

Liceo Scientifico “Leonardo da Vinci”

Reggio Calabria

Moto dei gravi

e

Moto dei proiettili

A cura di

Antonio Laganà

Classe V sez. H

Moto dei gravi

Galileo studiò la fisica aristotelica all'università di Pisa, ma cominciò subito ad analizzarla criticamente. Mentre gli aristotelici avevano un approccio di tipo qualitativo e filosofico nei confronti del mondo fisico, il quale veniva descritto per categorie e mai sottoposto a verifiche sperimentali, lo scienziato cercò di sviluppare un metodo di indagine quantitativo e matematico. Uno degli oggetti di indagine di Galileo riguardò il moto dei corpi materiali (detti "gravi"), in particolare quello dei corpi in caduta libera. Secondo la fisica aristotelica, il moto di un corpo è determinato dalle forze alle quali è soggetto; per un corpo in caduta, esse sarebbero il suo peso e la resistenza dell'aria. Quindi, secondo questa visione, un corpo lasciato cadere da una determinata altezza raggiungerebbe il suolo tanto più velocemente quanto maggiore è il suo peso. Galileo cominciò ad investigare criticamente questa ipotesi, come fecero prima di lui Giuseppe Moletti e Benedetto Varchi, i quali constatarono che corpi dello

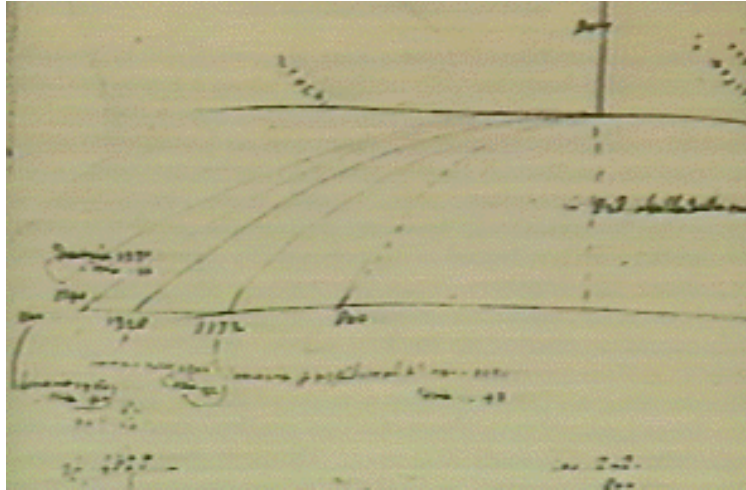
stesso materiale ma diverso peso, lasciati cadere dalla stessa altezza, raggiungono il suolo nello stesso tempo. Lo scienziato pensava dapprima che i corpi cadessero con una velocità uniforme caratteristica, che dipendeva non dal loro peso, bensì da una proprietà intrinseca detta gravità specifica. Durante gli anni in cui insegnava matematica all'Università di Pisa (dal 1589 al 1592), egli cominciò ad esporre questa sua prima teoria sul moto dei gravi nel libro *"De Motu"*, che però non pubblicò mai. Nei venti anni successivi, Galileo fece altri esperimenti ed arrivò alla conclusione che tutti i corpi nel vuoto (cioè non soggetti alla resistenza dell'aria o di un altro mezzo materiale) cadono con accelerazione uniforme, indipendentemente dal materiale di cui sono composti, dal loro peso o dalla loro forma, e che la distanza che essi percorrono durante la caduta è proporzionale al quadrato del tempo impiegato per percorrerla.

Moto dei proiettili

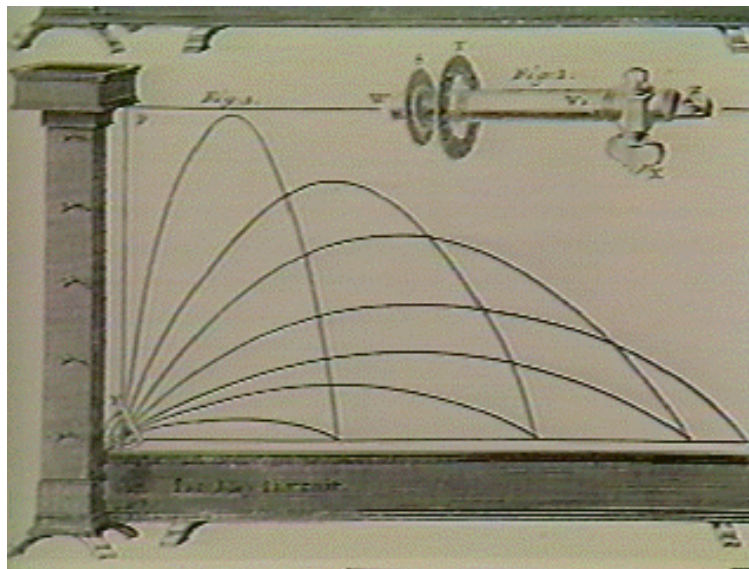
Nel *"Dialogo intorno a Due Nuove Scienze"*, Galileo affronta il problema del moto dei proiettili. Prima di Galileo, si credeva che un corpo lanciato in direzione orizzontale, per esempio un proiettile sparato da un cannone, si muovesse in direzione orizzontale fino a quando non perdeva il suo "impeto",

dopodichè cadeva verso terra, seguendo una traiettoria curvilinea che però non era ancora conosciuta.

Galileo si accorse, durante lo studio del moto dei proiettili, che essi non sono soggetti soltanto alla forza che li spinge in direzione orizzontale, bensì anche alla forza di gravità, che li attira verso il basso. La prima componente agisce come una forza inerziale, nel senso che il corpo ad essa soggetto percorre una distanza in orizzontale che è proporzionale al tempo impiegato per percorrerla. La seconda invece provoca un moto uniformemente accelerato, cioè la distanza percorsa in verticale è proporzionale al quadrato del tempo impiegato a percorrerla. Galileo dimostrò che la combinazione dei due moti orizzontale e verticale risulta nel moto del proiettile lungo un arco di parabola.



Disegno di Galileo che illustra i suoi esperimenti sul moto dei proiettili



Disegno che illustra il moto parabolico dei proiettili, lanciati con diversi angoli di inclinazione

Le leggi fisiche del moto dei proiettili

Il moto dei proiettili è un tipico moto parabolico.

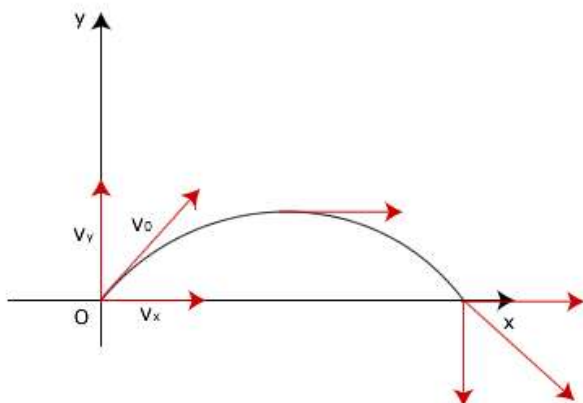
Un proiettile è sottoposto ad un'accelerazione che può essere scomposta nel seguente modo:

$$a_x = 0 \quad \text{e} \quad a_y = -g$$

dove g è l'accelerazione di gravità.

Se il proiettile viene lanciato con una velocità iniziale v_0 secondo un angolo α ,
si ottengono le seguenti componenti della velocità iniziale:

$$\begin{aligned} v_x &= v_0 \cos \alpha \\ v_y &= v_0 \sin \alpha - gt \end{aligned}$$



Possiamo quindi ottenere le componenti della posizione del proiettile:

$$\begin{aligned}x &= v_0 \cos \alpha \, t \\ y &= v_0 \sin \alpha \, t - gt^2\end{aligned}$$

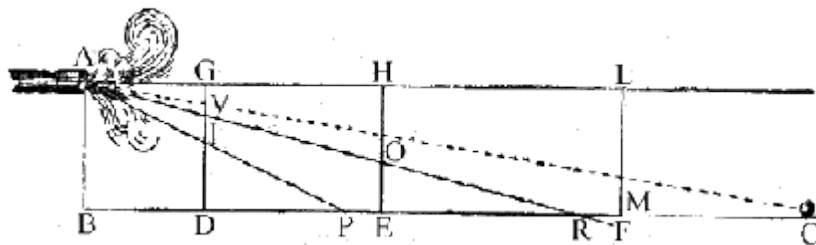
Dunque il moto lungo l'asse x può essere considerato come moto uniforme, mentre il moto lungo l'asse y è un moto uniformemente accelerato.

Se poniamo come velocità iniziale la velocità nulla otteniamo il moto in caduta libera.

Evangelista Torricelli e la difesa delle leggi galileane

In quanto erede di Galileo, Torricelli dovette affrontare le critiche mosse all'opera del Maestro, in particolare da Cartesio e da Gilles Personne de Roberval. La scienza del moto esposta nei Discorsi, non era accettata da tutti. La proporzionalità degli spazi al quadrato dei tempi nel moto di caduta libera dei gravi, e la traiettoria parabolica dei proiettili non convincevano i due scienziati francesi. Esasperato dalle loro insistenze - e soprattutto dalle perentorie affermazioni di Roberval secondo cui le conclusioni avanzate da

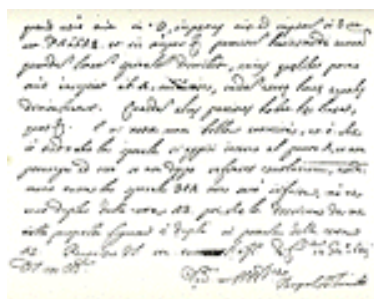
Galileo non resistevano ad una verifica sperimentale – Torricelli decise di tagliar corto ad ogni discussione.



Disegno tratto dalla Lettera a G. B. Ranieri del Settembre 1647.

Egli fece notare allo scienziato francese, in una lettera del 7 Luglio 1646, che in una sua opera Archimede aveva assimilato le traiettorie dei proiettili a delle spirali. Quando l'errore fu evidente, bisognava forse condannare il libro? non era preferibile leggere il tutto senza alcun riferimento ai proiettili, aggiungendo semplicemente il vocabolo "punto", il cui moto non segue una legge naturale, ma immaginaria? In realtà, spiega Torricelli, le dimostrazioni geometriche non hanno bisogno di aiuto: esse sono autosufficienti. E conclude proponendo di buttar via dal libro di Archimede le parole "proiettili", "corpi pesanti ", "balliste", ecc., che appartengono alla fisica, e di lasciare invece le proposizioni astratte, che appartengono alla geometria. Il tono provocatorio della lettera a Roberval non deve farci dimenticare che in realtà Torricelli credeva nella validità delle leggi del moto naturale stabilite da Galileo. Il contenuto delle

lettere scambiate con Giovan Battista Renieri costituisce, in questo senso, un'importante testimonianza. Il suo rifugiarsi dietro l'aspetto astratto dei lavori sulla teoria del moto, è verosimilmente un modo per evitare le polemiche. *Io poi per fuggire le controversie* - scrive Torricelli a Renieri nel Settembre 1647 - *apposta più volte iteratamente e chiaramente mi sono protestato nei miei libri del moto di scrivere piuttosto ai filosofi che ai bombardieri*. Ma questa osservazione non gli impedisce di dare un'interpretazione delle traiettorie dei proiettili realmente osservate, e di fornire valori numerici pazientemente calcolati.



Frammento della lettera di Torricelli a Michelangelo Ricci del 17 gennaio 1645 relativa ai suoi lavori sulla spirale di Archimede