

29 aprile 2006

*Scuola Media Vicentini*  
Chieti

II H  
Prof.ssa Paolizzi Chiara

# **...E TUTTO GIÚ PER TERRA!**

## **UNA CADUTA STORICA!**

**Copione** ..... pag. 1

**Note** ..... pag. 13

**Scena:** c'è una scrivania piena di strumenti e libri, come fosse uno studio-laboratorio. Tra gli strumenti ce ne sono tre particolarmente interessanti: un piano inclinato, un pendolo e un orologio ad acqua, costruiti da noi seguendo le descrizioni che di essi fa Galileo nei *Discorsi*. In un angolo c'è una lavagna girevole che si può scrivere da entrambi i lati, e un tavolino con un portatile e un proiettore. Dall'altro lato c'è un leggio con i *Discorsi*. Dietro al leggio ci sono due sedie, una per il narratore, l'altra per Galileo.

## SCENA 1

*Palco buio, solo un mappamondo illuminato sulla scrivania. Entrano gli attori e si dispongono in due cerchi concentrici. Si accende una diapositiva con la raffigurazione del sistema copernicano in Harmonia, Macrocosmica di Andrea Cellario, 1660. Si alzano un po' le luci e inizia il girotondo, il testo è pronunciato un verso per ogni attore.*

**Tutti:** Giro giro tondo,  
Galileo indaga il mondo  
con l'osservazione  
e con la matematica.  
Contro i professori di fede aristotelica  
lancia le sfere dalla torre di Pisa.  
Dagli olandesi  
conosce il cannocchiale;  
lui è geniale e lo punta verso il cielo  
e vede la luna, e le sue rughe,  
e vede Giove e le sue lune,  
e Tolomeo è confutato!  
Lo scrive in un libro,  
ma viene condannato!  
Deve abiurare, è esiliato,  
è ammalato,  
cieco è diventato...  
Ma non è finito...  
Un ultimo capolavoro  
lo rende immortale!  
Ha vinto la sua guerra,  
tutto giù per terra!

*Tutti cadono a terra. Le luci si spengono e tutti escono di scena eccetto il narratore che rimane solo. Si alzano le luci, il narratore si accorge che tutti se ne sono andati, è sorpreso e impaurito e corre al leggio.*

[narratore: **Mayla**]

**Narratore:** Nel 1638 a Leida in Olanda, viene pubblicato il *Discorso intorno a due nuove scienze*. Galileo ha 74 anni, è in esilio dal 1633 ed è ormai completamente cieco. Morirà l'8 gennaio 1642.

«Diamo avvio a una nuovissima scienza intorno a un soggetto antichissimo. Non v'è, forse, in natura, di più antico del moto, e su di esso ci sono non pochi volumi, ne di piccola mole, scritti dai filosofi; tuttavia tra le sue proprietà ne trova molte che, pur degne di essere conosciute, non sono mai state finora osservate, nonché dimostrate.

Se ne rilevano alcune più immediate, come quella, ad esempio, che il moto naturale dei gravi discendenti accelera continuamente; però secondo quale proporzione tale accelerazione avvenga, non è stato sin qui mostrato ... »<sup>1</sup>

## SCENA 2

*Entrano i primi due attori che descrivono il moto equabile, il terzo (la Donna del 2000) resta nascosto. Galileo va al leggio e l'Assistente si siede alla scrivania.*

[Galileo: **Federica**; Assistente: **Dalila**; Donna del 2000: **Roberta**]

**Galileo:** «Io lo dimostrerò insieme ad altre non poche cose, ne meno degne di essere conosciute, e, ciò che ritengo ancor più importante, si apriranno le porte a una vastissima e importantissima scienza, della quale questa nostre ricerche costituiranno gli elementi; altri ingegni più acuti del mio ne penetreranno poi più ascosi recessi»

«Dividiamo in due parti la trattazione, nella prima consideriamo ciò che concerne il moto equabile o uniforme; nella seconda trattiamo del moto naturalmente accelerato»

«Circa il moto equabile ci occorre una sola definizione, che formulo così: moto eguale o uniforme intendo quello in cui gli spazi percorsi da un mobile in tempi uguali, risultano tra loro uguali»<sup>2</sup>

**Assistente:** Ecco il mobile (*porta un tavolino con delle rotelle*) che io posso lanciare e questo si muove, appunto un mobile...

Galileo dice che il moto equabile è quando in tempi uguali il nostro mobile percorre spazi uguali.

**Galileo:** «ASSIOMA 1 in uno stesso moto equabile, lo spazio percorso in un tempo più lungo è maggiore dello spazio percorso in un tempo più breve.»<sup>3</sup>

**Assistente:** uno del pubblico per piacere mi conti fino a 3 (*mentre uno del pubblico conta l'assistente fa avanzare il tavolo*). Ecco, vede, nel tempo tre il mobile ha percorso questo spazio; ora per cortesia mi conti fino a 5 (*e ancora fa avanzare il tavolo fino alla fine del conteggio*). Ecco, vede, ora il mobile ha percorso uno spazio più lungo perché è passato più tempo e il moto era sempre quello. L'ha detto Galileo, ma ci potevo arrivare anche io...

**Galileo:** «ASSIOMA 2 in uno stesso moto equabile, il tempo in cui è percorso uno spazio maggiore è più lungo del tempo impiegato a percorrere uno spazio minore.»<sup>4</sup>

**Assistente:** Ecco sempre il nostro mobile... se lo devo spostare da qui sin lì ci metto un po' (*sposta il tavolino di un po'*), ma se lo devo spostare da qui sin laggiù (*indica un punto in fondo alla sala*) e vado alla stessa velocità ci metto di sicuro di più!

**Galileo:** «ASSIOMA 3 lo spazio, percorso in un dato tempo a velocità maggiore, è maggiore di quello percorso, nello stesso tempo, a velocità minore.»<sup>5</sup>

**Assistente:** Dunque... prendiamo per esempio un tempo di 3... se io spingo il mobile rapidamente farà un bel po' di spazio (*e spinge velocemente il tavolo mentre la persona del pubblico conta fino a tre*). Se invece lo spingo come una lumaca di spazio ne farà certo di meno (*e spinge il tavolino piano piano mentre il pubblico conta fino a tre*). Bhe... mi sembra che del moto equabile abbiamo già detto tutto... chissà se nel futuro diranno qualcosa di più...

*Entra una donna del 2000 con un cambio repentino di musica, qualcosa di moderno che piace alle ragazzine. Appoggia la borsa al tavolino, si sistema, finisce di truccarsi.  
Si abbassa la musica.*

**Donna del 2000:** Cominciamo subito con il dire che nel futuro il moto equabile si chiama rettilineo uniforme! E poi certo che abbiamo detto qualcosa di più!!!

*(fa partire il file di Excel in cui sono stati scritti i dati sul moto del motorino e il relativo grafico)*

Con il mio scuter io faccio 40 Km in un'ora, quindi se guido senza fermarmi per due ore ne faccio 80, se guido per 4 ore sempre senza interruzioni né semafori, né pedoni che intralciano, ne faccio 160, e se guido per 5 ore di fila (noi donne del futuro sappiamo fare anche questo!!) ne faccio 200!

Ora vedete che io posso mettere in un grafico questi spazi che ho percorso e i rispettivi tempi (*apre il foglio con il grafico relativo alla tabella*) e guardate cosa si ottiene... una retta!! Che ci indica che la proporzionalità tra spazio e tempo, in un MOTO UNIFORME (EQUABILE), è diretta. Non solo... infatti il rapporto (cioè la divisione) tra spazio e tempo è costante e se non ci credete ve lo mostro subito (*mostra i valori dei rapporti che sono già stati calcolati nella tabella con i dati*).

Questa costante la conosciamo tutti (e la conoscevano anche al tempo di Galileo) è la velocità, che si calcola quindi  $S : t$

Ovviamente ci sono anche le formule inverse per determinare lo spazio sapendo velocità e tempo e per determinare il tempo sapendo velocità e spazio, ma sarebbe un po' lungo e ora devo proprio andare perché ho un impegno...

Presto presto andiamo, non fatemi fare tardi... presto...

*La donna del 2000 chiude il file e chiama Galileo e l'Assistente ed escono di scena.*

### SCENA 3

*Entrano in scena i tre attori che esporranno la prima ipotesi, Simplicio e anche l'attore 'Ipotesi'. Galileo va al leggio, i due Assistenti e Simplicio si siedono alla scrivania, Ipotesi si siede di fianco alla lavagna.*

[Galileo: **Federica**; Assistente 1: **Laura**; Assistente 2: **Ilaria**; Simplicio: **Alessandro**]

**Galileo:** «Le proprietà del moto equabile sono state considerate, ora dobbiamo trattare del moto accelerato»<sup>6</sup>

**Assistente 1:** Dunque, il maestro dice che un moto accelerato si ha quando la velocità cambia e la caduta dei gravi è di sicuro un moto accelerato perché la velocità all'inizio è zero e poi diventa bella grossa!

**Narratore:** «Non mi par tempo opportuno d'entrar al presente nell'investigazione della causa dell'accelerazione del moto naturale, intorno alla quale da varii filosofi varie sentenze sono state prodotte, le quali fantasie con altre appresso, converrebbe andare esaminando e con poco guadagno risolvendo. Per ora basta al nostro Autore che noi intendiamo che egli ci vuole investigare e dimostrare alcune passioni di un moto accelerato (qualunque sia la causa della sua accelerazione)»<sup>7</sup>

**Assistente 1:** Quindi al maestro non interessa capire perché gli oggetti cadono, ma COME cadono!

**Galileo:** «Voi dite parervi che l'esperienza mostri, che a pena partitosi il grave dalla quiete, entri in una molto notevole velocità...»<sup>8</sup>

**Simplicio:** Sì e dopo che l'ha raggiunta, continua a muoversi senza aumentarla più!

*Galileo scuote la testa verso Simplicio.*

**Ipotesi :** Per facilitarvi le cose vi scrivo la prima ipotesi (*dice rivolgendosi al pubblico e poi scrive alla lavagna*): la velocità aumenta all'inizio della caduta e poi resta costante fino a terra.

**Assistente 2:** Il maestro non è d'accordo, sentiamo se ci può spiegare perché?

**Galileo:** «Posate un grave sopra una materia cedente, lasciandovelo sin che preme quanto egli può con la sua semplice gravità:

*(l'Assistente 2 prende una bacinella con della sabbia, la mostra al pubblico e vi appoggia una sfera di metallo poi la alza e indica la foto che appare sullo schermo – l'Assistente 1 è al computer e fa apparire le foto dell'esperimento. Mano a mano che Galileo parla, i due assistenti eseguono le cadute descritte e mostrano le relative foto. Quando finiscono l'Assistente 2 mette a posto la bacinella e torna alla scrivania, l'altro si avvicina allo schermo dove sono proiettate le foto)*

è manifesto che, alzandolo un braccio o due, lasciandolo poi cadere sopra la medesima materia, farà con la percossa nuova pressione, e maggiore che la fatta prima co'l solo peso; e l'effetto sarà cagionato dal mobile cadente congiunto con la velocità guadagnata nella caduta, il quale effetto sarà più e più grande, secondo che da maggior altezza verrà la percossa, cioè secondo che la velocità del percuziente sarà maggiore.

Quanta dunque sia la velocità di un grave cadente, lo potremo noi senza errore congetturare dalla qualità e quantità della percossa...»<sup>9</sup>

**Assistente 1:** Ora è chiaro, il maestro ha ragione... se il grave cadesse a velocità costante eccetto che nei primi istanti il buco fatto sulla materia cedente sarebbe sempre uguale, mentre è evidente che così non è! Dunque la velocità aumenta continuamente durante la caduta.

**Ipotesi:** E quindi questa ipotesi è sbagliata... (*dice e cancella con una linea l'ipotesi scritta alla lavagna*)

*I tre della prima ipotesi escono di scena e l'Assistente 1 chiude le foto.*

## SCENA 4

*Entrano i tre attori della seconda ipotesi. Galileo va al leggio e i due Assistenti si siedono alla scrivania.*

[Galileo: **Mario**; Assistente 1: **Dario**; Assistente 2: **Andrea**]

**Simplicio:** Veramente io sarei tra quelli che credono che il grave scendendo acquista velocità in ragione dello spazio, cioè se cade da altezza doppia la velocità a terra è doppia. È sì mi pare proprio che sia così...

**Ipotesi:** Dunque adesso fanno un'altra ipotesi... (*dice rivolgendosi al pubblico, e indicando Simplicio. Scrive alla lavagna la seconda ipotesi sotto la prima*) che la velocità con cui tocca terra sia direttamente proporzionale allo spazio percorso.

**Galileo:** «E pur è tanto falsa e impossibile, quanto che il moto si faccia in un istante: ed eccovene chiarissima dimostrazione. Quando le velocità hanno la medesima proporzione che gli spazi passati o da passarsi, tali spazii vengon passati in tempi uguali; se dunque le velocità con le quali il cadente passò lo spazio di quattro braccia, furon doppie delle velocità con le quali passò le prime due braccia, adunque i tempi di tali passaggi sono uguali...»<sup>10</sup>

**Assistente 1:** Un momento Galileo... fermati un po' che non riesco a capire bene... facciamo che il cadente (*mostra un modellino di bocca e denti*)

**Assistente 2:** Quello veramente sarebbe un caDENTI ma sarà lo stesso...

**Assistente 1:** Dicevamo di far cadere il cadenti dall'altezza di due braccia (*misura l'altezza di due braccia chinandosi e si fa aiutare dall'Assistente 2 poi lascia cadere il cadenti*) e diciamo che quando tocca terra la sua velocità è  $v$ .

**Assistente 2:** Lo scrivo che è meglio (*va alla lavagna*)

$$S_1 = 2 \text{ braccia}$$

$$V_1 = v$$

**Assistente 1:** Ora invece faccio cadere il cadenti da 4 braccia (*si fa aiutare dall'altro assistente per misurarsi quattro braccia*)... Galileo prestami la tua sedia che non ci arriviamo... Ecco faccio cadere il cadenti...

**Assistente 2:** Secondo l'ipotesi visto che lo spazio è raddoppiato anche la velocità a terra sarà doppia!

**Assistente 1:** Bravo scrivilo un po' che è più facile da capire.

**Assistente 2:** (*va alla lavagna e scrive dicendo a voce alta quello che scrive*)

$$S_2 = 4 \text{ braccia}$$

$$V_2 = 2 \cdot v$$

**Galileo:** «adunque i tempi di tali passaggi sono uguali...»<sup>11</sup>

**Assistente 1:** Calcoliamo il tempo della prima caduta

$$t_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{2}{v}$$

e ora calcoliamo il tempo della seconda caduta

$$t_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{4}{2 \cdot v} = \frac{2}{v}$$

**Assistente 2:** *(scrive quello che gli detta l'altro assistente)* e allora ha ragione Galileo i tempi sono uguali... ma come è possibile che per cadere da 4 braccia ci impieghi lo stesso tempo che per cadere solo da due...

**Assistente 1:** È impossibile! è assurdo!!

*I due Assistenti si avvicinano, parlottano tra loro e scuotendo la testa escono di scena.*

**Galileo:** «Ma passare il medesimo mobile le quattro braccia e le due nell'istesso tempo, non può aver luogo fuor che nel moto istantaneo: ma noi veggiamo che il grave cadente fa suo moto in tempo, ed in minore passa le due braccia che le quattro; adunque è falso che la velocità sua cresca come lo spazio.»<sup>12</sup>

*Raccoglie le sue cose ed esce di scena.*

**Ipotesi:** Stavolta ci avevo quasi creduto... e invece era sbagliata pure questa ipotesi... *(e cancella anche la seconda ipotesi)*

## SCENA 5

*Entrano i tre attori della terza ipotesi. Galileo va al leggio, i due Assistenti vanno alla scrivania.*  
[Assistente 1: **Assunta**; Galileo: **Noemi**; Assistente 2: **Yacopo**]

**Simplicio:** Galileo io sono un po' confuso... ero così sicuro della mia ipotesi, ma tu hai dimostrato chiaramente che era falsa... ora a me pare che Aristotele aveva ragione quando sosteneva che la velocità dipende dal peso e se il peso è doppio anche la velocità è doppia.

**Ipotesi:** Chissà se questa è la volta buona? *(scrive alla lavagna la terza ipotesi)* La velocità di caduta è direttamente proporzionale al peso.

**Assistente 1:** Simplicio mi sa che anche sta volta ti stai sbagliando perché io ho visto l'esperimento che ha fatto Galileo un giorno che ero con lui. Con queste due palle, la grande è di artiglieria e la piccola di moschetto *(mostra le due palle)* siamo saliti sulla Torre di Pisa *(mentre dice così sale su una panca)*. Ora tu vedi come è piccola quella di moschetto.. pesa mezza libra! Invece quella di cannone pesa 100 libbre cioè 200 volte di più!!

**Simplicio:** Se pesa 200 volte di più... dovrebbe arrivare 200 volte prima...

**Assistente 1:** Esatto... e invece non accade!!! Arriva prima ma solo di un palmo! E quindi l'ipotesi di Aristotele non è corretta!

**Galileo:** «Ma, senz'altre esperienze, con breve e concludente dimostrazione possiamo chiaramente provare, non esser vero che il mobile più grave si muova più velocemente d'un altro men grave.

Quando noi avessimo due mobili, le naturali velocità dei quali fossero ineguali, è manifesto che se noi congiungessimo il più tardo col più veloce (*prende due palle in mano e mette la più piccola sotto la più grande*), il veloce dal tardo sarebbe in parte ritardato, ed il tardo in parte velocitato dall'altro più veloce.

(*chiede a Simplicio*) Non concorrete voi meco in quest'opinione?»<sup>13</sup>

**Simplicio:** Sì sì, concordo senza dubbi!

**Galileo:** «Ma se questo è, (*mentre dice questo va verso la lavagna e disegna una palla grande con  $V=8$ , una piccola con  $V=4$  e la grossa sopra la piccola con  $V=6$* ) ed è insieme vero che una pietra grande si muova, per esempio, con otto gradi di velocità, ed una minore con quattro, congiungendole il loro composto si muoverà con velocità minore di otto, per esempio sei. (*fa una pausa e guarda Simplicio che annuisce*)

Ma le due pietre congiunte insieme fanno una pietra maggiore che della prima e quindi secondo la vostra ipotesi dovrebbero muoversi con velocità maggiore di otto, invece...»<sup>14</sup>

**Simplicio:** O no... quindi c'è una contraddizione...

**Galileo:** «Concludiamo per ciò, che i mobili grandi e i piccoli ancora, essendo della medesima gravità in spezie, si muovono con pari velocità!»<sup>15</sup>

**Simplicio:** Il vostro discorso procede benissimo veramente: tuttavia mi par duro a credere che una lagrima di piombo e una palla di artiglieria arrivano a terra insieme!<sup>16</sup>

**Assistente 2:** Simplicio tu hai in parte ragione perché (*prende un foglio di carta e una moneta e li mostra al pubblico*) se io faccio cadere questa carta e questa moneta è sicuro che la moneta che è di metallo arriva prima... (*fa la prova*)

Ma se io accartoccio il foglio di carta (*mentre lo dice lo fa*) poi lo lascio cadere, vedi che la carta cade più veloce di prima... ma, dimmi Simplicio, è forse diventata più pesante?

**Simplicio:** No è naturale, pesa come prima è sempre la stessa carta...

**Assistente 2:** E ora sta bene attento ... (*prende un pezzetto di carta un po' più piccolo della moneta*) ora io ho questo pezzetto di carta, e lo faccio cadere di fianco alla moneta. Chi arriva prima a terra?

**Simplicio:** Che domanda... la moneta!!

**Assistente 2:** (*fa la prova facendo cadere la carta di fianco alla moneta*) Ora però la carta la appoggio sopra alla moneta... guarda bene che non è mica incollata è solo appoggiata. E ora lascio cadere, chi arriverà prima?

**Simplicio:** Sempre la moneta perché è molto più pesante.

**Assistente 2:** (*lascia cadere e arrivano insieme!*) Come vedi Simplicio quando la moneta taglia l'aria alla carta, moneta e carta cadono ESATTAMENTE con la stessa velocità.

Quindi è l'aria che ostacola il movimento e se non ci fosse l'aria tutti i gravi cadrebbero con la stessa velocità proprio come dice Galileo!!



**Galileo:** *(va dall'assistente)* Bravo ragazzo, ben detto!

*E tutti se ne vanno eccetto Simplicio che ancora scuote la testa*

**Ipotesi:** Questa volta Galileo e il suo assistente sono stati grandi... la carta... la moneta... non ci avrei creduto se non lo avessi visto con i miei occhi... *(e cancella anche la terza ipotesi)*

## SCENA 6

*Entrano i tre attori della quarta ipotesi. Galileo va al leggio e i due assistenti alla scrivania.*

[Galileo: **Mario**; Assistente 1: **Dario**; Assistente 2: **Andrea**]

**Narratore:** «Nell'altra posizione Aristotele piglia che le velocità del medesimo mobile in diversi mezzi ritengano tra loro la proporzione contraria di quella che hanno le grossezze di essi mezzi; talmente che posto che la crassie dell'acqua fusse dieci volte maggiore di quella dell'aria, vuole che la velocità nell'aria sia dieci volte più che la velocità nell'acqua.»<sup>17</sup>

**Simplicio:** Galileo che ne dici? Questo mi sembra giusto perché se io corro sulla riva al mare vado veloce ma se corro nell'acqua fino alla vita faccio una fatica del diavolo e vado molto più piano!

**Ipotesi:** Dunque abbiamo una quarta ipotesi: la velocità inversamente proporzionale alla densità.

**Galileo:** «Questo è falso e mi meraviglio che per voi stesso non penetriate la fallacia, e che non vi accorghiare che quando fusse vero che l'istesso mobile in mezzi di differente sottilità e rarità...»<sup>18</sup>

**Assistente 1:** insomma di diversa cedenza come per esempio sono l'acqua e l'aria

**Galileo:** «si movesse con velocità nell'aria maggiore che nell'acqua, ne seguirebbe che ogni mobile che scendesse per aria scenderebbe anco nell'acqua»<sup>19</sup>

**Assistente 1:** Adesso faccio scendere il mobile per aria *(prende il tavolino con le ruote e tenta di sollevarlo)*

*L'altro assistente lo blocca e gli porge una palla*

**Assistente 2:** No no, è meglio provare con questo, facciamo scendere questa palla in aria *(la lascia cadere)*

**Assistente 1:** Cade con una certa velocità.

**Assistente 2:** Ora la facciamo cadere nell'acqua.

*Prendono la tanica dell'orologio ad acqua e tentano in tutti i modi di fare cadere la palla ma la palla risale sempre*

**Assistente 1:** Non c'è verso nell'acqua sta palla non cade!

**Assistente 2:** Se cadeva nell'aria dovrebbe cadere anche nell'acqua soltanto più lenta visto che la crassizie, cioè la densità, è più grande.

**Galileo:** *(li ferma in tutta la confusione che stanno facendo)* Può bastare... «l'ipotesi è tanto falsa quanto che moltissimi scendono nell'aria, che nell'acqua non pur non discendono, ma sormontano all'insù»<sup>20</sup>

*Galileo e gli assistenti escono*

**Ipotesi:** Arriveremo mai alla fine... *(e cancella anche la quarta ipotesi)*

## SCENA 7

*Entrano sei attori della quinta ipotesi. Galileo va al leggio, i due Assistenti e i tre Sperimentatori vanno alla scrivania. L'uomo del 2000 resta nascosto.*

*[Sperimentatore 1: Riccardo; Sperimentatore 2: Giorgia, Sperimentatore 3: Francesco, Galileo: Simone; Assistente 1: Francesca; Assistente 2: Mattia; Uomo del 2000: Luca]*

**Narratore:** «Per ora basta al nostro Autore che noi intendiamo che egli ci vuole investigare e dimostrare alcune passioni di un moto accelerato (qualunque sia la causa della sua accelerazione) talmente, che i momenti della sua velocità vadano accrescendosi, dopo la sua partita dalla quiete, con quella semplicissima proporzione con la quale cresce la continuazione del tempo, che è quanto dire che in tempi uguali si facciano eguali additamenti di velocità »<sup>21</sup>

**Ipotesi:** Eccoci daccapo *(scrive la quinta ipotesi)* la velocità è direttamente proporzionale al tempo.

**Simplicio:** E però per intelligenza mia e di altri simili a me, mi sembra che sarebbe opportuno in questo luogo arrecar qualche esperienza.<sup>22</sup>

**Assistente 1:** Simplicio hai ragione, si deve fare un'esperienza per verificare l'ipotesi. Dunque dovremmo misurare la velocità e il tempo... certo che non è facile... noi ce l'abbiamo uno strumento di misura della velocità?

**Sperimentatore 1:** *(cerca tra gli oggetti e poi conclude)* No, non abbiamo nessuno strumento per misurare la velocità!

**Assistente 2:** Potremmo però misurare lo spazio e poi ricavare la velocità dividendo spazio e tempo. *(pensa un po')* Occorrerà fare attenzione perché il moto non è equabile quindi la velocità che otterremo sarà la velocità media.

**Assistente 1:** È una buona idea, e il tempo come facciamo? (*si alza dalla scrivania lascia cadere la pallina*) è un tempo molto corto...

**Sperimentatore 2:** Galileo noi abbiamo un orologio (*indica l'orologio ad acqua*) questo! Ma non è molto preciso e questo tempo è troppo corto per essere ben misurato dal nostro orologio.

**Assistente 1:** Questo è un problema... dovremmo trovare il modo di rallentare la caduta per aver dei tempi più lunghi che possiamo misurare...

**Galileo:** «Assumo che i gradi di velocità, acquistati da un medesimo mobile su piani diversamente inclinati, siano eguali allorché sono eguali le elevazioni di quei piani medesimi»<sup>23</sup>

**Assistente 1:** Vogliamo mostrarvi con una esperienza che questo assunto è vero.

**Sperimentatore 1:** *porta il pendolo con un solo chiodo piantato in alto e mano a mano che Galileo parla, indica le parti ed esegue l'esperimento.*

**Galileo:** «Figuratevi questo foglio essere una parete eretta all'orizzonte, e da un chiodo fitto in essa pendere una palla di piombo di un'oncia o due sospesa da sottil filo. Nella parete segnate una linea orizzontale. Trasferendo il filo con la palla all'altezza della linea, lasciate essa palla in libertà, la quale sormonterà fino quasi alla segnata parallela, togliti il precisamente arrivarvi dall'impedimento dell'aria e del filo ... dal che possiamo veracemente concludere che l'impeto acquistato dalla palla, nello scendere, fu tanto, che bastò a risospingersi alla medesima altezza.»<sup>24</sup>

**Assistente 1:** Cioè la velocità nel punto più basso è la stessa sia che la palla arriva da destra che da sinistra.

**Galileo:** «Fatta e più volte reiterata questa esperienza voglio che ficchiamo nella parete, rasente al perpendicolo, un chiodo che sporga in fuori di cinque dita, e questo acciò che il filo tornando, come prima a riportar la palla... intoppando il filo nel chiodo sia costretta a camminare per un'altra circonferenza.»<sup>25</sup> Ora Signori voi vedrete con gusto ove arriva la palla!

**Sperimentatore 1:** *esegue quello che Galileo ha spiegato*

**Assistente 1:** Sia venendo da destra che da sinistra la palla raggiunge sempre la stessa altezza, quindi la velocità acquistata al fondo è la stessa.  
Allora, a scendere da un arco lungo si acquista la stessa velocità che a scendere da un arco corto basta che gli archi **ABBIANO LA STESSA ALTEZZA.**

**Galileo:** Il discorso mi par concludentissimo!

**Assistente 1:** Dunque per risolvere il problema del tempo e allungarlo, invece di considerare la caduta in verticale, consideriamo una caduta in obliquo, tanto la velocità alla fine del piano è la stessa che avrebbe cadendo in verticale dalla stessa altezza.

**Sperimentatori 1, 2, 3:** *portano il piano inclinato e lo montano e si sistemano alle postazioni per fare le misure: uno lascia la palla da diverse posizioni del piano, uno la raccoglie, l'altro aziona l'orologio ad acqua. Nel frattempo Galileo racconta come lo hanno costruito e come funziona l'esperimento.*

**Galileo:** «In un regolo, o voglian dir corrente, di legno, lungo circa 12 braccia, si era incavato un cataletto, poco più largo di un dito; tiratolo drittissimo, si faceva in esso scendere una palla di bronzo durissimo, ben rotondata e pulita, notando, nel modo che appresso dirò, il tempo che consumava nel correrlo tutto ... 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 bicchiere 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 dei pesi loro, le differenze e proporzioni de i tempi.»  
«Facendo poi l'esperienze di altre parti ben cento volte replicate sempre s'incontrava, gli spazii passati esser tra di loro come i quadrati e i tempi e questo in tutte le inclinazioni del piano.»<sup>26</sup>

*Il tutto si interrompe bruscamente con una musica moderna ed entra l'uomo del 2000*

**Uomo del 2000:** Ma cosa sono questi metodi antiquati... noi per fortuna abbiamo degli ottimi cronometri (*dà il cronometro allo sperimentatore 3*) provate un po' con questo!  
*Si mette al computer e apre il file dove abbiamo elaborato i dati sperimentali prelevati durante il lavoro di classe. Mostra il primo foglio.*  
*Il file<sup>27</sup> ha un foglio con i dati di Spazio e Tempo; un foglio con il grafico Spazio-Tempo; un terzo foglio con i dati Spazio, Tempo, Tempo<sup>2</sup>; un ultimo foglio con il grafico Spazio-Tempo<sup>2</sup>*

**Sperimentatori 1, 2, 3:** *Rifanno l'esperimento misurando i tempi di percorrenza degli spazi fatti da noi a scuola, misurando con il moderno cronometro.*

**Uomo del 2000:** Ora che abbiamo raccolto i dati, li posso mettere in un grafico. (*mostra il foglio con il grafico S-t*) Ora aggiungo la linea di tendenza... che strana curva si ottiene... cosa sarà?

**Assistente 2:** Per capirci qualcosa dovremmo avere una retta non questa curva... La curva sale molto in alto vuol dire che i valori della y crescono di più di quelli della x... per ottenere una retta dovremmo avere sull'asse delle ascisse qualcosa che aumenta di più di t... potremmo provare con  $t^2$

**Uomo del 2000:** Sono ai tuoi ordini ragazza! Eccoti i valori di  $t^2$ ! (*apre il terzo foglio del file*)

**Assistente 2:** Magnifico... è molto molto interessante!!!!!! Fammi subito la linea di tendenza...

**Uomo del 2000:** Andiamoci piano piccola con gli ordini... linea di tendenza a te! (*crea la linea di tendenza*) Avevi ragione !!! è una retta!!!

**Assistente 2:** Meraviglioso e allora questo vuol dire che la proporzionalità tra lo spazio e il  $t^2$  è diretta, Galileo come dici tu!

**Galileo:** «Sempre s'incontrava, gli spazii passati esser tra di loro come i quadrati e i tempi e questo in tutte le inclinazioni del piano.»<sup>28</sup>

**Assistente 2:** (*va alla lavagna, spiega e scrive*) Quindi se la proporzionalità tra lo spazio e il  $t^2$  è diretta allora vuol dire che è costante il rapporto tra s e  $t^2$  cioè

$$\frac{S}{t^2} = \text{cost} = k \quad \text{dove ho scritto } k \text{ per indicare la costante. Questo si può anche scrivere}$$
$$S = k \cdot t^2$$

**Simplicio:** Scusate se vi interrompo, ma se non mi sbaglio, noi volevamo dimostrare qualcosa sulla velocità e non sullo spazio?!

**Assistente 2:** Giusto dammi tempo che ci arrivo! Dobbiamo infatti determinare la velocità. Calcoliamo allora la velocità media dividendo spazio e tempo, otteniamo:

$$V = \frac{S}{t} = \frac{k \cdot t^2}{t} = k \cdot t \quad \text{perché } t \text{ si semplifica.}$$

**Ipotesi:** Signor scienziato, ma questo è quello che diceva l'ipotesi?

**Assistente 2:** Sì perché se la velocità è uguale a una costante per il tempo allora vuol dire che... la proporzionalità tra velocità e tempo è... diretta!!

*Parte la musica, tutti entrano ed esultano, correndo e saltando in tutto il palco fino a quando si spengono le luci. Allora tutti tacciono e si fermano. Restano immobili per 5 secondi poi lentamente si dispongono in fila davanti al palco.*

FINE

## Note

---

<sup>1</sup> Galileo Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*, Classici della Scienza, UTET, terza edizione 1996, ristampa 1999, pag. 722.

<sup>2</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 724.

<sup>3</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 724.

<sup>4</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 724.

<sup>5</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 724.

<sup>6</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 727.

<sup>7</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 734.

<sup>8</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 730.

<sup>9</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 730.

<sup>10</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 735.

<sup>11</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 735.

<sup>12</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 735.

<sup>13</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 634.

<sup>14</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 635.

<sup>15</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 636.

<sup>16</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 636.

<sup>17</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 633.

<sup>18</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 637.

<sup>19</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 638.

<sup>20</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 638.

<sup>21</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 734.

<sup>22</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 743.

<sup>23</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 737.

<sup>24</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 738.

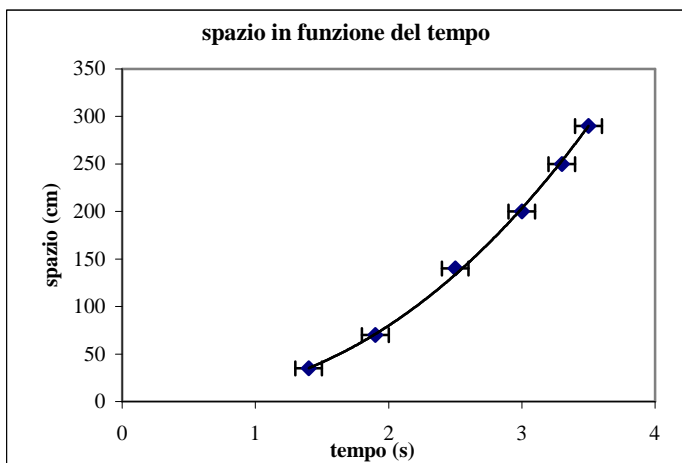
<sup>25</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 738.

<sup>26</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 743.

<sup>27</sup> Primo foglio del file che raccoglie i dati sperimentali e la loro elaborazione grafica.

$S$ (cm)	$t$ (s) $\pm$ 0.1
290	3.7
250	3.5
200	3.0
140	2.5
70	1.9
35	1.4

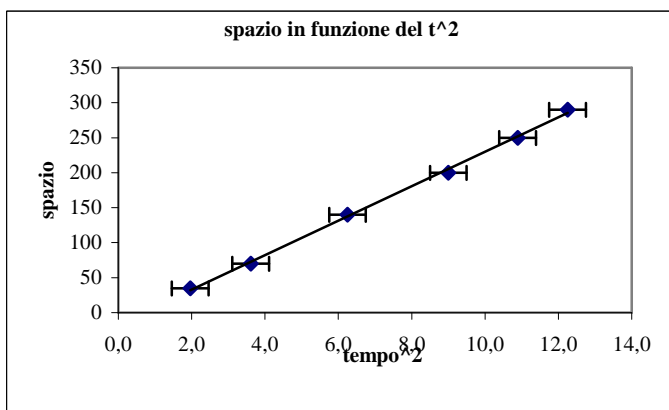
Secondo foglio del file: il grafico  $s/t$  con la linea di tendenza disegnata.



Terzo foglio del file.

$S$ (cm)	$t$ (s) $\pm$ 0.1	$t^2$ (s <sup>2</sup> ) $\pm$ 0.5
290	3.7	12.3
250	3.5	10.9
200	3.0	9.0
140	2.5	6.3
70	1.9	3.6
35	1.4	2.0

Quarto foglio del file: il grafico  $s/t^2$  con la linea di tendenza disegnata.



<sup>28</sup> Galileo Galilei, *op. cit.*, pag.744.