, Paris 1876.
- [11] Falciasacca, G., Vico, A., *Dal tam tam al telefonino*, Editoriale Scienza, Trieste 1997.
- [12] Flichy, P., *Storia della comunicazione moderna*, Baskerville, Bologna 1994.
- [13] Giatti, A., Lotti, S. (a cura di), *Le stanze della scienza. Le collezioni dell'Istituto Tecnico Toscano a Firenze – Fondazione Scienza e Tecnica*, Artigraf, Firenze 2006.
- [14] Gori, G., *L'Accademia delle Belle Arti e l'Istituto Tecnico Toscano 1809-1859*, in Giatti, A., Miniati, M. (a cura di), *L'acustica e i suoi strumenti, La collezione dell'Istituto Tecnico Toscano*, Giunti, Firenze 2001.
- [15] Guillemin, A., *Les applications de la physique aux sciences, a l'industrie et aux arts*, Hachette, 1874.
- [16] Knight, D., *Le scienze fisiche nell'Ottocento*, in Shea, R. (a cura di), *Storia delle Scienze*, Banca Popolare di Milano, Milano 1990.
- [17] Rowbottom, M., Susskind, C., *Electricity and Medicine, History of their interaction*, San Francisco Press, San Francisco 1984.
- [18] Singer, C., Holmyard, E.J., Hall, A. R., Williams, T. I. (a cura di), *Storia della tecnologia*, in *La rivoluzione industriale*, vol. 4, Boringhieri, Torino 1964.

- [19] Standage, T., *The Victorian Internet*, Walker and Company, New York, 2007.
- [20] Foresta Martin, F., *Dall'ambra alla radio*, Editoriale Scienza, Trieste 2002.