

Tavola rotonda: *Come può essere utile la storia alla didattica della fisica e dell'astronomia?*

1. *La fisica è la sua storia*

Enrico Giannetto, Università di Bergamo

La storia è necessaria alla didattica della fisica e dell'astronomia, perché l'astronomia e la fisica non sono discipline immutabili che dispensano verità immutabili, ma sono attività umane storiche, che si dipanano nel tempo. Molti mis-concetti sorgono però perché non viene spiegata anche la fisica aristotelica (basata sull'esperienza, come la fisica ingenua degli studenti e delle studentesse) che precede la fisica moderna (basata sugli esperimenti). Si deve utilizzare un approccio storico, perché è l'unico che permette di fare comparazioni tra la fisica di un'epoca e la fisica di un'altra. Per rendersi conto dell'identità di una cosa, bisogna conoscere le differenze con un'altra. Così, si può comprendere la fisica moderna solo quando la si compara con qualcosa che l'ha preceduta. La prospettiva storica è fondamentale per la didattica della fisica. Si deve chiarire allora primariamente la differenza fra la fisica moderna e la fisica aristotelica. Il sapere della fisica antica ha lo stesso presupposto filosofico antico: quello di voler rappresentare i fenomeni fisici e naturali da un punto di vista razionale, per dare una rappresentazione oggettiva della realtà. In Grecia, vi fu un fiorire di teorie fisiche e cosmologiche alternative fra loro. La fisica aristotelica alla fine fu quella dominante, ma un'altra fisica fu più importante di altre, la fisica degli atomisti, che verrà ripresa da quella moderna. Ad ognuna di queste fisiche corrisponde una certa concezione della *Physis*, della Natura e una certa concezione della relazione fra uomo e Natura. Tuttavia, al di là delle differenze che sussistono fra queste varie teorie fisiche, la caratteristica comune di costituire un sapere filosofico, intellettuale, teoretico, rinvia a un modo di vivere, all'*èthos* di una vita contemplativa, in cui la contemplazione intellettuale e distaccata, imperturbabile, è considerata superiore all'azione, quale stato di perfezione divina garante di felicità nella prospettiva della cura di sé. Anche le filosofie-fisiche-cosmologie orientali sono legate all'*èthos* di una vita contemplativa volta alla cura di sé. L'immagine della Natura che ne conseguì in Grecia è strettamente legata a questo ideale di vita contemplativa.

La diffusione del cristianesimo nell'Occidente non riuscì a mutare subito la prospettiva greca dominante. Seppure sin da subito ci furono contrapposizioni, bisogna aspettare la "rivoluzione francescana" del XII e del XIII secolo perché l'immagine aristotelica della Natura sia messa radicalmente in discussione. L'epistemologia francescana evidenziò che - se l'universo era la creazione della volontà di Dio, essendo questa imperscrutabile - non si poteva conoscere né a priori con la pura ragione né con l'esperienza come fosse fatta la Natura, se fosse un cosmo chiuso o infinito, se avesse una struttura matematica o seguisse qualche ordine ignoto, se avesse una finalità umana o finalità più alte sconosciute. Né l'esperienza né la ragione erano più sufficienti per una comprensione della Natura, né la fede poteva più costituire il fondamento di una ricostruzione razionale dell'universo. La contemplazione intellettuale distaccata, l'imperturbabilità non caratterizzavano più né Dio né un corrispondente ideale umano: il Dio cristiano non restava imperturbabile di fronte alle sofferenze del nostro mondo, non restava distante, ma addirittura vi partecipava assumendo forma corporea e materiale facendosi prossimo. L'ideale etico non stava più in una vita contemplativa, ma in una vita attiva, qualificata da un amore attivo che si prende cura degli altri facendosi prossimo a qualsiasi creatura. La volontà di Dio si comprende nel compierla, nell'azione, e quindi anche la conoscenza della Natura non poteva realizzarsi attraverso una contemplazione passiva, ma piuttosto scaturiva da una ricerca attiva. Con l'Umanesimo e il Rinascimento si ebbe una rivalutazione dei saperi pratici, delle arti e delle tecniche con un loro nuovo fiorire: si comprese via via che anche le arti cosiddette servili e le tecniche

potevano svolgere un ruolo nella comprensione della Natura e potevano essere svincolate dalle finalità puramente pratiche a cui da sempre erano state legate. Si poteva usare un cannocchiale non solo per avvistare prima l'arrivo di nemici, ma anche per guardare meglio il cielo: ci faceva prossimi anche al cielo, alle stelle e a tutti i possibili corpi celesti, rendendoli quasi toccabili con mano, abolendo in qualche modo quella distanza che li rendeva possibili oggetti solo di una contemplazione visiva e intellettuale, o rendendo visibile l'invisibile per l'occhio umano. Si poteva usare un cannone non per colpire un nemico ma per studiare il moto e la traiettoria di un corpo lanciato con una certa forza e con una certa angolatura. Perfino le macchine belliche potevano essere de-funzionalizzate dai loro fini pratici militari ed essere usate per la comprensione della Natura: i fenomeni meccanici prodotti con strumenti tecnici potevano anzi far superare i limiti dell'esperienza, e nella loro ripetibilità e nella loro mimesi dei fenomeni naturali si prestavano alla possibilità di uno studio metodico e sistematico dei fenomeni naturali legati a un loro accadere non controllabile, o irripetibili o comunque non certamente ripetibili a volontà. Si delineò così l'orizzonte di una nuova filosofia della Natura, di una nuova fisica moderna e invero di tutta una nuova forma di scienza. A una fisica della ragione e dell'esperienza si sostituì una nuova fisica dell'esperimento, cioè di un'indagine sperimentale attiva, metodica e sistematica, effettuata con strumenti tecnici che superano i limiti dell'esperienza e della ragione umana: i telescopi permettono di vedere l'invisibile a distanza come con Galileo i satelliti di Giove; i microscopi permettono di vedere l'invisibile in un ambito microscopico, le provette di mercurio o le pompe pneumatiche permettevano di produrre e scoprire il vuoto di materia che non si dà alla nostra esperienza. L'esistenza del vuoto non può più essere oggetto di dispute filosofiche astratte, ma diviene provabile sperimentalmente. La struttura ordinata dell'universo, la sua struttura matematica non si può affermare più a priori come un presupposto metafisico di perfezione di forme geometriche, ma, se esiste, deve essere scoperta attraverso le misure effettuate con strumenti tecnici, entro certi limiti, precisi. La fisica moderna implica quindi una dedizione specifica, competenze pratiche e tecniche, competenze matematiche, una vita di ricerca attiva, in cui l'immaginazione riacquisisce un ruolo nel considerare situazioni che non si danno all'esperienza umana, e in cui le arti tecniche, meccaniche sono ridefinite come mezzi per estendere la nostra comprensione della Natura, al di là dei fini pratici a cui prima erano legate. La meccanica diventa parte fondamentale della fisica, dell'indagine sperimentale, metodica e sistematica, e della costruzione teorica. La fisica moderna è parte di un nuovo *èthos* non più della contemplazione distaccata, ma del curarsi attivo delle cose e della prova dei pensieri nelle azioni che sole ci permettono un accesso alla realtà oltre il pensiero. La fisica ci consegna un'immagine della Natura e questa immagine è specchio della relazione dell'umanità con la Natura, o più propriamente di un'etnia, come in questo caso quella greca, e poi più ampiamente delle varietà etniche e storiche che compongono una cultura e una civiltà come quelle occidentali, è specchio cioè di un *èthos*, di un modo di vivere. La fisica, allora, non costituisce solo un sapere erudito su una serie di fenomeni a cui si potrebbe essere, individualmente, più o meno interessati, ma ci restituisce una sorta di auto-comprensione collettiva, di un'epoca ovvero di una varietà storica o di una varietà etnica, della vita dell'umanità nell'universo: un'auto-comprensione che guida e orienta, consciamente o inconsciamente a livello individuale, il nostro modo di vivere.

2. *Fisica, storia e cultura scientifica*

Adele La Rana, Università di Macerata & INFN-Sezione di Roma

Il seguente è un piccolo diorama del mio personale approccio culturale alla didattica della fisica, nella scia dell'*approccio connettivo* di Gerald Holton e del quadro metodologico che Igal Galili ha definito il *cultural content knowledge*.

Un poeta inquieto e coltissimo affronta, assieme al suo venerato maestro, una discesa negli abissi infernali. Cerchio dopo cerchio, in un imbuto sempre più angusto di dannazione e dolore, Dante e Virgilio raggiungono il punto più profondo, riservato ai traditori degli amici, e si trovano al cospetto di

Satana in persona, immerso per metà nel ghiaccio che delimita l'ultima frontiera dell'Inferno, al centro esatto della Terra. Qui i due letterati si arrampicano lungo le gambe villose di Lucifero, passaggio necessario per superare l'abisso e incominciare l'ascesa verso la superficie. Arrivati all'altezza dei fianchi di Satana, con fatica i due si capovolgono e, in un improvviso e sorprendente ribaltamento di prospettiva, poggiano i piedi al suolo. Lucifero ora appare sottosopra, sospeso con i piedi in alto. A Dante, disorientato dal ribaltamento, Virgilio spiega che insieme hanno oltrepassato il punto verso cui tutti i gravi si muovono, ossia “'l punto al qual si traggon d'ogne parte i pesi” (Inf., XXXIV 103-08).

I due poeti sperimentano – usando un linguaggio moderno - un'inversione dell'accelerazione di gravità. Galileo Galilei, che alla “figura, sito e grandezza” dell'Inferno di Dante aveva dedicato due dissertazioni scientifiche,¹ aveva immaginato un esperimento in cui un profondissimo pozzo attraversasse da parte a parte la Terra, passando per il suo centro.² Secondo Galileo, la palla avrebbe accelerato fino al centro della Terra e poi da lì decelerato avvicinandosi agli antipodi, compiendo lungo una retta il moto che il pendolo compie lungo un arco.

L'idea di un tunnel, una voragine che passa la terra da parte a parte è ben più antica di Galileo e di Dante. Una traccia risale già al I-II secolo d.C. e si trova in un'opera di Plutarco, il *De facie in Orbe Lunae*. Qui Plutarco scrive che “se gli oggetti fino al centro sono ‘sotto’ e quelli sotto il centro tornano a stare ‘sopra’, ciò equivale a capovolgere e scompigliare il mondo tanto che un uomo che venisse a far coincidere spazialmente il centro della terra col suo ombelico si troverebbe con la testa e i piedi contemporaneamente all'insù”.

L'idea del centro della Terra e di questi ‘esperimenti mentali’ scaturisce di fatto dal concepire la Terra come una sfera, verso il cui centro – per dirla alla Dante – “si traggon d'ogne parte i pesi”. Non poteva sfuggire all'osservazione degli antichi che la simmetria sferica era propria anche della Luna e del Sole: è una somiglianza tra mondo sublunare e mondo celeste che in nuce poteva mettere in discussione la divisione aristotelica tra cielo e Terra.

La forma sferica della Terra è già oggetto di alcuni studi di Archimede. Nell'opera *Sui corpi galleggianti*, Archimede fonda di fatto l'idrostatica e tratta anche la questione della superficie dei liquidi a riposo. Postula che in ogni fluido la parte meno compressa cede a quella più compressa. Da questo principio, Archimede deduce che la superficie dei liquidi a riposo fa parte di una superficie sferica il cui centro è il centro della Terra. Da ciò consegue che il livello del mare è lo stesso dappertutto. Ma anche la Terra è stata fluida in origine, secondo alcune teorie circolanti all'epoca di Archimede, e allora anch'essa, consolidandosi, ha mantenuto una simmetria di sfera. Per queste ricostruzioni, si rimanda ai lavori di Lucio Russo.

I ragionamenti di Archimede sull'equilibrio dei liquidi mostrano come la gravità sia responsabile della forma sferica della Terra. Inducono inoltre a pensare che anche la Luna e il Sole abbiano forma sferica non in virtù della natura perfetta del mondo celeste, ma perché anch'essi hanno la loro propria gravità. Questa visione non-aristotelica è espressa da Plutarco con grande chiarezza del *De facie in orbe Lunae*:

se ogni corpo pesante converge verso lo stesso punto e insiste con tutte le sue parti sul proprio centro, la Terra si approprierà i gravi (nella misura in cui questi le appartengono) piuttosto come insieme unitario che come centro dell'universo; e la tendenza al basso degli oggetti in caduta sarà sì una

¹ Galilei G. (1588). *Due lezioni all'Accademia Fiorentina circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante*. In *Le opere di Galileo Galilei*, Edizione Nazionale (20 vols.), a cura di Favaro A. (1890-1909). Firenze: Barbera, Vol. IX, pp. 29-57.

² [Salviati, alter ego di Galileo nel Dialogo] “Di qui parmi (discorrendo con una certa convenienza) di poter credere, che quando il globo terrestre fusse perforato per il centro, una palla d'artiglieria scendendo per tal pozzo acquisterebbe sino al centro tal impeto di velocità che trapassato il centro la spignerebbe in su per altrettanto spazio quanto fusse stato quello della caduta, diminuendo sempre la velocità oltre al centro con decrementi simili a gl'incrementi acquistati nello scendere; ed il tempo che si consumerebbe in questo secondo moto ascendente credo che sarebbe eguale al tempo della scesa” in: Galilei G. (1632). *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Firenze: Landini, pp. 222-223.

prova, ma non della sua centralità rispetto al cosmo bensì di una sorta di affinità e naturale coesione da parte di corpi che le si sono sottratti e che ora ad essa ritornano. Infatti come il sole attrae a sé le parti di cui è composto, così la Terra accoglie come sue le rocce dotate dell'intrinseca proprietà di inclinare verso di essa.

Dal dialogo immaginato da Plutarco nel *De facie in orbe Lunae* emerge che la gravità è una proprietà della materia. Ma è una proprietà che si manifesta solo tra parti di materia affine. Molti secoli dopo, Copernico citerà esplicitamente Plutarco nella prefazione del *De revolutionibus orbium coelestium*, esprimendosi sulla natura della gravità in termini di “un certo appetito naturale impiantato nelle parti dalla Divina Provvidenza del creatore di tutte le cose affinché queste, raccogliendosi in forma di globo, possano congiungersi nella loro unità e completezza”. Copernico ritiene inoltre plausibile che “questa disposizione sia propria anche del Sole, della Luna e degli altri corpi lucenti dei pianeti, e che per mezzo di essa conservino la forma rotonda”.

E ancora, poco tempo dopo, Keplero definirà la gravità in *Astronomia Nova*, come “una reciproca disposizione dei corpi tra loro affini a unirsi o avvicinarsi”. Di conseguenza, i corpi pesanti sono attirati verso il centro della Terra non perché è il centro del mondo, ma perché è il centro di un corpo sferico affine.

Questo dialogo attraversa le epoche e mostra alcuni tentativi di definire la gravità e comprenderne la natura: un processo che è ancora in atto, mentre assistiamo alla nascita dell'astronomia a onde gravitazionali, all'esplorazione dei segnali gravitazionali emessi da collisioni di buchi neri, alle verifiche sempre più stringenti della teoria della relatività generale di Einstein. La natura della gravità continua a essere oggetto di ricerche di frontiera, lampante esempio di come il pensiero scientifico e i suoi metodi di indagine si evolvano nel corso del tempo.

3. Ricostruzione di esperimenti storici in classe

Samuele Straulino, Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Firenze

La conoscenza dello sviluppo storico delle scoperte scientifiche permette agli studenti di comprendere che il percorso della scienza è stato in molti casi tortuoso, quasi mai progressivo e lineare; per ragioni di semplicità della narrazione e di coerenza interna, i manuali scolastici seguono spesso un percorso abbreviato, ignorando contributi minori ma determinanti.

In alcuni casi, anche gli esperimenti fondamentali nel percorso storico sono descritti in una versione semplificata e ‘normalizzata’; è interessante e istruttivo capire quale fosse l'approccio originale e quali le motivazioni che giustificavano le scelte operative dello scienziato. Inoltre, se facciamo ripetere l'esperimento in classe con una procedura vicina a quella originale (e ciò talvolta può essere possibile con gli esperimenti galileiani), gli studenti hanno l'opportunità di riflettere sulla sua fattibilità, in termini di ripetibilità e di precisione della misura. Un approccio alla storia della scienza nel contesto didattico può avvenire in numerose modalità, per esempio per illustrare agli studenti la definizione di una grandezza fisica o per riflettere su un esperimento cruciale nella storia della scienza. Propongo alcuni semplici esempi, facendo riferimento a testi galileiani, in seguito agli stimoli ricevuti prevalentemente dal testo di Arons.³

Il moto di caduta libera, che gli Aristotelici chiamavano ‘moto naturale’, avviene sotto l'azione di una forza costante ed è dunque uniformemente accelerato, fintanto che l'attrito dell'aria si possa considerare trascurabile. È sicuramente utile discutere insieme agli studenti lo sviluppo storico di questa idea, in particolare utilizzando quanto si trova negli scritti di Galilei. Per esempio il testo seguente, preso

³ Arons A.B. (1992). *Guida all'insegnamento della fisica*. Bologna: Zanichelli.

dai *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*,⁴ è perfettamente moderno nella descrizione della tipologia del moto, ma ancora aristotelico nella ‘spiegazione’ delle cause. Possiamo infatti far notare agli studenti che nel brano si individua un progressivo, non ancora completo, superamento della fisica aristotelica (a cui si richiama il testo in neretto) verso la nuova fisica (frasi in corsivo):

Dico per tanto che un corpo grave ha da natura **intrinseco principio** di muoversi verso 'l **comun centro de i gravi**, cioè del nostro globo terrestre, con *movimento continuamente accelerato*, ed accelerato sempre egualmente, cioè che *in tempi eguali si fanno aggiunte eguali di nuovi momenti e gradi di velocità*. (*Discorsi*, giornata prima)

La padronanza della comprensione e della descrizione del moto di caduta in Galilei risulta ancora più chiara quando egli introduce l'attrito viscoso dell'aria. Contrariamente ad Aristotele che riteneva l'aria un elemento imprescindibile per permettere la caduta dei corpi (e nei *Discorsi* si ricorda la sua argomentazione riguardo alla impossibilità del movimento nel vuoto), Galilei intuisce che su un oggetto che cade in aria interviene una forza opposta alla gravità e di intensità variabile, perché dipendente dalla velocità. Nella caduta l'intensità della forza di attrito cresce, fino a quando si raggiunge una situazione di regime, in cui il bilanciamento delle forze impedisce un'ulteriore accelerazione del corpo:

Il mezzo, benché fluido cedente e quieto, si oppone con resistenza or minore ed or maggiore, secondo che lentamente o velocemente ei deve aprirsi per dar il transito al mobile; il quale, perché, come ho detto, si va per sua natura continuamente accelerando, vien per conseguenza ad incontrar continuamente resistenza maggiore nel mezzo, e però ritardamento e diminuzione nell'acquisto di nuovi gradi di velocità (*Discorsi*, giornata prima)

Si percepisce facilmente quanto questo esempio sia utile per la profonda comprensione del principio di inerzia (e del secondo principio). Nella mia esperienza ho riscontrato che alcuni studenti sono tentati di concludere che l'oggetto in caduta, sottoposto a un complesso di forze che alla fine si fanno equilibrio, si ferma (!) anziché proseguire a velocità costante. Possiamo costruire una sequenza di affermazioni desunte dal testo galileiano, che consentono di comprendere e descrivere correttamente la fisica del problema:

- superamento dell'*horror vacui*;
- presenza di attrito viscoso, dipendente dalla velocità;
- moto di un corpo in assenza di forze attive;
- equilibrio dinamico di forze non costanti.

D'altra parte, bisogna ricordare che il concetto di inerzia non è ancora maturo in Galilei; a tal proposito potrà essere utile riprendere la *Seconda lettera al sig. Marco Velsari sulle macchie solari*,⁵ in cui si afferma:

rimossi tutti gl'impedimenti esterni, un grave nella superficie sferica e concentrica alla Terra sarà indifferente alla quiete ed a i movimenti verso qualunque parte dell'orizzonte, ed in quello stato si

⁴ Galilei, G. (1638). *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*. In: *Le opere di Galileo Galilei*, Edizione Nazionale (20 vols.), a cura di Favaro A. (1890-1909). Firenze: Barbera. Vol. VIII, pp. 41-313.

⁵ Galilei, G. (1612). “Seconda lettera del Sig. Galileo Galilei al Sig. Marco Velsari delle macchie solari”, in *Le opere di Galileo Galilei*, Edizione Nazionale (20 vols.), a cura di Favaro A. (1890-1909). Firenze: Barbera. Vol. V., pp. 116-141.

conserverà nel qual una volta sarà stato posto; cioè se sarà messo in stato di quiete, quello conserverà, e se sarà posto in movimento, verbigrazia verso occidente, nell'istesso si manterrà.

Discuteremo con gli studenti che la presunta similarità con il principio di inerzia newtoniano si basa in realtà sull'assunzione galileiana di un 'moto circolare inerziale': i corpi collocati "nella superficie sferica e concentrica alla Terra", trovandosi a distanza costante dal centro del globo (il "comun centro de' gravi"), non si spostano né verso l'alto, né verso il basso e per questo dovrebbero muoversi con moto uniforme.

Un grande progresso di Galilei nella descrizione del moto è costituito dalle indagini sperimentali con il piano inclinato, utilizzato come strumento che permette di 'rallentare' la caduta della sfera di metallo, dilatando il tempo di discesa e permettendo misure più agevoli anche grazie all'utilizzo dell'orologio ad acqua. La lettura del testo estratto dalla terza giornata dei *Discorsi* ("In un regolo, o voglian dir corrente, di legno...") è molto istruttiva; è innanzi tutto un modello di 'relazione di laboratorio', nella quale si descrive l'apparato strumentale e si riportano i risultati delle misure, con pregevole linguaggio scientifico (e qui torna alla mente l'affermazione di Italo Calvino, che vedeva Galilei come "il più grande scrittore della letteratura italiana di ogni secolo"). È interessante discutere con gli studenti l'uso di rapporti adimensionali, prima che fosse comune trattare grandezze 'dimensionali' come la velocità; facendo riferimento a spazi s percorsi *ex quiete* sul piano inclinato in tempi t diversi, Galilei afferma che:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2}$$

Faremo notare agli studenti che, per trasferire questa informazione in una 'legge oraria', è necessario introdurre una costante k con le dimensioni di una accelerazione:

$$s = kt^2$$

Da questi semplici esempi dovrebbe risultare evidente che la storia della fisica, oltre a fornire informazioni sull'origine e lo sviluppo di un concetto, può dare l'occasione al docente per approfondire e discutere con gli studenti la loro comprensione *attuale* di un fenomeno o di una legge fisica.

4. Lo studio dell'Universo di ieri e di oggi per una didattica più efficace (abstract)

Caterina Boccatto, INAF-Istituto Nazionale di Astrofisica

L'apprendimento dell'Astronomia, e dell'Astrofisica, è sicuramente reso più efficace nel momento in cui riusciamo a contestualizzare, per gli studenti, le diverse scoperte scientifiche. Dal forte legame che Galileo Galilei aveva con la "tecnologia" del '600, ossia con le botteghe degli ingegnosi artigiani della Padova di allora, che gli permise di appropriarsi di un cannocchiale, e poi di perfezionarlo, per scoprire un universo fino ad allora inedito, ai primi spettrografi dell'800 che, abbinati ai telescopi, hanno sancito il passaggio dall'Astronomia di posizione allo studio della fisica dei corpi celesti, ossia all'Astrofisica.

Il connubio didattica e storia della scienza, in INAF, si è concretizzato in diverse attività che rispecchiano quanto appena detto: presso le aule e gli spazi museali della Specola di Padova si sono proposte delle attività di riproduzione di strumentazione astronomica del passato da un lato e dall'altro le visite ai nostri laboratori di tecnologia di frontiera dove si testano le ottiche di satelliti dell'Agenzia Spaziale Europea. Seguendo lo stesso approccio, negli spazi di diversi altri musei, condivisi con gli istituti attuali dell'INAF, sparsi in tutta Italia, abbiamo proposto anche ricostruzioni teatrali della storia astronomica del '900 e l'abbiamo poi messa a confronto con i risultati ottenuti negli ultimi 20, 30 anni.

Questi approcci si sono dimostrati efficaci perché, in primis, danno la “dimensione umana” di una scienza così apparentemente slegata dalla vita quotidiana. Ma mostrano anche la realtà e cioè che la scienza non segue un percorso lineare, è costellata di errori tanto quanto di intuizioni corrette, di momenti di stallo tanto quanto di periodi di grandi scoperte.

5. La storia che insegna: progetti didattici (e divulgativi) su percorsi storici definiti (abstract)

Salvatore Esposito, Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”, Università di Napoli & INFN-Sezione di Napoli

L’obiettivo di far imparare la fisica praticando la scienza può essere raggiunto delineando dei percorsi ben definiti (su argomenti specifici), che seguano da vicino la realtà storica. L’intento non è quello di riprodurre a posteriori i processi mediante i quali i fisici costruiscono e applicano una data conoscenza, ma piuttosto quello di produrre processi reali mediante i quali gli scienziati del passato hanno costruito e applicato quella conoscenza. Alcuni progetti sviluppati negli ultimi anni, in contesti didattici differenti, mostrano quanto questa prospettiva sia particolarmente fruttuosa, soprattutto quando si considerano percorsi storici di origine prettamente sperimentale.

6. Quante storie... ovvero: come fare buon uso della storia nella didattica della fisica? (abstract)

Matteo Leone, Università di Torino

Quante storie. Quelle raccontate nelle storie dei manuali di fisica della scuola secondaria o dell’università: medaglioni di scienziati e poco altro, esperimenti mai fatti o fatti e mai raccontati, teorie avulse da un contesto.

Quante storie. Quelle che vorrebbero imparare, scoprire, applicare, i docenti di fisica della scuola secondaria consapevoli del valore culturale e motivazionale della storia della loro disciplina.

Quante storie. Quelle che la storia della fisica ci riserva, quasi a presagire, anticipare, la fisica “spontanea” degli studenti.

Per ognuna di queste storie si porteranno esempi fondati su ricerche storiche e/o empiriche attinenti al rapporto tra storia e didattica della fisica.

7. La storia in percorsi concettuali per l’apprendimento (abstract)

Marisa Michelini, URDF, DMIF-Università di Udine

Lo scopo principale della didattica è produrre quell’apprendimento che corrisponde ad un’appropriazione dei contenuti e dei metodi disciplinari, che il soggetto sa utilizzare in diversi contesti. La letteratura di ricerca ci ha insegnato che ciò viene favorito se il soggetto che apprende ha un ruolo attivo in cui si mette in gioco con lo stile proprio di apprendimento in esperienze significative. La fisica richiede interpretazione a diversi livelli e spesso con prospettive diverse di contesti fenomenologici. La comprensione di potenzialità e limiti di ciascuno richiede un’elaborazione concettuale, spesso ricostruendo pezzi di realtà in esperimenti di laboratorio. Ecco che la più importante conquista nell’apprendimento della fisica è quella dell’appropriazione concettuale, che implica quella epistemica. Essa costruisce diverse competenze, che accanto a creatività e fantasia, crescono mettendo in campo strategie basate su ipotesi, esperimenti e confronto dei risultati con le ipotesi, identificazione di concetti e argomentazioni che li correlano e vi danno senso. Sono passi spesso compiuti nel percorso storico di chiarificazione concettuale in fisica. In percorsi concettuali coerenti basati su attività sperimentali abbiamo evidenza che hanno un ruolo fertile esperienze di costruzione concettuale vissute nella storia della fisica. Ecco che sfruttare idee ed argomentazioni di scienziati del passato per costruire esperienze in cui gli studenti vivono (non sentono raccontare) come nascono relazioni, modelli e interpretazioni offre loro gli elementi artigianali del costruire conoscenza in fisica. Nella nostra esperienza abbiamo

costruito percorsi che hanno favorito il cambiamento concettuale in meccanica, nella fluidodinamica, in termodinamica, elettromagnetismo ed ottica mettendo nelle mani degli studenti situazioni carismatiche di Newton, Fourier, Ampere e Balmer. L'autenticità delle problematiche e dati storici hanno attivato ragionamenti ed argomentazioni capaci di costruire appropriazione concettuale di interpretazioni attuali. La storia vissuta fa acquisire consapevolezza dei nodi concettuali, offre padronanza di modalità di lavoro e, mentre costruisce conoscenze, offre competenze di identità fisica.

8. *Il ruolo dei musei scientifici nell'insegnamento della fisica e dell'astronomia (abstract)*

Ornella Pantano, DFA-Università di Padova

Il gruppo di ricerca in didattica della Fisica e Astronomia dell'Università di Padova da diversi anni collabora con il Museo di Storia della fisica 'G. Poleni' e il Museo 'La Specola' dell'INAF nello sviluppo di percorsi didattici che integrano attività laboratoriali e visite tematiche presso i Musei. In particolare, saranno presentate alcune esperienze fatte con insegnanti in formazione e in servizio di scuola primaria e scuola secondaria. Gli obiettivi dei progetti sviluppati sono vari: far sperimentare agli insegnanti dei percorsi da riproporre a scuola, adattandoli ai diversi bisogni formativi dei propri studenti; stimolare una riflessione su come i musei scientifici possono essere usati per motivare gli studenti e favorire l'apprendimento di alcuni temi disciplinari; riconoscere la relazione tra strumenti ed evoluzione della conoscenza scientifica; fornire esempi di insegnamento integrato di fisica e astronomia.