LE BOTTEGHE DELL'INSEGNARE

Report dei lavori svolti durante la Convention
"Il piacere di insegnare. Incontri e percorsi per conoscere la realtà"
Castel San Pietro Terme 20-21 ottobre 2018

IL CANTIERE DELLE SCIENZE

Come e perché si muove?

RESPONSABILE: Nadia Correale

SINTESI DEI CONTENUTI PROPOSTI

Sabato 20 Ottobre:

1) Introduzione (30 min): illustrazione del materiale di Bottega che è stato pubblicato sul sito inerente gli argomenti proposti: articoli della rivista Emmeciquadro sul moto in un mezzo resistente, sulle scoperte di Galileo relative al moto, sulle scoperte di Faraday, semplici esperimenti di elettrostatica e del piano inclinato destinati alla scuola primaria, completamento con articoli su Newton e sulle leggi di Maxwell. Beppe Tassinari racconta in breve l'esperienza di ScienzaFirenze che quest'anno ha come titolo: "Ipotesi e sperimentazione a confronto, rivisitare oggi esperimenti significativi" (10 minuti)

2) Illustrazione del primo esperimento (45 min): moto di caduta di una sferetta di acciaio (appesa ad un filo per consentire il facile ripescamento) lungo un cilindro graduato (lungo 28 cm) contenente detersivo: misura del tempo impiegato dalla sferetta a cadere ogni 7 cm. Analisi e descrizione del moto uniforme per la presenza di attrito viscoso attraverso un diagramma cartesiano (si veda la scheda dell'esperimento https://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjAoJ3dlaTeAhWsM-wKHegYBVwQFjABegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fpatrimonio-didattico.fisica.unipd.it%2Ffile.php%3Fsrc%3Dsupporto_per_insegnanti_parte_seconda.pdf%26id%3D652&usg=AOvVaw0tZgsGzyoXqoSQAmJJSF34). Possibilità di modifica dell'esperimento con sferette di diverso diametro e diversa concentrazione di sapone.

3) Secondo esperimento (45-60 min): piano inclinato con biglia che scorre su un supporto rigido inclinato dotato di scanalatura (che impedisce la deviazione della traiettoria) lungo 2,30 m: misura

Diesse - Le Botteghe dell'Insegnare 2018-19

SEDE NAZIONALE: Via Legnone, 20 - 20158 Milano
Tel. 02 67020055 - Fax 02 56561378 - www.diesse.org - email: segreteria@diesse.org - pec: sedenazionale@pec.diesse.org
Associazione qualificata dal M.I.U.R. con DM 90/2003 e adeguata alla direttiva 170/2016 C.F. 97053100158 - P.IVA 08965380150

del tempo impiegato a cadere per percorrere tutto il tragitto, la metà, ¼ , ecc. (almeno 8 misure); in seguito misurazione dei tempi dopo 1cm, 4cm, 9 cm, 16 cm, 25 cm ecc. per verificare la loro costanza (si veda per esempio la scheda dell'esperimento http://www.tutto-scienze.org/2012/03/moto-lungo-un-piano-inclinato-e-grafici.html?m=1 oppure http://www.inftub.com/scienze/fisica/Studio-del-moto-di-caduta-di-u31282.php). La scheda sperimentale da me presentata prevede anche la misurazione del tempo di caduta su tutto il tragitto a tre diverse altezze per verificare che la qualità del moto non cambia: l'aumento di inclinazione del piano fa diminuire nella stessa proporzione i tempi di caduta. Vengono eseguiti grafici della lunghezza del percorso e dell'altezza del piano in funzione del tempo.

4) Vengono mostrati esperimenti che riguardano l'elettromagnetismo (45 min): pila di Volta, la limatura di ferro attorno a un magnete. Infine l'esperimento di Oersted: un circuito elettrico con un generatore di 12 V fa spostare l'ago della bussola fino a posizionarsi perpendicolarmente al filo di corrente. Questo è l'esempio primordiale, per cui altamente significativo, da cui è scaturita la comprensione che i fenomeni elettrici e magnetici sono collegati.

Domenica 21 Ottobre:

Presentazione delle slide allegate al report in cui si illustrano le principali scoperte di Galileo che mettono in discussione i principi aristotelici: il principio di inerzia, il sistema di riferimento inerziale, il moto di caduta dei corpi, differenza tra massa inerziale e gravitazionale. Cenni all'elettromagnetismo e alla necessità di un cambio di paradigma radicale che porta al superamento di una visione meccanicista dei fenomeni naturali.

APPROFONDIMENTI RELATIVI ALL'ESPERIMENTO DEL PIANO INCLINATO DI GALILEO

Aspetti storici

Alcuni studiosi medievali che hanno preceduto Galileo, come Giovanni Buridano (1295-1358) e Nicola d'Oresme (1320/1325-1382) ritenevano in modo ancora del tutto intuitivo (contrariamente ai loro predecessori) che le leggi del moto che governavano i corpi celesti fossero le stesse di quelli terrestri. Un'altra convinzione degli antichi era che tutti i corpi tendessero spontaneamente a raggiungere il proprio "luogo naturale", determinato dalla loro forma sostanziale: corpi leggeri tenderanno quindi a salire e corpi pesanti a scendere, con una velocità proporzionale al loro peso.

Diesse - Le Botteghe dell'Insegnare 2018-19

SEDE NAZIONALE: Via Legnone, 20 - 20158 Milano
Tel. 02 67020055 - Fax 02 56561378 - www.diesse.org - email: segreteria@diesse.org - pec: sedenazionale@pec.diesse.org
Associazione qualificata dal M.I.U.R. con DM 90/2003 e adeguata alla direttiva 170/2016 C.F. 97053100158 - P.IVA 08965380150

Buridano, invece, riteneva che i corpi indipendentemente dal loro peso cadessero tutti alla stessa velocità senza l'effetto dell'aria. Inoltre i corpi lanciati si muovevano attraverso l'aria perché era dato loro un certo "impeto" iniziale e non per effetto del moto dell'aria, come sosteneva Aristotele. Oresme aveva esposto un enunciato sulla relatività del moto e fu il primo a scoprire la "legge dei numeri dispari" relativa al moto uniformemente accelerato (che descriveremo in seguito).

Galileo concordava con gli studiosi medievali citati contestando il principio aristotelico secondo cui gli oggetti cadono con velocità proporzionali al loro peso. Si giungerebbe, infatti ad una contraddizione: la somma di due corpi congiunti, certamente più pesante di entrambi presi isolatamente, dovrebbe, in base a tale principio, muoversi con velocità superiore ad entrambi, mentre invece, se non considerati come un corpo unico, l'esperienza ci dice che la composizione di essi si muoverà con una velocità intermedia a quella dei due corpi.

Inoltre Galileo aveva compreso profondamente il principio di Archimede (ben più antico) avendo ben chiaro che anche l'aria, al pari dei liquidi, frena il moto dei corpi. In questo senso può essere colto il nesso esistente con l'argomento relativo alla densità contribuendo ad offrire una interpretazione unitaria di moltissimi fenomeni.

L'esperimento del piano inclinato di Galileo

Si procede adottando il metodo sperimentale, sottolineando l'importanza della svolta metodologica inaugurata da Galileo.

Si osserva che le sferette, partendo da una stessa altezza, arrivano al suolo nello stesso istante se l'attrito dell'aria è trascurabile. Approfondendo questo aspetto avvalendosi di un piano inclinato, si scopre che il moto delle sferette è caratterizzato da un incremento di velocità costante e che tale incremento non è influenzato dal cambiamento della loro massa, del loro volume o della loro forma. Vengono rappresentate graficamente le distanze percorse in funzione del tempo impiegato cambiando anche l'inclinazione del piano.

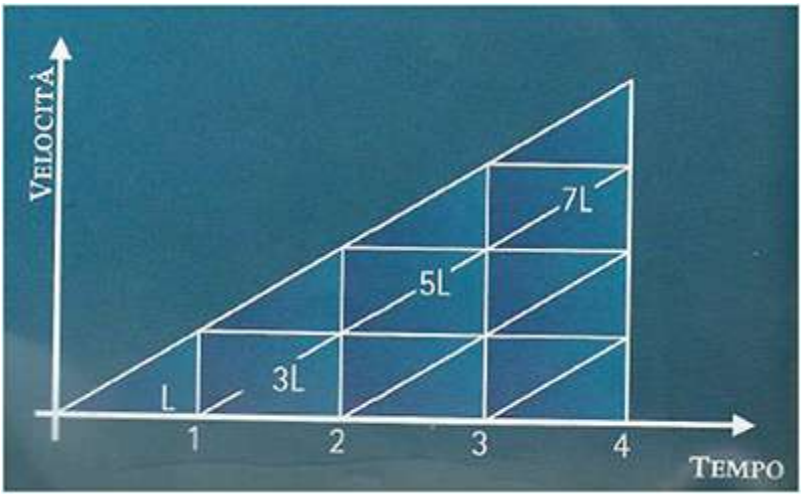
Galileo trovò la legge dei numeri dispari (vedi grafico dell'esperimento). Ripetendo la misura per distanze diverse, Galileo deduce che lo spazio percorso è sempre proporzionale al quadrato del tempo impiegato a percorrerlo. In altri termini, se i tempi sono rappresentati da 1, 2, 3, 4, 5 ecc. gli

Diesse - Le Botteghe dell'Insegnare 2018 19

SEDE NAZIONALE: Via Legnone, 20 - 20158 Milano
Tel. 02 67020055 - Fax 02 56561378 - www.diesse.org - email: segreteria@diesse.org - pec: sedenazionale@pec.diesse.org
Associazione qualificata dal M.I.U.R. con DM 90/2003 e adeguata alla direttiva 170/2016 C.F. 97053100158 - P.IVA 08965380150

spazi percorsi sono rispettivamente rappresentati da 1, 4, 9, 16, 25 ecc. Questa è la prima descrizione del tipo di moto definito, da Galileo in poi, "uniformemente accelerato".

In seguito, poiché si rese conto che occorrevano strumenti che fornissero misurazioni più precise, Galileo progettò e realizzò un orologio ad acqua. L'orologio ad acqua consentiva di misurare con una bilancia il peso di liquido fluito nel tempo di discesa attraverso un piccolo tubo. Questa misura permetteva di dedurre quanto tempo fosse trascorso. Galileo, essendo anche un buon musicista, batteva facilmente un ritmo mantenendo perfettamente il tempo probabilmente con precisione maggiore di quella con cui un qualsiasi dispositivo ad acqua poteva misurare il tempo. Perciò si presume che prima dell'utilizzo dell'orologio ad acqua, abbia sfruttato questa dote. Alcuni studiosi hanno accertato che aveva disposto sul percorso del piano inclinato delle sbarrette mobili trasversali di budello, del tipo usato nei primi strumenti a corde. Quando la sferetta veniva fatta rotolare giù per il canaletto e passava su una sbarretta, produceva un lieve clic. Galileo correggeva poi la posizione delle sbarrette di budello in modo che una palla liberata nella parte più alta del piano inclinato colpisse le sbarrette con un tempo regolare. Una volta che Galileo, grazie al suo orecchio musicale, aveva individuato le posizioni corrispondenti a intervalli di tempo abbastanza esatti, tutto quel che doveva fare era misurare le distanze fra le sbarrette. Queste diventavano sempre maggiori quanto più la palla acquistava velocità, illustrando la progressione 1, 3, 5, 7, ecc. (ecco perché si chiama legge dei numeri dispari) e permettendogli di comporre l'esperimento più complesso descritto nei Discorsi.



SEDE NAZIONALE: Via Legnone, 20 - 20158 Milano
Tel. 02 67020055 - Fax 02 56561378 - www.diesse.org - email: segreteria@diesse.org - pec: sedenazionale@pec.diesse.org
Associazione qualificata dal M.I.U.R. con DM 90/2003 e adeguata alla direttiva 170/2016 C.F. 97053100158 - P.IVA 08965380150

Analogie con il moto del pendolo

Un ultimo aspetto che si può sottolineare riguarda l'analogia tra il moto della pallina sul piano inclinato e del pendolo. Galileo aveva notato che se mettiamo due piani inclinati uno di fronte all'altro e osserviamo una pallina muoversi in modo continuativo avanti e indietro, tale moto ci può suggerire, in effetti, il moto del pendolo. Galileo considerava l'arco come equivalente a un insieme infinito di piani inclinati e studiò anche questo tipo di movimento. Esiste dunque, come abbiamo già constatato, un nesso tra questi due tipi di fenomeni. Da queste intuizioni, forse, deriva la sua intuizione che il moto dei pianeti del sistema solare attorno al Sole fosse circolare uniforme e da lui ritenuto inerziale. Sappiamo bene che in realtà le orbite sono ellittiche, ma possiamo accettare questa approssimazione. Inoltre sappiamo anche che tale moto non è inerziale, come invece riteneva Galileo, ma questo è vero sono all'interno di un modello newtoniano che assume la presenza di forze gravitazionali (e non per esempio prendendo in considerazione la relatività generale e quindi la deformazione dello spazio in presenza di masse consistenti). Tutti questi spunti sono approfonditi nelle slide allegate presentate domenica 21.

CONSIDERAZIONI EMERSE DURANTE LA BOTTEGA

L'esperimento

Una domanda che mi è stata posta, e che ritengo interessante, è se agli studenti è stata data una infarinatura generale sull'argomento o se si è partiti direttamente a produrre dati sperimentali. La mia risposta è stata che il docente può scegliere se fornire un quadro concettuale entro cui intende muoversi - richiamando le conoscenze pregresse degli studenti derivanti dalla propria esperienza o percorso scolastico, anche ponendo delle domande. Oppure se partire dalla produzione dei dati sperimentali dichiarando esclusivamente il proprio scopo (in questo caso studiare il moto dei corpi che cadono), per poi dedurre le "regole" di comportamento dei corpi stessi (cioè le leggi). La scelta dipenderà dal livello di conoscenze degli studenti, ma anche dal tipo di percorso che si intende sviluppare. Per esempio nel mio caso (ragazzi di prima media) ho scelto la seconda possibilità in quanto avrei potuto far affidamento su poche conoscenze pregresse (quelle dettate esclusivamente dalla propria esperienza); inoltre gli esperimenti erano volti a imparare come si misura (escludendo il più possibile gli errori dell'osservatore), come si ordinano i

SEDE NAZIONALE: Via Legnone, 20 - 20158 Milano
Tel. 02 67020055 - Fax 02 56561378 - www.diesse.org - email: segreteria@diesse.org - pec: sedenazionale@pec.diesse.org
Associazione qualificata dal M.I.U.R. con DM 90/2003 e adeguata alla direttiva 170/2016 C.F. 97053100158 - P.IVA 08965380150

dati in una tabella e in seguito in un diagramma cartesiano, gettando in questo modo le basi del metodo scientifico. Il secondo passo consisterà nell'imparare a interpretare un grafico per arrivare ad una legge.

Un'altra domanda significativa, sempre riguardo agli esperimenti, ha permesso di mettere a fuoco quale sia la finalità degli esperimenti mentali introdotti da Galileo: essi non possono sostituire gli esperimenti in quanto consentono di sviscerare una problematica o un fenomeno nelle sue generalità, snidando eventuali vizi contenuti in un ragionamento a causa di errate interpretazioni dell'esperienza. Oppure possono essere utilizzati qualora non sia possibile eseguire un esperimento per via di limiti di tipo strumentale. Certo è che non hanno niente a che fare con gli esperimenti virtuali.

Il formalismo matematico adottato per descrivere il tipo di moto

Descrivendo le strategie utilizzate da Galileo per misurare il tempo di caduta sul piano inclinato viene sottolineata l'importanza di misure di precisione per giungere a leggi significative. In sede di incontro di Bottega si sottolinea l'importanza di introdurre la teoria degli errori sperimentali in concomitanza con lo sviluppo degli esperimenti stessi senza introdurre formalismi matematici in eccesso che non sarebbero compresi. Nella secondaria di primo grado si può procedere ad eseguire diverse misure di tempi ad ogni altezza e lunghezza del piano scelta eseguendo poi la media dei dati ottenuti, per ottenere dei grafici più precisi. Nella secondaria di secondo grado si può calcolare anche l'errore relativo e assoluto delle misure e mostrare l'errore a cui sono affette le misure anche nel grafico. Chiaramente nella s. s. di secondo grado si può essere più precisi anche nel distinguere gli errori casuali e sistematici e tra questi ultimi, quelli legati allo strumento (sensibilità, prontezza, portata), all'osservatore o al metodo adottato.

La stessa cosa riguarda la formulazione delle leggi del moto uniforme e uniformemente accelerato, a cui si arriva dopo aver riflettuto riguardo ai dati sperimentali ordinati sul grafico. Per quanto riguarda la conclusione dell'esperimento e dunque la formulazione matematica delle leggi, nel caso della caduta della pallina in presenza di attrito viscoso in entrambi gli ordini di scuola si può semplicemente calcolare la velocità nei diversi intervalli di tempo come mostrato nella scheda, realizzando che essa si mantiene costante a meno degli errori sperimentali presi in considerazione in precedenza. Nella secondaria di secondo grado dovrebbe essere acquisito che se il grafico

SEDE NAZIONALE: Via Legnone, 20 - 20158 Milano
Tel. 02 67020055 - Fax 02 56561378 - www.diesse.org - email: segreteria@diesse.org - pec: sedenazionale@pec.diesse.org
Associazione qualificata dal M.I.U.R. con DM 90/2003 e adeguata alla direttiva 170/2016 C.F. 97053100158 - P.IVA 08965380150

spazio/tempo contiene una retta esiste una proporzionalità diretta tra queste due grandezze e quindi dovrebbe già questo elemento consentire ai ragazzi di riconoscere che tale rapporto è costante. Nella s.s. di I grado tale competenza è tutta da costruire nell'arco dei tre anni. Invece se si parla del moto di caduta sul piano inclinato, con i ragazzi di s.s. di I grado si può arrivare a notare che in tal caso il grafico spazio-tempo ha la forma di una curva, solo nella terza media si può imparare che essa è una parabola dopo aver compreso la proporzionalità diretta e inversa. Tuttavia è prematuro, prima di aver effettivamente acquisito questa maturità nell'uso degli strumenti matematici di tipo algebrico, arrivare alla formulazione della legge vera e propria ($s = ½ gt^2$). Si può invece arrivare a verificare la legge dei numeri dispari notando che lo spazio percorso non incrementa in modo lineare ma quadratico.

ESEMPIO DI PERCORSO SUI FENOMENI ELETTRICI: LA TRASFORMAZIONE DELL'ENERGIA CHIMICA DELLA PILA DI VOLTA IN ENERGIA ELETTRICA E VICEVERSA

Viene illustrato agli studenti a che punto era la comprensione dei fenomeni elettrici nel XVIII secolo.

- Esperimento della bottiglia di Leida. Spiegazione di Benjamin Franklin (1706-1790) del fenomeno di accumulazione di elettricità sulla boccia.
- Confronto tra l'ipotesi interpretativa di alcuni effetti di fenomeni elettrici (contrazione dei muscoli di una rana) di Luigi Galvani (1737-1798) e quella di Alessandro Volta (1745-1827), l'inventore della pila.

Viene costruita la pila di Volta con lastre di zinco e di stagno (o altri metalli tra cui c'è differenza di potenziale) e spugnette imbevute di acqua e sale (elettrolita). Altri tipi di pila possono essere costruiti collegando gli elettrodi con dei cavetti elettrici ad un frutto (arancia o limone) alle mani, o ad una soluzione salina contenuta in una lattina. Nel caso della pila alla frutta l'elettrolita è costituito dal succo del frutto, nella pila a mano dal sudore e dalle particelle cariche che circolano all'interno del nostro corpo, nell'ultimo caso l'elettrolita è la soluzione di acqua e sale da cucina.

- Vengono compresi i processi chimici osservati che consentono la generazione di elettricità mettendo a fuoco che avviene una trasformazione di energia chimica in energia elettrica.

Diesse - Le Botteghe dell'Insegnare

SEDE NAZIONALE: Via Legnone, 20 - 20158 Milano
Tel. 02 67020055 - Fax 02 56561378 - www.diesse.org - email: segreteria@diesse.org - pec: sedenazionale@pec.diesse.org
Associazione qualificata dal M.I.U.R. con DM 90/2003 e adeguata alla direttiva 170/2016 C.F. 97053100158 - P.IVA 08965380150

- Viene osservato che l'energia elettrica viene a propria volta trasformata in energia luminosa, termica o meccanica a seconda del tipo di utilizzatore presente nel circuito.
- Viene osservato che il filo e gli utilizzatori nel tempo si riscaldano.
- Viene misurata la differenza di potenziale e l'intensità di corrente con un tester.
- Vengono rappresentate graficamente le grandezze individuate.
- Viene ricavata la prima legge di Ohm a partire dai dati sperimentali (eventualmente si può utilizzare anche Cabrì o GeoGebra).
- Vengono discussi gli aspetti legati al riciclaggio e allo smaltimento dei rifiuti delle pile.

Viene studiata la trasformazione inversa (l'energia elettrica che si trasforma in energia chimica) costruendo una cella elettrolitica. A tal scopo vengono utilizzate due viti di acciaio collegate ad un alimentatore di tensione (4,5 V) tramite due cavetti elettrici e poste in una soluzione di solfato di rame. Dopo un po' di tempo si osserva la deposizione di rame su una vite e l'annerimento dell'altra.

Originalità della proposta

- Esecuzione di attività sperimentali in cui gli studenti sono coinvolti personalmente nella scoperta dei fenomeni, guidati dall'insegnante.
- Utilizzo di strumenti informatici, video, proiezioni che favoriscano la comprensione e comunicazione dei concetti.
- Immedesimazione degli studenti nei personaggi storici coinvolti nell'avventura scientifica attraverso l'utilizzo del registro recitativo (scambio di ruoli) e narrativo.
- Sollecitazione continua degli studenti da parte dell'insegnante attraverso domande chiave che stimolano il gusto della scoperta.
- Apprendimento del formalismo matematico attraverso esperimenti storici.
- Inserimento del percorso didattico esposto nell'ambito di un percorso più ampio sui tre anni di tipo ricorsivo (nell'anno successivo si può affrontare il tema della trasformazione da energia nucleare a energia luminosa e termica attraverso lo studio del ciclo delle stelle, nell'anno precedente da energia meccanica a energia termica e viceversa) nell'ottica della verticalità.

Diesse - Le Botteghe dell'Insegnare 2018-19

SEDE NAZIONALE: Via Legnone, 20 - 20158 Milano
Tel. 02 67020055 - Fax 02 56561378 - www.diesse.org - email: segreteria@diesse.org - pec: sedenazionale@pec.diesse.org
Associazione qualificata dal M.I.U.R. con DM 90/2003 e adeguata alla direttiva 170/2016 C.F. 97053100158 - P.IVA 08965380150