
**LA FISICA DI TUTTI I GIORNI PER PIANETA GALILEO:
IMMERSIONI, GAVETTONI, AEREI E DINTORNI E IL TEMPO
DA GALILEO ALLA FISICA QUANTISTICA¹**

MARIA LUISA CHIOFALO

Dip. di Fisica “E. Fermi” e INFN, Università di Pisa

MASSIMILIANO LABARDI

IPCF, CNR – UOS Pisa

1. Perché

Le discipline scientifiche sono spesso considerate nella percezione comune veramente accessibili soltanto a poche persone di speciale intelligenza. Rispondere al classico “di cosa ti occupi nella vita?” con un coraggioso “faccio ricerca in... (inserire disciplina scientifica a scelta)” normalmente provoca una sequenza di reazioni abbastanza tipiche. Grande stupore e ammirazione, come se si avesse davanti un’eccezione della natura, sono immediatamente seguiti da un grande punto interrogativo che appare sulla testa dell’interlocutore, per finire con un quasi immancabile “non sono portato/a per la (inserire disciplina scientifica a scelta)” oppure un laconico “a scuola prendevo sempre voti bassissimi” o semmai il più incoraggiante “mi piacerebbe tanto capirci qualcosa ma proprio non fa per me”.

Quanta responsabilità abbia l’istruzione elementare, media e superiore e anche universitaria nel determinare questo stato di cose può essere argomento di lungo dibattito. Quanto questo stato di cose si traduca in un circolo vizioso è un altro aspetto rilevante: anche in una famiglia mediamente acculturata può essere stigmatizzato un errato uso del congiuntivo, mentre si può tranquillamente sorridere davanti ad un errato uso di radici quadrate e espressioni algebriche, oppure a non avere la ben che minima idea del perché il cielo di giorno è blu o cosa produce il suono di pianoforte o di una chitarra elettrica.

Di fatto, il problema esiste ed è spesso una delle principali cause che determinano:

- Una limitata curiosità per ciò che riguarda la scienza.
- Anche in presenza di una forma di curiosità, una quasi automatica rinuncia a priori a cercare di soddisfarla.

¹ Lezione tenuta il 4 febbraio 2013 al Liceo classico “Signorelli” di Cortona (AR) e il 7 febbraio 2013 al Liceo S.Bartolomeo di Sansepolcro (AR)

- Una inadeguata conoscenza del linguaggio e del metodo scientifici, che sono spesso utili per risolvere problemi in contesti quotidiani anche molto diversi da quelli della scienza.
- Una inadeguata percezione dell'utilità della scienza, in particolare per la spiegazione di fenomeni e del funzionamento di strumenti quotidiani, per il progresso tecnologico, per prevedere il verificarsi di determinati fenomeni.

2. Cosa

Sulla base delle motivazioni discusse nel precedente paragrafo, la modalità di svolgimento delle lezioni per Pianeta Galileo hanno seguito il format de La Fisica di Tutti i Giorni, base del corso che fa parte dell'offerta formativa dell'Università di Pisa dal 2007 e rivolto a studenti di tutti i Corsi di studio, umanistici e scientifici. Ispirato all'esperienza di Lou Bloomfield "How Things Work?" [1], il corso attraversa tutti i concetti e le idee essenziali della Fisica da Galileo alla Fisica Quantistica, passando per termodinamica, fisica dei fluidi, elettrostatica e magnetostatica, elettromagnetismo, ottica, chimica-fisica e scienza dei materiali. Idee e concetti vengono discussi a partire da dimostrazioni d'aula che coinvolgono fenomeni di vita quotidiana. Il percorso di apprendimento è lastricato dall'uso di metodologie per l'apprendimento attivo e cooperativo, come illustrato nella Sezione 3.

Per Pianeta Galileo, si è voluto in particolare condividere con gli e le studenti tre messaggi di carattere metodologico. Primo, così come Galileo non fu solo uno scienziato né solo un umanista, non esiste una cultura umanistica e una scientifica ma solo la Cultura: le differenziazioni sono questione di linguaggio, perché linguaggi diversi sono forme diverse di comunicazione utili per attivare le tante diverse intelligenze che ciascuno/a possiede. Secondo, il metodo scientifico definisce un modo di procedere per risolvere problemi in qualunque contesto di vita, a partire da fatti e non da pregiudizi o convinzioni limitanti: un metodo che può indurre la creazione di idee nuove e che richiede pensiero logico e pensiero creativo al tempo stesso. Terzo, le idee davvero importanti nella scienza sono relativamente poche, e una stessa idea - con opportune modifiche di dettaglio - può essere utile a comprendere fenomeni molto diversi nella loro manifestazione: questa osservazione definisce un altro punto d'accesso per la comprensione dei fenomeni, a partire da analogie con problemi apparentemente diversi di cui si conosce già il principio di funzionamento e corrisponde ad un'altra forma di pensiero logico e creativo al tempo stesso.

Agli Istituti Scolastici e loro referenti è stato offerto il format de La Fisica di Tutti i Giorni, e la possibilità di scegliere l'argomento sulla base di ciò che fosse più funzionale alle esigenze loro e degli e delle studenti hanno scelto di far partecipare. Il format ha vestito due lezioni diverse, il cui contenuto specifico è sintetizzato di seguito nelle Sezioni 4.1 e 4.2, rimandando per i dettagli a materiale disponibile online: immersioni, gavettoni, aerei e dintorni - sulla statica e dinamica dei fluidi [2], e il tempo da Galileo alla Fisica Quantistica - sul concetto e sulla misura del tempo [3].

3. Come

Ne *La Fisica di Tutti i Giorni*, idee, concetti e leggi della fisica sono discusse rigorosamente a partire da esempi di vita quotidiana. Si può discutere di come funzionino, solo per fare una selezione di esempi: pattini a rotelle, biciclette, ascensori, sistemi di irrigazione, aeroplani, aspirapolvere, materiali per l'abbigliamento, condizionatori d'aria, macchine fotocopiatrici, strumenti musicali, orologi, registrazione su cassette magnetiche, riproduttori di musica, forni a microonde, televisori, LED, trucco, telescopi e microscopi, tecniche diagnostiche in medicina, coltelli e acciai, vetri, plastica, detersivi, culinaria.

È possibile discutere le idee in prima battuta senza l'uso di strumenti matematici, facendo leva sull'intuizione e - là dove l'intuizione non aiuta o magari conduce a conclusioni non corrette - utilizzando piccole dimostrazioni d'aula realizzate esclusivamente con materiali casalinghi. I risultati di questi piccoli esperimenti fai-da-te possono avere e in generale hanno molti limiti: discutere esplicitamente questi limiti è parte integrante e molto istruttiva del metodo scientifico.

Allo scopo di accrescere le motivazioni per il percorso di apprendimento, gli esempi di vita quotidiana da trattare vengono scelti con chi partecipa a tale percorso. La scelta viene operata all'interno di un insieme di possibilità che attraversano tutti gli ambiti della fisica e che includono quelle proposte a partire da [1] ma anche altre di interesse e su richiesta di chi fa parte dell'aula. Le nuove proposte diventano oggetto dell'offerta formulata nel corso successivo.

Come illustrato nella Sezione 2, agli Istituti Scolastici e loro referenti è stata offerta la possibilità di scegliere l'argomento in modo funzionale alle esigenze della classe. Gli e le studenti hanno partecipato attivamente, con risposte a quesiti proposti, domande e osservazioni. Idee e concetti sono stati discussi seguendo il metodo sperimentale che Galileo ha introdotto cambiando il corso dell'evoluzione della ricerca scientifica: attraverso la scomposizione di un problema complesso in più domande più semplici alle quali rispondere attraverso una successione di osservazioni, ipotesi, e verifiche con le semplici dimostrazioni d'aula, preparate a partire da oggetti di uso quotidiano. In questo modo, si accompagnano gli e le studenti nel fondamentale processo che sviluppa curiosità e motivazione per l'apprendimento, offrendo loro strumenti per pensare in modo differente a ciò che osservano e per replicare a casa o a scuola in qualunque momento il metodo scientifico.

Dopo la discussione di ogni concetto importante, sono state poste agli e alle studenti domande concettuali sugli stessi fenomeni o altri correlati. Agli e alle studenti è stato richiesto di riflettere individualmente sulla domanda, quindi di discutere la risposta in gruppo. Per rendere l'interazione più efficace ed efficiente, è stato fatto uso di lavagna interattiva multimediale portatile e di clickers, opportunamente distribuiti nel numero utile per assegnare un clicker ad ogni gruppo di tre-quattro studenti. La LIM consente di modificare dinamicamente il materiale che viene poi lasciato agli e

alle studenti, a seguito dell'interazione in aula. Mediante i clickers, le risposte vengono inviate via Wi-Fi al computer della docente, analizzate attraverso un software opportuno e condivise con l'aula in forma statistica: in questo modo, la docente può verificare dinamicamente il livello di comprensione degli/le studenti in aula, e gli e le studenti hanno l'opportunità di interagire tra loro e con la docente in fase di discussione delle idee e applicare i concetti ad esempi semplici favorendo così l'efficacia del processo di apprendimento.

4. I contenuti

4.1 Immersioni, gavettoni, aerei e dintorni: statica e dinamica dei fluidi. Pianeta Galileo presso il Liceo San Bartolomeo di Sansepolcro

L'attività sul tema specifico è stata divisa in due parti. Nella prima, si sono discusse le idee fondamentali della statica e dinamica dei fluidi a partire da osservazioni su dimostrazioni d'aula e dalle domande: (i) come accade che alcuni oggetti galleggino e altri affondino? (ii) come accade che un palloncino in aria si gonfi, e cosa hanno in comune palloncini in aria e oggetti in acqua? (iii) come accade che palloncini gonfiati con gas diversi (nella dimostrazione con aria, anidride carbonica e azoto) cadano con velocità diverse? (iv) come mai l'atmosfera non cade? Cosa bisogna fare per immergersi e nuotare sott'acqua? (v) come funziona una cannuccia? (vi) come funzionano le ali di aerei? (vii) come fare bene un gavettone con una fistola? Per rispondere a queste domande, sono state discusse le forze aerodinamiche e quelle di resistenza viscosa di oggetti in movimento dentro fluidi, le forze di galleggiamento in fluidi in presenza della forza di gravità, il concetto di massa inerziale e gravitazionale, la conservazione della materia e il concetto di portata di un fluido in un tubo, la conservazione dell'energia e il principio di Bernoulli.

Una seconda parte è stata dedicata a concetti fondamentali della termodinamica, a partire da osservazioni sul tempo atmosferico e dalle domande: (i) come accade che la Terra possa mantenere in media la temperatura, che è quella necessaria per i normali processi vitali, e quali sono le funzioni dell'atmosfera terrestre? (ii) come si formano i venti, le nuvole, la pioggia, i cicloni e gli uragani? (iii) perché è importante il buco dell'ozono? Per rispondere a queste domande, sono stati introdotti e discussi concetti termodinamici fondamentali: temperatura, calore, energia nelle sue diverse forme, meccanismi microscopici di trasporto del calore e relative leggi, espansione termica, effetto Coriolis. Per illustrare i concetti sono stati utilizzati diversi esempi o dimostrazioni d'aula: come accade che un'automobile lasciata per un po' sotto il sole a portiere e finestrini chiusi diventi un forno, come funziona la pelle del nostro corpo per mantenere la temperatura necessaria ai processi vitali, perché un cucchiaino da caffè è percepito come freddo? e uno di plastica come caldo? come costruire un termometro un po' speciale con righello, spillo, carta e nastro adesivo, come si comportano palloncini d'aria in azoto liquido, perché sulla riva del mare di sera è frequente sentire una leggera brezza e perché questa fa rabbrivire se non si è coperti da un indumento per quanto

sottile e leggero, come spiegare l'effetto Coriolis con giradischi e pennarelli, se mai può funzionare la strana idea di Superman di andare indietro nel tempo facendo ruotare la Terra al contrario (e perché non funziona). In definitiva, si sono discusse le implicazioni di questi concetti sul funzionamento del nostro organismo e sul funzionamento dell'ambiente: effetto serra, buco dell'ozono, uso consapevole dell'energia, con la quale non si può vincere né pareggiare, solo perdere il meno possibile e le conseguenze di tutto ciò per il nostro Pianeta. Questa seconda parte non è stata discussa per ragioni di tempo, ma ai e alle docenti è stato lasciato tutto il materiale preparato per l'occasione.

4.2 Il Tempo da Galileo alla Fisica Quantistica. Pianeta Galileo presso il Liceo

Signorelli di Cortona

Nell'attività sul tema specifico sono state discusse idee e concetti di fisica classica, relativistica, atomica e quantistica, a partire dalle domande: (i) come definire in modo utile il tempo in fisica? (ii) perché è importante disporre di una misura accurata del tempo, come funziona un GPS e quali sono le caratteristiche essenziali di un buon orologio? In particolare, (iii) perché gli orologi più moderni non usano clessidre o simili? (iv) da cosa dipende l'accuratezza di un orologio? (v) perché e in che modo gli orologi più moderni usano movimenti ripetitivi? (vi) in che modo sono concepiti gli orologi più moderni? Per rispondere a queste domande, sono stati discussi i concetti fondamentali di moto armonico, risonanza, precisione e accuratezza delle misure in fisica, e come gli atomi siano degli oscillatori naturali. Si è illustrato come gli stessi concetti siano comuni al funzionamento di tutti gli orologi moderni, che con la cura di opportuni dettagli e l'introduzione di nuove tecnologie consentono livelli crescenti di precisione e accuratezza: da 1 secondo ogni mille del pendolo di Galileo, a 1 secondo ogni anno di un ottimo orologio elettromeccanico e/o digitale, per finire al secondo ogni milione di anni degli orologi atomici funzionanti a temperature di qualche milionesimo di grado Kelvin prossime allo zero assoluto e oggetto di attuale ricerca di frontiera. Per discutere il funzionamento di questi ultimi sono state introdotte e discusse idee e concetti della fisica quantistica e della termodinamica: atomi come oscillatori quantistici risonanti e struttura discreta degli stati atomici, temperatura come misura dell'energia cinetica media degli atomi. Per ragioni di tempo non sono stati discussi in dettaglio a partire da altrettante dimostrazioni d'aula altri concetti e tecniche utili a comprendere come sia possibile raffreddare gli atomi a queste che sono le temperature più basse nell'Universo, una parte di fisica che dal 2001 ad oggi è stata oggetto di ricerca di frontiera con l'assegnazione di almeno sei premi Nobel. Tra le idee di base sono il raffreddamento di atomi per rallentamento mediante luce laser ed effetto Doppler e per evaporazione, le caratteristiche di nuovi stati della materia come condensati di Bose-Einstein e superfluidi, e l'importanza d'uso di questi sistemi atomici ultrafreddi come versione moderna degli esperimenti di Galileo con il pendolo, per effettuare test più precisi della relatività generale. Tutto il materiale preparato è rimasto a disposizione della Scuola.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bloomfield, L., *How Things Work. The Physics of Everyday Life*, J. Wiley, New York 2001
- [2] Chiofalo, M. L. and Labardi, M., Immersioni, gavettoni, aerei e dintorni, in *La Fisica di Tutti i Giorni per Pianeta Galileo*, disponibile online sul portale per l'e-learning <https://www.dm.unipi.it/elearning> per il corso "La Fisica di Tutti i Giorni"
- [3] Chiofalo, M. L. and Labardi, M., Il tempo da Galileo alla Fisica Quantistica, in *La Fisica di Tutti i Giorni per Pianeta Galileo*, disponibile online sul portale per l'e-learning <https://www.dm.unipi.it/elearning> per il corso "La Fisica di Tutti i Giorni"