

Ambito C - Percorsi didattici di Fisica Classica e di Fisica Moderna.

Exploring Physics and History Together: History of Physics in Teacher Training Classes.

Esplorare insieme la fisica e la storia: la storia della fisica nei percorsi di formazione docenti

Ivana GAMBARO*

DAFIST – Università di Genova

SISFA – Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia

Abstract

Teacher training programs developed within the SSIS (Scuole di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario) and later within the TFA (Tirocinio Formativo Attivo) have been a unique opportunity to finally implement initial teacher training (ITT) and they might have been a useful starting point for developing training programs permanently integrated in the universities. From my experience as a teacher trainer within this framework of activities, in this contribution I make some proposals and I develop a few reflections on how to use, for educational purposes, a selection of texts from the works of some leading figures of the Scientific Revolution. In fact, analysing original contributions, investigating scientific debates, discussing the philosophical themes underlying innovative physical concepts can offer a more attractive view of physics both in teacher training courses and in high school classes. The gratifying experience enjoyed by the trainee teachers (and by myself) can indicate the value and the advantage of exploring physics and history together.

I corsi per la formazione iniziale dei docenti progettati nell'ambito delle SSIS (Scuole di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario) e successivamente nei TFA (Tirocinio Formativo Attivo) hanno costituito un'opportunità unica per sviluppare percorsi di formazione iniziale docente ed avrebbero potuto costituire un utile punto di partenza per inserirli stabilmente nelle Università. Dalla mia esperienza come formatore in questo ambito traggio alcune proposte sull'utilizzo di selezioni di testi dalle opere di protagonisti della Rivoluzione scientifica. Analizzare contributi originali, illustrare controversie scientifiche, evidenziare i temi filosofici che sottendono i più innovativi concetti fisici può fornire un'immagine più stimolante della fisica sia nei corsi rivolti ai futuri docenti, sia nelle classi liceali. In definitiva esplorare insieme la fisica e la storia (della fisica) può rivelarsi un'esperienza molto gratificante sia per i docenti, sia per i discenti.

È ben nota l'utilità per i futuri docenti all'inizio della loro carriera di una fase orientata allo studio e all'approfondimento delle conoscenze che preveda momenti di riflessione critica e di apprendimento collaborativo. L'esperienza SSIS e quella del TFA si sono purtroppo interrotte, senza che per i futuri docenti della scuola secondaria siano stati previsti, al momento attuale, percorsi formativi di durata almeno annuale. Molte sono le attività che sono state comunque

* [ivana.gambaro\(at\)unige.it](mailto:ivana.gambaro(at)unige.it), [ivana.gambaro\(at\)gmail.com](mailto:ivana.gambaro(at)gmail.com)

svolte in ambito didattico con grande impegno e ottimi risultati da docenti attivi nelle università e nella scuola nel quadro di iniziative come il PLS, ma è certamente auspicabile che una ripresa di questi percorsi formativi universitari, e dei connessi proficui interscambi tra università e scuola, sia avviata al più presto. E la fase difficile attraversata dalla scuola in questo tempo di pandemia sottolinea quanto sarebbe stata utile e necessaria la presenza di una scuola di specializzazione, o ente analogo preposto alla formazione iniziale e a quella in servizio, che in ogni regione potesse sostenere stabilmente l'attività didattica a distanza con risorse a disposizione messe a punto nel corso degli anni da ricercatori, docenti e corsisti attivi nell'ambito didattico. Nel caso delle discipline scientifiche e della fisica in particolare, per la progettazione di tali percorsi dovrebbe poi esser tenuta in seria considerazione l'utilità di trarre contributi dalla storia della scienza e della fisica [1, 2].

La nota frattura fra le due culture, *Naturewissenschaften vs Geisteswissenschaften*, si è espressa sovente, fra l'altro, nella scelta di dedicare nella tradizione didattica spazi distinti, e ben distanti tra loro, alle scienze, alla loro storia e alla storia della filosofia, col risultato di non poter evidenziare la globalità degli sforzi compiuti per estendere e consolidare il primato della ragione nel rapporto con la Natura elaborato dall'Umanità nel corso del tempo. Al contrario, pensiero filosofico e pensiero scientifico non sono da considerarsi in antitesi l'uno con l'altro, ma costituiscono due aspetti del medesimo approccio razionale alla comprensione del mondo. Intrecci tra filosofia e scienza sono frequenti fin dai tempi della scuola ionica che tra il VII e VI secolo a.C. sviluppò riflessioni originali intorno all'*archè*, principio originario di tutto ciò che esiste. Inoltre naturalismo, ilozoismo, panteismo sono concezioni ben presenti nel '500 e nel secolo successivo quando marcati si fanno gli intrecci tra filosofia e scienza. In un corso rivolto ai futuri docenti è quanto mai utile evidenziare i rapporti che intercorrono tra le due culture [3, 4].

A partire dal 1962 per alcuni anni la *Carnegie Corporation* di New York e successivamente l'*U.S. Office of Education* e la *National Science Foundation* sostennero un ambizioso progetto didattico che si concretizzò nella realizzazione del noto *Harvard Project Physics* comprendente libri di testo, apparati di laboratorio, filmati orientati ad introdurre i concetti scientifici nella loro dimensione storica. Il testo ha visto una traduzione italiana per i tipi della Zanichelli negli anni Settanta. Quell'esperienza si è conclusa da molto tempo con risultati a lungo dibattuti. Qui intendo semplicemente rimarcare come sia nei corsi di formazione iniziale sia nella formazione in servizio, l'uso della storia nell'insegnamento della fisica può essere utile per: introdurre contenuti disciplinari, rielaborare o progettare materiali didattici, incoraggiare discussioni tra gli studenti, e, *last but not least*, ripensare criticamente l'immagine della fisica presentata nei libri di testo.

Dall'esperienza maturata nei corsi di formazione docenti ho estratto alcune proposte che si avvalgono di testi tratti dalle opere di J. Kepler (1571-1630), W. Harvey (1578-1657), G. Galilei (1564-1641) ecc. Con essi è possibile introdurre nelle classi alcuni tra i nuovi concetti emersi tra XVI e XVII secolo nel corso della Rivoluzione astronomica e di quella scientifica e/o proporre materiale "storico" nei corsi rivolti ai futuri docenti per stimolare la progettazione di moduli didattici e la definizione di catene concettuali da utilizzare nelle classi [5].

1. La Rivoluzione astronomica

Nei corsi di formazione iniziale ho presentato una prima occasione di riflessione attraverso due brani, il primo di Kepler e il secondo di Harvey. Quasi coetanei essi diedero contributi innovativi alle conoscenze dell'universo e del corpo umano. Riferite al macrocosmo e al microcosmo è interessante ritrovare le medesime metafore utilizzate da entrambi, a testimoniare di quanto ancora fosse diffuso tra '500 e '600 il concetto della corrispondenza organica fra l'uomo e il mondo, fra microcosmo e macrocosmo, concetto che ha radici assai antiche.

Nello stesso anno in cui Galileo pubblicò il *Sidereus nuncius*, Kepler diede alle stampe la *Dissertatio cum Nuncio sidereo* (Praga, 1610), dove confermava la validità delle scoperte galileiane. Qui l'autore sottolinea la centralità del Sole, cuore del mondo. Non si tratta soltanto di un'ipotesi astronomica o di una teoria eliocentrica, è una proposta filosofica quella che incontra il lettore:

Il Sole in verità è al centro del mondo, è il cuore del mondo, la fonte della luce, la fonte del calore, l'origine della vita e del movimento del mondo. Ma sembra evidente che l'uomo debba astenersi di buon grado da quel trono regale. Dio diede il cielo al Signore del cielo, Sole di giustizia; mentre la Terra la diede ai figli degli uomini. Infatti, anche se Dio non ha corpo [...], tuttavia egli nel Sole più che negli altri globi palesa quella virtù dalla quale è governato il mondo. Riconosca dunque l'uomo [...] ch'egli non è la fonte e l'origine dello splendore del mondo, ma che dipende dalla vera fonte e dalla vera origine.[6]

Accanto a questo brano di Kepler possiamo collocare la dedica che nel 1628 Harvey rivolge al re Carlo I Stuart in occasione della pubblicazione del suo *De motu cordis*. Pensiero politico, modello astronomico, teoria biologica si intrecciano e l'una si pone quale metafora dell'altro:

Al serenissimo e invitto Carlo
Re di Gran Bretagna, Francia e Irlanda
Difensore della Fede
Serenissimo Re,
Il cuore degli esseri animati è il fondamento della vita, il signore di tutto ciò che è connesso alla vita, il sole del microcosmo. Dal cuore dipende ogni atto vitale, dal cuore proviene tutta l'energia e il vigore. In modo analogo il re costituisce il fondamento del suo regno, il Sole del suo microcosmo, il cuore dello Stato. [7]

Significativo è qualche anno dopo l'affermarsi sullo scenario europeo del modello politico incarnato nel Re Sole, appunto, ovvero in Louis XIV, emblema dell'assolutismo.

Ma torniamo alle Rivoluzioni astronomica e scientifica. Dal modello copernicano il Sole è posto al centro del mondo e ciò implica che la Terra sia collocata nei cieli insieme alla Luna e agli altri pianeti sovvertendo completamente la cosmologia di radice aristotelico-tomista che stabiliva una differenza incolmabile tra il mondo terrestre e quello celeste. La contrapposizione tra i due modelli cosmologici per Kuhn rappresenta “mutamento globale del modo in cui gli uomini guardavano alla natura ed usavano la lingua rispetto ad essa” e non si tratta di “incrementi alla conoscenza del mondo o di banale correzione di errori” [8].

Grazie alle osservazioni fatte al telescopio Galileo può affermare che la Luna non è perfettamente sferica, ma come la Terra presenta cavità (valli) e sporgenze (monti). Non solo, l'osservazione conduce l'astronomo pisano a descrivere il sorgere del Sole sulla Luna in

perfetta analogia con quanto avviene sulla Terra. Perde significato la contrapposizione tra mondo terrestre e mondo lunare argomentata grazie a complesse e astratte disquisizioni filosofiche, Galileo al contrario opta per un'altra strategia argomentativa e con semplicità ed efficacia descrive l'alba sulla Luna, partendo dai "fatti" osservabili:

Cominciamo dunque a parlare della faccia lunare che è rivolta al nostro sguardo, la quale io distinguo in due parti, più chiara e più oscura [...]. La superficie della Luna non è affatto liscia, uniforme e di sfericità esattissima, [...] come una numerosa schiera di filosofi ha ritenuto, ma al contrario, disuguale, scabra, ripiena di cavità e di sporgenze, non altrimenti che la faccia stessa della Terra, la quale si differenzia qua per catene di monti, là per profondità di valli [...]. Quando la Luna ci si mostra con i corni splendenti, il termine che divide la parte oscura dalla luminosa [...] è segnato da una linea disuguale, aspra e notevolmente sinuosa [...] e oltre i confini della luce e delle tenebre si estendono nella parte oscura molte come lucide escrescenze, e al contrario, delle particelle tenebrose s'inoltrano nella zona illuminata [...]. Le suddette piccole macchie tutte concordano in questo, nell'aver la parte nericia rivolta verso il luogo del Sole; mentre nella parte opposta al Sole appaiono coronate da contorni molto lucenti, quasi da montagne accese [...]. Un aspetto del tutto consimile lo abbiamo sulla Terra al levar del Sole, quando, non essendo ancora inondate di luce le valli, pur vediamo quei monti che le circondano dalla parte opposta al Sole ormai tutti fulgidi e splendenti; e come le ombre delle cavità terrestri, via via che il Sole s'innalza, diminuiscono, così anche queste macchie lunari, col crescere nella Luna della parte luminosa, vanno perdendo le tenebre. Or appunto sulla Terra, prima del sorgere del Sole, le più alte cime dei monti non sono illuminate dai raggi solari, mentre l'ombra occupa tuttora le pianure? e di lì a poco quella luce non si va dilatando, mentre s'illuminano le parti medie e più larghe dei medesimi monti: e sorto che sia il Sole, le illuminazioni delle pianure e dei colli non finiscono col congiungersi? [9]

Un cambiamento di metodo, di strategia, di scelta retorica che lo condurrà ad avvalersi anche nell'ambito scientifico del dialogo, una forma di scrittura cara alla letteratura umanistica e rinascimentale. Modalità questa che gli permetterà di passare agevolmente dalla dimostrazione logico-matematica all'argomento filosofico, dalla provocazione all'ironia.

2. Il principio d'inerzia

Un tema complesso da introdurre in una classe è indubbiamente il concetto d'inerzia. Il conflitto tra conoscenza comune e conoscenza scientifica spesso "si risolve", da parte dello studente, in un'acquisizione superficiale di leggi e concetti fisici. Al contrario è importante far emergere le idee intuitive in possesso degli studenti, discuterle, evidenziarne la correttezza o le contraddizioni. Anche qui Galileo può esserci d'aiuto. Dal *Dialogo* nella Giornata seconda:

SALVIATI [...] Quando voi aveste una superficie piana, pulitissima come uno specchio e di materia dura come l'acciaio, e che fusse non parallela all'orizzonte, ma alquanto inclinata, e che sopra di essa voi poneste una palla perfettamente sferica e di materia grave e durissima, come, verbigravia, di bronzo, lasciata in sua libertà che credete voi che ella facesse?

SIMPLICIO Se quella superficie fusse inclinata? [...] son sicuro ch'ella si moverebbe verso il declive spontaneamente [...].

SALVIATI Così sta [...]. Voglio che voi astragghiate dall'impedimento dell'aria, mediante la sua resistenza all'essere aperta, e tutti gli altri ostacoli accidentarii, se altri ve ne potessero essere [...].

SIMPLICIO Ho compreso il tutto benissimo: e quanto alla vostra domanda, rispondo che ella continuerebbe a muoversi in infinito, se tanto durasse la inclinazione del piano, e con movimento

accelerato continuamente; ch  tale   la natura de i mobili gravi, che *vires acquirant eundo*: e quanto maggior fusse la declivit , maggior sarebbe la velocit .

SALVIATI Ma quand'altri volesse che quella palla si movesse all'ins  sopra quella medesima superficie, credete voi che ella vi andasse? [...] quando da qualche impeto violentemente impressole ella fusse spinta, quale e quanto sarebbe il suo moto?

SIMPLICIO Il moto andrebbe sempre languendo e ritardandosi, per esser contro a natura, e sarebbe pi  lungo o pi  breve secondo il maggiore o minore impulso e secondo la maggiore o minore acclivit .

SALVIATI Parmi dunque [...] che nel piano inclinato il mobile grave spontaneamente scende e va continuamente accelerandosi, e che a ritenervelo in quiete bisogna usarvi forza; ma sul piano ascendente ci vuol forza a spignervelo ed anco a fermavelo, e che 'l moto impressogli va continuamente scemando, s  che finalmente si annichila [...]. Ora ditemi quel che accaderebbe sopra una superficie che non fusse n  acclive n  declive.

SIMPLICIO Qui bisogna ch'io pensi un poco alla risposta. Non vi essendo declivit , non vi pu  essere inclinazione naturale al moto, e non vi essendo acclivit , non vi pu  esser resistenza all'esser mosso [...] parmi dunque che e' dovrebbe restarvi naturalmente fermo.

SALVIATI [...] Se gli fusse dato impeto verso qualche parte, che seguirebbe?

SIMPLICIO Seguirebbe il muoversi verso quella parte [...]. Io non ci so scorgere causa di accelerazione n  di ritardamento, non vi essendo n  declivit  n  acclivit  [...]. Tanto quanto durasse la lunghezza di quella superficie n  erta n  china.

SALVIATI Adunque se tale spazio fusse interminato, il moto in esso sarebbe parimente senza termine, ci  perpetuo?

SIMPLICIO Parmi di s , quando il mobile fusse di materia da durare.¹

Storici della fisica hanno a lungo dibattuto se e in che misura Galileo abbia contribuito alla definizione del primo principio della dinamica, se dai suoi scritti emerga o meno, e con quali limiti, un proto-concetto d'inerzia. In questo contesto tali questioni non sono di alcuna utilit , e piuttosto va affrontato il problema del linguaggio. Qui Galileo scrive in uno splendido italiano secentesco, e sta al docente sensibile e attento valutare se sia pi  opportuno operare la "traduzione" in un linguaggio pi  vicino a noi, o se gli studenti possono esser guidati ad apprezzarlo direttamente.

3. La caduta dei gravi e il ragionamento per assurdo

Un altro argomento su cui i docenti concentrano la loro attenzione   la caduta libera dei gravi. Corpi diversi in caduta da eguali altezze sembrano impiegare tempi differenti per giungere a terra. Una prima giustificazione intuitiva, di sapore aristotelico, attribuisce al corpo pi  pesante un tempo di caduta pi  breve poich  la velocit    in qualche modo "collegata" al peso, e forse   proporzionale a esso; ma   sufficiente variare la forma del grave in caduta, ad esempio appallottolando un foglio di carta, per valutare quanto poco convincente sia questa spiegazione. Leggiamo a questo proposito un brano dai *Discorsi*:

SIMPLICIO [Aristotele] suppone che mobili diversi in gravit  si muovano nell'istesso mezzo con diseguali velocit , le quali mantengano tra di loro la medesima proporzione che le gravit ; si che, per esempio, un mobile dieci volte pi  grave di un altro si muova dieci volte pi  velocemente [...].

¹ Si veda [10], Vol. VII, Giornata seconda, pp. 171-173.

SALVIATI Quando dunque noi avessimo due mobili, le naturali velocità de i quali fossero ineguali, è manifesto che se noi congiugnessimo il più tardo col più veloce, questo dal più tardo sarebbe in parte ritardato, ed il tardo in parte velocitato dall'altro più veloce [...]. Se una pietra grande si muova, per esempio, con otto gradi di velocità, ed una minore con quattro, adunque, congiugnendole amendue insieme, il composto di loro si moverà con velocità minore di otto gradi: ma le due pietre, congiunte insieme, fanno una pietra maggiore che quella prima, che si moveva con otto gradi di velocità: adunque questa maggiore si muove men velocemente che la minore; che è contro alla vostra supposizione. Vedete dunque come dal suppor che 'l mobile più grave si muova più velocemente del men grave, io vi concludo, il più grave muoversi men velocemente.

SIMPLICIO Io mi trovo avviluppato, perché mi par pure che la pietra minore aggiunta alla maggiore le aggiunga peso, e aggiugnendole peso, non so come non debba aggiugnerle velocità, o almeno non diminuirgliela [...].

SIMPLICIO Ma chi posasse la maggior sopra la minore?

SALVIATI Le accrescerebbe peso, quando il suo moto fusse più veloce: ma già si è concluso che quando la minore fusse più tarda, ritarderebbe in parte la velocità della maggiore, tal che il loro composto si moverebbe men veloce, essendo maggiore dell'altra; che è contro al vostro assunto. Concludiamo per ciò, che i mobili grandi e i piccoli ancora, essendo della medesima gravità in spezie, si muovono con pari velocità [...].

SIMPLICIO Il vostro discorso procede benissimo veramente: tuttavia mi par duro a credere che una lagrima di piombo si abbia a muover così veloce come una palla d'artiglieria [...].

SALVIATI Aristotele dice: «una palla di ferro di cento libbre, cadendo dall'altezza di cento braccia, arriva in terra prima che una di una libbra sia scesa un sol braccio»; io dico ch'ell'arrivano nell'istesso tempo; voi trovate, nel farne l'esperienza, che la maggiore anticipa due dita la minore, cioè che quando la grande percuote in terra, l'altra ne è lontana due dita: ora vorreste dopo queste due dita appiattare le novantanove braccia di Aristotele, e parlando solo del mio minimo errore, metter sotto silenzio l'altro massimo.²

4. La caduta dei gravi e l'esperimento del piano inclinato

Nella Giornata Terza dei *Discorsi* si affronta il problema della determinazione della legge oraria che governa la caduta dei gravi, ovvero del rapporto che intercorre tra tempi di caduta e spazi percorsi. Galileo è certamente impossibilitato ad effettuare le misure che oggi in un laboratorio scolastico normalmente attrezzato si possono realizzare con i sensori e il software di un semplice sistema di acquisizione dati. Egli deve di necessità “rallentare” il moto di caduta utilizzando un piano inclinato e fa dimostrare a Sagredo che il moto verticale e quello di caduta lungo una guida inclinata sono governati dalla medesima legge. Salviati passa quindi a descrivere l'apparato sperimentale e le modalità con cui sono realizzate le misure degli intervalli di tempo con un orologio ad acqua:

SIMPLICIO Io veramente ho preso più gusto in questo semplice e chiaro discorso del Sig. Sagredo, che nella per me più oscura dimostrazione dell'Autore [...]; e però, per intelligenza mia e di altri simili a me, parmi che sarebbe stato opportuno in questo luogo arrear qualche esperienza di quelle che si è detto esservene molte, che in diversi casi s'accordano con le conclusioni dimostrate.

SALVIATI Voi, da vero scienziato, fate una ben ragionevol domanda; e così si costuma e conviene nelle scienze le quali alle conclusioni naturali applicano le dimostrazioni matematiche, come si vede ne i prospettivi, negli astronomi, ne i meccanici, ne i musici ed altri, li quali con sensate esperienze

² Si veda [11], Giornata prima, pp. 106-109.

confermano i principii loro [...]; e per assicurarsi che l'accelerazione de i gravi naturalmente descendentis segua nella proporzione sopradetta, molte volte mi son ritrovato io a farne la prova nel seguente modo. In un regolo, o vogliàn dir corrente, di legno, lungo circa 12 braccia, e largo per un verso mezo braccio e per l'altro 3 dita, si era in questa minor larghezza incavato un canaletto, poco più largo d'un dito; tiratolo drittissimo, e, per averlo ben pulito e liscio, incollatovi dentro una carta pecora zannata e lustrata al possibile, si faceva in esso scendere una palla di bronzo durissimo, ben rotondata e pulita; costituito che si era il detto regolo pendente, elevando sopra il piano orizzontale una delle sue estremità un braccio o due ad arbitrio, si lasciava (come dico) scendere per il detto canale la palla, notando, nel modo che appresso dirò, il tempo che consumava nello scorrerlo tutto, replicando il medesimo atto molte volte per assicurarsi bene della quantità del tempo, nel quale non si trovava mai differenza né anco della decima parte d'una battuta di polso. Fatta e stabilita precisamente tale operazione, facemmo scender la medesima palla solamente per la quarta parte della lunghezza di esso canale; e misurato il tempo della sua scesa, si trovava sempre puntualissimamente esser la metà dell'altro: e facendo poi l'esperienze di altre parti, esaminando ora il tempo di tutta la lunghezza col tempo della metà, o con quello delli duo terzi o de i $3/4$, o in conclusione con qualunque altra divisione, per esperienze ben cento volte replicate sempre s'incontrava, gli spazi passati esser tra di loro come i quadrati dei tempi, e questo in tutte le inclinazioni del piano, cioè del canale nel quale si faceva scender la palla; dove osservammo ancora, i tempi delle scese per diverse inclinazioni mantener esquisitamente tra di loro quella proporzione che più a basso troveremo essergli assegnata e dimostrata dall'Autore. Quanto poi alla misura del tempo, si teneva una gran secchia piena d'acqua, attaccata in alto, la quale per un sottil cannellino, saldatogli nel fondo, versava un sottil filo d'acqua, che s'andava ricevendo con un piccol bicchiero per tutto 'l tempo che la palla scendeva nel canale e nelle sue parti: le particelle poi dell'acqua, in tal guisa raccolte, s'andavano di volta in volta con esattissima bilancia pesando, dandoci le differenze e proporzioni de i pesi loro le differenze e proporzioni de i tempi; e questo con tal giustezza, che, come ho detto, tali operazioni, molte e molte volte replicate, già mai non differivano d'un notabil momento.³

Galileo riconosce alla matematica (le dimostrazioni matematiche) il compito di interpretare i dati osservati (le sensate esperienze) ponendo in relazione di proporzionalità le grandezze fisiche considerate. Altrove ha associato le scienze matematiche alla conoscenza divina tanto da affermare che quando l'intelletto umano conosce *intensive*, ovvero intende alcune proposizioni matematiche, là la sua conoscenza "agguaglia la divina nella certezza obiettiva poiché arriva a comprenderne la necessità".⁴

Quanto all'effettiva realizzazione delle misure, che confermano la proporzionalità tra gli spazi percorsi e i quadrati dei tempi impiegati, essa fu posta in dubbio già da contemporanei e successivamente da illustri storici della scienza del secolo scorso che lo interpretarono come *Gedankenexperiment*. Altri autori, al contrario, hanno replicato l'esperimento, seguendo le indicazioni galileiane, affermando di aver ottenuto le conferme cercate [12]. Più in generale la scoperta da parte di Galileo della legge di caduta dei gravi è stata, ed è, oggetto di innumerevoli studi intesi a stabilire come e quando egli avesse realizzato osservazioni e misure. In questa sede mi sono limitata a riportare la lunga citazione sia per evidenziarne l'affascinante cristallina semplicità sia per suggerire al docente al termine della lettura di chiudere le pagine dei *Discorsi*

³ Si veda [11], Giornata terza, pp. 212-213.

⁴ Si veda [10], Giornata prima, pp.127-128.

e così condurre gli studenti in laboratorio con la “missione” di confermare o confutare le parole galileiane.

Per concludere resta da riconoscere con Kuhn che il libro di testo, normalmente utilizzato nei nostri licei e nelle aule universitarie, inevitabilmente si pone come “strumento pedagogico costruito per trasmettere la scienza normale”, che registra i risultati stabilmente acquisiti e prodotti dalle teorie scientifiche del passato e fa conoscere i fondamenti della tradizione della scienza normale corrente. La concezione della scienza che possiamo ricavare da essi “non è verosimilmente più adeguata a rappresentare l'attività che li ha prodotti di quanto non lo sia l'immagine della cultura di una nazione ricavata da un opuscolo turistico o da una grammatica della lingua” [13]. Il suggerimento è dunque di abbandonarli, di quando in quando, al loro conformismo, per leggere i testi originali che possono talvolta risultare più chiari e efficaci.

Bibliografia

- [1] AA.VV. "Focus: Pedagogy", *ISIS*, **111**(3) (2020) 568.
- [2] BEVILACQUA F., a cura di, *Storia della fisica: un contributo per l'insegnamento della fisica* (Franco Angeli, Milano) 1983.
- [3] BEVILACQUA F., GIANNETTO E., MATTHEWS M.R., *Science Education and Culture. The Contribution of History and Philosophy of Science* (Dordrecht, Kluwer Academi Publ.) 2001.
- [4] GREGORY F. e HIRSCHFELD P.J., “Teaching Physics through History and History through Physics”, *Newsletter of the History of Science Society*, **44** (3), July 2015.
- [5] GAMBARO I., “La didattica della filosofia tra dimensione problematica e forma storica”, in *Experientia rerum. Saperi disciplinari e laboratori didattici nella formazione degli insegnanti secondari*, a cura di ROCCA S. (Compagnia dei librai, Genova) 2009, 211.
- [6] KEPLER J., *Dissertatio cum Nuncio Sidereo* (Pragae: tipis Danielis Sedesani) 1610, p. 31; trad. it. *Discussione col Nunzio Sidereo*, a cura di PASOLI E. e TABARRONI G., (Bottega d'Erasmus, Torino) 1972, p. 69.
- [7] HARVEY W., *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* (Francofurti, Sumptibus Gvilielmi Fitzeri) 1628, p. 3; trad. it. a cura di ALESSIO F., *Trattato anatomico sul movimento del cuore e del sangue degli animali*, in *Opere* (Boringhieri, Torino) 1963, p. 3.
- [8] KUHN T.S., *The Essential Tension* (Chicago University Press, Chicago) 1977, p. xiii.
- [9] GALILEI G., *Sidereus Nuncius*, a cura di BATTISTINI A., trad. it. a cura di TIMPANARO CARDINI M., (Marsilio, Venezia) 1993, p. 91.
- [10] GALILEI G., *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, in *Opere di GG*, Ediz. Naz. a cura di FAVARO A. (G. Barbera, Firenze) 1890-1909, Vol. VII, pp. 21-520.
- [11] GALILEI G., *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, in *Opere di GG*, Ediz. Naz. a cura di FAVARO A. (G. Barbera, Firenze) 1890-1909, Vol. VIII, pp. 39-318.
- [12] SETTLE T.B., “An Experiment in the History of Science”, *Science*, **133** (1961) p. 19.
- [13] KUHN T.S., *The Structure of Scientific Revolutions*, 50th Anniversary Edition (Chicago University Press, Chicago) 2012, citazioni a p.1 and p. 136; trad. it. dell'edizione 1962, a cura di CARUGO A., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (Einaudi, Torino) 1969, citazioni a p. 19 e p. 167.