

La nave di Galilei e il principio di relatività

RELAZIONE

Scelta dell'esperimento

La nostra scelta è caduta su questo esperimento, tra i vari possibili, poiché questo è l'anno internazionale dell'astronomia, materia della quale Galilei è padre: con il nostro lavoro abbiamo voluto rendere omaggio al grande scienziato che tanto si adoperò per rendere accessibile a tutti la conoscenza delle leggi che governano il mondo.

Inoltre siamo stati stimolati dall'interesse personale e dalla curiosità: volevamo verificare se effettivamente le gocce d'acqua in caduta avrebbero centrato il foro della vaschetta mentre la nave avesse proceduto il suo viaggio di moto rettilineo e uniforme, dal momento che, immaginando l'esperimento, eravamo piuttosto scettici che ciò potesse accadere.

L'esperimento del "gran navilio" ci ha convinti dell'impossibilità di eseguire un qualche esperimento di fisica che consenta di stabilire se un certo sistema di riferimento si trova in quiete o in moto rettilineo e uniforme rispetto ad un altro sistema di riferimento inerziale.

Il principio di relatività di Galileo Galilei

1. "Rinserratevi con qualche amico nella maggior stanza che sia sotto coperta di alcun gran navilio, e quivi fate di aver mosche, farfalle e simili animalletti volanti; siavi anche un gran vaso d' acqua, e dentrovi dei pescetti, suspendasi anco in alto qualche secchiello, che a goccia a goccia vadia versando dell' acqua in un altro vaso di angusta bocca, che sia posto in basso: e stando ferma la nave, osservate diligentemente come quelli animalletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della stanza, e i pesci si vedranno andar notando indifferentemente per tutti i versi; le stille cadenti entreranno tutte nel vaso sottoposto; e voi, gettando all' amico alcun cosa, non più gagliardamente la dovrete gettare verso quella parte che verso questa, quando le lontananze sieno uguali, e saltando voi, come si dice, a piè giunti, egual spazii passerete verso tutte le parti.

Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benchè niuno dubbio vi sia che mentre il vassello sta fermo non debbano succedere così; fate muovere la nave con quanta si voglia velocità: ché (pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, né da alcuno di quelli potrete comprendere se la nave cammina oppur sta ferma..."

(Galileo Galilei, *Dialogo sopra i massimi sistemi del mondo*, Mondadori 2004, p.196)

Secondo le idee della fisica aristotelica e del senso comune, si pensava, al tempo di Galilei, che solo quando una nave fosse realmente ferma nel porto le gocce d'acqua uscite da un vaso situato nella sua stiva potessero cadere "verticalmente".

Questa idea viene però palesemente contraddetta dall'esperimento suggerito da Galilei e ciò trova innanzitutto giustificazione nel principio d'inerzia e nelle leggi di composizione dei

movimenti, scoperti da Galilei. Infatti, analizzando la situazione dal sistema di riferimento “porto”, la goccia d'acqua che abbandona il vaso è dotata di una componente orizzontale della velocità identica a quella della nave, componente che la goccia non perde (principio d'inerzia) in assenza di disturbi esterni quali il vento (ed ecco l'importanza di svolgere l'esperimento nella stiva della nave e non sul ponte della stessa). Ed ecco che il suo moto di caduta, pur essendo “parabolico” nel sistema “porto”, risulta invece perfettamente “verticale” nel sistema di riferimento “nave”.

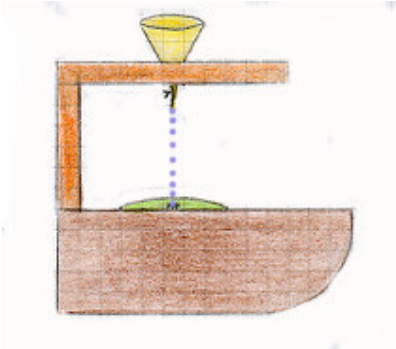


Fig. 1 Caduta delle gocce mentre la barca è ferma o mentre essa procede di moto rettilineo uniforme. In questi due casi le gocce cadono sempre dentro al foro della bacinella.

Al contrario, se la nave aumenta la sua velocità, oppure decelera oppure vira con moto curvo, è chiaro che le componenti orizzontali delle velocità della goccia e della nave non rimangono identiche: durante il tempo di caduta della goccia la nave varia la sua velocità (o nel suo modulo o nella sua direzione o in entrambi) mentre la goccia mantiene, per il principio d'inerzia, la stessa componente orizzontale della velocità posseduta dalla nave al momento di distacco dal vaso. E' chiaro che, passando al sistema di riferimento “nave” il moto di caduta non sarà più “verticale”.

In termini moderni, oggi diciamo che il sistema di riferimento “nave” non è più, in questi tre casi, “inerziale” e che l'analisi fisica è possibile solo introducendo il concetto di “forza apparente”: mentre la nave aumenta la sua velocità, la goccia è soggetta ad una “forza apparente d'inerzia” orientata verso la poppa della nave, per cui essa giunge sulla vaschetta in un punto spostato verso la poppa rispetto al foro centrale. Se, invece, la nave diminuisce la sua velocità, la goccia è soggetta ad una “forza apparente d'inerzia” orientata verso la prua della nave, per cui essa giunge sulla vaschetta in un punto spostato “in avanti” rispetto al foro centrale. Infine, se la nave vira, la goccia è soggetta ad una “forza apparente centrifuga”, per cui essa giunge sulla vaschetta in un punto spostato “verso l'esterno della curva” rispetto al foro centrale.

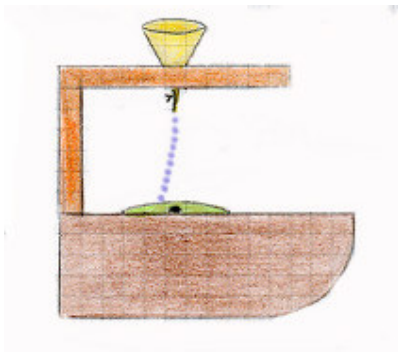


Fig. 2 Caduta delle gocce mentre la nave accelera.

Ma con l'aneddoto del "gran naviglio" Galilei va oltre la semplice applicazione del principio d'inerzia: egli scopre che un fisico situato nella stiva della nave non può determinare con alcun esperimento lo stato di quiete o di moto della nave. In altre parole egli scoprì che "se le leggi della fisica valgono nel sistema di riferimento "porto" allora esse rimangono identiche anche in qualsiasi altro sistema di riferimento che risulti in moto rettilineo ed uniforme rispetto al primo. E' questo il "principio di relatività" che Galilei scoprì e che tre secoli più tardi Albert Einstein riprese in modo più approfondito nella sua Teoria della Relatività.

Problematiche incontrate

Il progetto del nostro esperimento ci era sembrato, inizialmente, di semplice realizzazione. In realtà abbiamo incontrato numerose difficoltà durante la fase esecutiva.

In un primo tempo pensammo di utilizzare, come strumentazione, il gioco del "trenino elettrico": binari, motorino e sistema di variazione e di inversione della velocità sarebbero stati già disponibili commercialmente! Ma subito rendemmo conto che la potenza del motorino era insufficiente per trascinare la struttura necessaria per svolgere l'esperimento (imbuto, vaschetta, etc.). Inoltre le rotaie del trenino-giocattolo sono assai irregolari dando luogo a notevoli oscillazioni della locomotiva durante il suo moto.

Passammo così all'idea di far scorrere la nave su dei semplici "feltri per sedie" anziché su ruote (evitando le oscillazioni) e di risolvere il problema del binario utilizzandone uno del tipo "per le tende da abitazione". Però il costo di un binario per tende avente la forma a noi necessaria sarebbe stato eccessivamente elevato.

Ecco allora l'idea di costruirci il binario utilizzando profilati in alluminio. La parte più difficile da costruire fu "la curva": per impedire alla cordicella di uscire dal binario durante il moto della nave dovvemmo aggiungere al profilato in alluminio una fettuccia in plastica dotata di una sporgenza nella parte superiore.

Ancora , fu problematico risolvere il sistema di traino, sia per quanto riguarda il tipo di motore di traino e della cordicella di traino: l'idea del trapano elettrico risolse subito i problemi di "invertibilità e di variabilità" della velocità però non fu facile realizzare il sistema di collegamento del trapano alla cordicella: dopo alcuni tentativi in cui usammo un filo da pesca passante con "un giro e mezzo di avvolgimento" attorno al perno in gomma del trapano (un singolo "mezzo giro" sarebbe stato causa di scivolamento del filo sul perno e conseguente rottura del filo per fusione del nylon), giungemmo all'idea della "cordicella per tende" passante sul perno con solo "mezzo giro" ma "schiacciata" tra il perno e una seconda rotella in gomma.

Quanto al basamento in legno, trovammo gratuitamente disponibile, presso una falegnameria, una vecchia porta per interni da abitazione avente notevoli pregi: è robusta, è leggera ed è rivestita di uno strato di legno trattato a cera "assai liscio" e quindi adatto a ridurre l'attrito nel trascinamento della nave.

Per noi studenti è stata la prima volta in cui ci siamo trovati a dover "progettare e costruire" un apparato sperimentale in modo autonomo (o quasi, visto che eravamo seguiti da due insegnanti di fisica e da un assistente di laboratorio): questa esperienza ci ha fatto capire quali e quante difficoltà possano sorgere nella realizzazione di un esperimento di laboratorio e quanto debbano discutere, riflettere, provare (spesso fallendo i primi tentativi) i componenti del gruppo di lavoro prima di arrivare a veder concretizzata la loro opera.

Inoltre per noi è stato gratificante aver compreso meglio, anche grazie alla nostra esperienza, il principio di relatività di Galilei e non esserci limitati al suo studio sul libro di testo..

Un po' di storia sul documento di Galilei

Il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* è un testo in italiano tra scienza e divulgazione pubblicato nel 1632. In esso è riportato un dialogo sui due massimi sistemi, il tolemaico e il copernicano, tra tre personaggi: Salviati, un nobiluomo fiorentino che esprime le tesi di Galileo, Sagredo, arbitro intelligente e diplomatico, e Simplicio, che difende con fermezza le tesi degli aristotelici. La discussione ha un carattere teorico, in quanto si basa sulla logica e l'evidenza degli argomenti, non su verifiche sperimentali.

Attraverso il dialogo, l'adozione del volgare al posto del latino e la formulazione dei concetti scientifici con parole tratte spesso dall'uso colloquiale e quotidiano, Galilei poteva raggiungere un pubblico più vasto di quello limitato agli addetti ai lavori: egli era convinto che tutti gli uomini potevano comprendere le verità scientifiche, purché queste fossero presentate in una forma accessibile, a partire dalla forma linguistica.

Questa sua attenzione per la diffusione delle scienze tra coloro che avevano voglia di capire ed erano aperti al confronto delle idee, senza la presunzione di sapere già tutto, lo ha avvicinato ancora di più alla nostra sensibilità e al nostro modo di accostarci alle conoscenze scientifiche.

Bibliografia

M. E. Bergamaschini, P. Marazzini, L. Mazzoni, *L'indagine del mondo fisico*, vol. B, Carlo Signorelli Editore.

Sitografia

http://it.wikipedia.org/wiki/Dialogo_sopra_i_due_massimi_sistemi_del_mondo