

## SCIENTIFICO E UMANISTICO: UN PERCORSO LICEALE SULLA NASCITA DELLA SCIENZA

di Daniela Cervini, Lorenzo Redaelli, Giuseppe Sinatra\*

*La nascita della scienza moderna è stata accompagnata da un intenso dibattito tra scienziati, filosofi e letterati. Di qui l'idea di tre docenti, uno di Italiano e Latino, uno di Storia e Filosofia e uno di Fisica, di un progetto interdisciplinare che ha portato gli studenti di una quarta liceo scientifico a riflettere sui contributi dei più importanti protagonisti della rivoluzione scientifica. L'esito del percorso è la stesura di un dialogo tra tre personaggi che discutono sulla legge di Boyle, imitando le posizioni dei tre protagonisti (Salviati, Sagredo e Simplicio) del dialogo galileiano e utilizzando lo schema della commedia latina di Plauto. L'articolo che presentiamo contiene sia il racconto del percorso svolto, sia il dialogo scritto dagli studenti nella sua forma originale.*

\* Daniela Cervini  
(Docente di Italiano e Latino),

Lorenzo Redaelli  
(Docente di Storia e Filosofia),

Giuseppe Sinatra  
(Docente di Fisica)

Liceo Scientifico delle Scuole "Monsignor E. Manfredini" di Varese.

Questo lavoro nasce dall'esigenza di ricomprendere il senso del Liceo Scientifico, in particolare come tentativo di riflettere sui due ambiti, scientifico e umanistico, che tale percorso liceale richiede di approfondire criticamente in egual misura. Nella percezione comune il rapporto tra «scienze naturali» e «scienze dello spirito» è spesso assunto come un dualismo irrisolvibile. Certamente ciascuna disciplina si è costituita nella storia attorno a una propria specificità di problemi, metodi e conoscenze. Tuttavia, la relazione tra mondo scientifico e mondo umanistico, se non indagata e riflessa, può essere causa di una proposta didattica fragile e frammentata, in cui le discipline e i docenti comunicano tra loro a fatica, e il senso della scuola risulta alla fine essere un insieme di materie per cui l'unità del sapere e della cultura non risulta più essere nemmeno una questione.

Studiare storia della letteratura e storia della filosofia può sembrare una sequenza continua di nomi e titoli, opere che si snodano attraverso la storia e si chiudono nel loro arco di tempo, contenuti in un capitolo, chiuso anche quello, quando il percorso è finito. Ma tutto è presente e continuo, effetto di quello che era e causa di ciò che avviene, parte di un sapere che non è divisibile in materie.

Questo è un buon motivo per lavorare in modo interdisciplinare, collaborare il più possibile tra colleghi, per dimostrare l'unità del sapere e che nulla succede a caso.



Londra .1662: una delle prime riunioni della Royal Society

Abbiamo scelto di lavorare sulla rivoluzione scientifica del XVII secolo, in particolare sull'opera di Galilei, perché fondamentale nel percorso di quarta liceo e perché richiede l'integrazione di conoscenze diverse.

### Contributi per l'unità del sapere

La prima domanda posta è stata: da dove si parte, per capire una rivoluzione scientifica?

Innanzitutto, ai fini di una giusta impostazione del problema culturale della scienza, si è reso necessario interrogarsi su «che cosa sia una rivoluzione scientifica». A tale scopo è stata proposta agli studenti l'ipotesi del filosofo della scienza Thomas Kuhn che, ne *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962) presenta una visione della storia della scienza come «lotta tra paradigmi», duello tra concezioni della natura e dei metodi di indagine le cui dinamiche e il cui esito sono determinati non solo dai risultati scientifici ma anche dal contesto culturale, filosofico e sociale di riferimento.

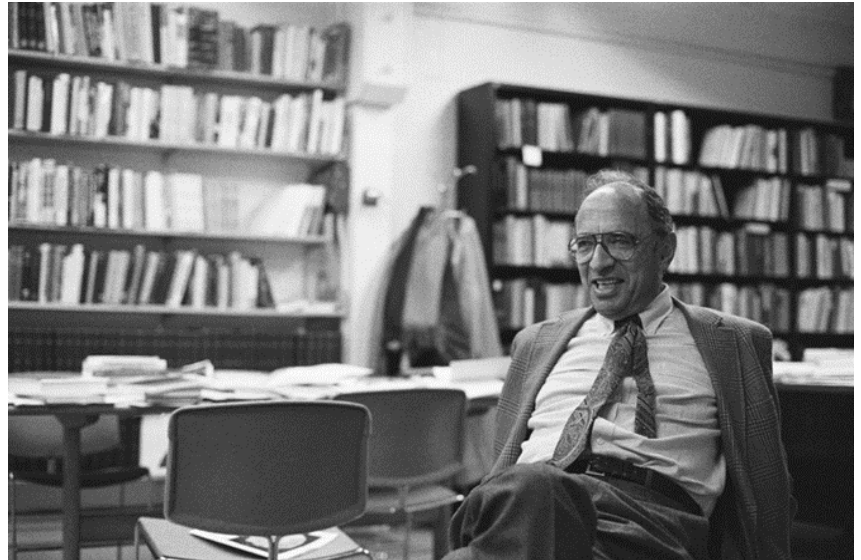
In secondo luogo, ci siamo addentrati in quel particolare passaggio culturale e scientifico che avviene tra il 1500 e il 1600. Esso si colloca sulla scia della riflessione del Rinascimento; abbiamo così lavorato sul rapporto uomo-natura, da una concezione estetica e rassicurante (la natura come sfondo, la pace bucolica) e poi neoplatonica, fino alla convinzione di poter studiare e spiegare la natura con un metodo dimostrabile, verificabile.

Nel tempo di un secolo circa, la figura dell'intellettuale muta, le istituzioni stesse della cultura cambiano: si assiste al declino delle università, mentre nascono innumerevoli accademie. La circolazione dei libri tramite stampa favorisce un pubblico non più solo aristocratico e anche il formarsi, ancora in piccolo, di una «pubblica opinione». Mentre nelle università si era rimasti ancorati al commento dei testi di Aristotele (384 a.C.-322 a.C.) e San Tommaso (1225-1274), da ogni parte si levano voci polemiche contro questo modo di concepire il sapere; gli innovatori sostengono che la scienza non è un sistema di idee compiuto una volta per tutte e legato al principio di autorità. L'esercizio del sapere non è semplice trasmissione di idee codificate dalla tradizione, né disputa sulle sottigliezze lessicali: c'è bisogno di una cultura all'altezza di grandi trasformazioni.

È stata proposta ai ragazzi una veloce lettura di Bernardino Telesio (1509-1588), Tommaso Campanella (1568-1639) e Giordano Bruno (1548-1600), perché nei loro studi c'è la capacità di osservare la natura, dimostrata da tutti gli artisti rinascimentali e anche la capacità di coltivare il dubbio, la continua interrogazione di sé.

Seconda questione: come rendere sistematico lo studio dei fenomeni naturali così da capirne la legge segreta e rendere l'uomo padrone della natura, mediante una sapienza pratica, un'arte della scoperta e dell'invenzione diversa dalle definizioni verbali degli aristotelici?

Dopo un rapido riferimento a Francesco Bacone (1561-1626), che teorizza una minuziosa tecnica di osservazione della natura, un procedimento induttivo che sale dall'accertamento dei fatti e verità particolari a verità più generali e, se possibile, alle leggi che governano i fatti studiati, abbiamo letto Galilei (1564-1642), il vero iniziatore del metodo della scienza articolato nei tre momenti della osservazione, della trascrizione del fenomeno in termini matematico-geometrici e dell'esperimento



Thomas Kuhn (1922-1996) nel suo ufficio al MIT

mediante il quale la natura stessa è chiamata a confermare o a confutare l'ipotesi matematicamente formulata.

Come comunicare? Il *Sidereus nuncius*, *Il saggiaiore*, *Le lettere* e *Il dialogo sopra i massimi sistemi del mondo* offrono esempi di differenti tecniche comunicative, dalla scelta del latino e del trattato, tipologia da dotti, alle lettere e al dialogo in volgare, forme della comunicazione che rappresentano il desiderio di parlare con un interlocutore, il desiderio di arrivare a più persone e di sollecitare un confronto, una sorta di apertura del sapere al mondo.



L. Catani: *Galileo effettua alla presenza del Granduca l'esperimento della caduta dei gravi dalla torre di Pisa*, Galleria d'Arte Moderna di Palazzo Pitti, Firenze ©Istituto e Museo di Storia della Scienza/Eurofoto. (Fonte: vitruvio.imss.fi.it/foto).

### Il percorso di approfondimento degli studenti

Come far proprio questo processo?

Abbiamo chiesto agli studenti di una classe quarta di liceo scientifico di riconsiderare le conoscenze e gli esperimenti fatti in quattro anni di scuola, guardandoli dalla prospettiva di aristotelici e di galileiani e di mettere i due punti di vista a confronto. È possibile una matematizzazione dell'universo? Come considerare errori e imprecisioni? Quale contributo alla scienza è stato offerto da un differente punto di vista?

Gli studenti, divisi in gruppi, hanno dovuto scegliere un diverso esperimento e riportarne lo studio, attraverso la stesura di un dialogo. Questa tipologia di scrittura è coerente con il punto di arrivo della scrittura di Galilei, ma richiede anche una buona padronanza delle tecniche teatrali per la creazione di personaggi dalla identità precisa, diverso linguaggio, creazione di una favola e un intreccio, necessità di gestione dei dati e loro corretto inserimento in un tessuto narrativo e scelta di una impostazione grafica che valorizzi il lavoro.

È stata una buona occasione di sintesi.

Anzitutto è stata l'occasione di riguardare in modo critico il percorso sperimentale compiuto in questi quattro anni di liceo. Infatti, per la costruzione del loro dialogo potevano scegliere tra i seguenti esperimenti: legge di Snell-Cartesio, moto rettilineo uniforme, moto uniformemente accelerato, secondo principio della dinamica, pendolo semplice e legge di Boyle. Inoltre, dopo aver scelto l'esperimento da usare come oggetto del dialogo, si son dovuti impegnare di nuovo nella presa dati in un modo particolare, in quanto l'obiettivo era l'analisi dettagliata delle possibili fonti di errore, in modo tale da poter aver argomenti che nel corso del dialogo potessero essere usati dal personaggio aristotelico per confutare la nuova scienza. Nello stesso tempo, però, questa analisi profonda doveva permettere loro di costruire argomentazioni per confutare l'antica scienza e per sostenere il nuovo metodo scientifico.

I gruppi, in particolare quelli che si sono maggiormente coinvolti in questo lavoro, hanno mostrato di possedere un quadro chiaro di quelli che sono stati i passaggi epocali che hanno portato alla rivoluzione scientifica in tutti i tre ambiti: filosofico, letterario e scientifico, facendo dialogare con competenza questi tre vertici, come

potrete vedere leggendo il contributo, intitolato *La quintessenza della legge di Boyle* che costituisce la seconda parte di questo articolo ed è stato realizzato dagli studenti Chiara Balen, Alessio Gervasini, Giuseppe Liuzzi e Matteo Macchi. In particolare sottolineiamo tre passaggi, relativi alle discipline coinvolte.

#### **Ambito letterario, Ispirazione latina**

La caratteristica strutturale del dialogo ricalca perfettamente la commedia latina presentando l'*Argomentum* (ossia il tema) con un acrostico, lettura verticale del titolo dell'opera.

*L'amicizia che unisce tre personaggi a dura prova,  
E la colpa va alle convinzioni di ognuno dei tre, forse un po' troppo in contrasto tra loro:  
Già precedentemente avevano bisticciato, ma in questa occasione la situazione degenera!  
Girovagando infatti per una fiera, i tre ammirano varie attrazioni, tra le quali un abile  
Ed impressionante giocoliere che si destreggia nel maneggiare diverse palline.*

*Dei tre amici, uno, esperto scienziato, spiega ai compari come la scienza stia innovando  
Il modo di considerare la realtà che circonda l'uomo:*

*Basti pensare a come la situazione di ogni pallina sia spiegabile dalla legge di Boyle!  
Ognuno dei tre spunti di riflessione diversi: sulla scienza, sulla filosofia, sulla religione  
(Y) e sulla società.*

*La conclusione di questo dibattito sarà vivacemente animata, perché in  
Effetti tutti e tre erano troppo radicati nelle loro opinioni!*

Nel prologo un attore interpreta il punto di vista dell'autore, tale voce può anche ricomparire all'interno della recitazione. Il linguaggio realistico studia un abbinamento parola - carattere facendo corrispondere ad un tipo umano anche un modo di esprimersi.

#### **Ambito filosofico**

Nella parte in cui *Physicus* (pensatore della nuova scienza galileiana), *Fidus* (predicatore domenicano legato all'antica scienza aristotelica) e *Varius* (filosofo brillante che mantiene una posizione mediana) discutono sui risultati dell'esperimento, il dialogo si sofferma sul concetto di «verità» in ambito scientifico. Il fisico esprime una posizione realista, mentre il predicatore consiglia di valutare i risultati come semplici congetture che non possono in alcun modo dire l'essenza del dato che solo a Dio è noto; il filosofo, invece, suggerisce di considerare le leggi scientifiche come ciò che deve essere continuamente confermato dall'esperienza. In tal modo il gruppo ha saputo utilizzare in modo significativo alcuni paradigmi in ambito gnoseologico.

**P:** *Non avrei saputo meglio esprimere il concetto. Le tue parole son veritiere in assoluto!*

**F:** *Senza dubbio questo vostro ragionar ha un senso proprio; tuttavia, mi permetto di avvisarvi, che parlare di esse in quanto verità assolute, è assai ardito! Trovo che queste siano semplici congetture: in fondo solo all'Eterno sta la verità ultima delle cose, lasciamo a Dio ciò che è di Dio e all'uomo ciò che è umano!*

**P:** *Ma mio carissimo *Fidus*, non fu forse Dio a dar all'umanità il don della ragione? Or io con queste scoperte (fatte tramite ragione) onoro il creato, svelando le massime verità celate nella natura del Signore Iddio nostro. Per far chiarezza su questo mondo contingente, le scienze dan prova, tramite sensate esperienze e necessarie dimostrazioni, di leggi immutabili, sempre valide, nonché di una natura perfettamente armonica e matematizzata!*

**F:** *Non illuderti *Physicus*, giammai saran vere in assoluto codeste leggi: esse, infatti, non spiegano l'essenza unica e stabile dell'aria, né ve ne danno ragion del moto*

su grazie ai principi fondamentali della logica. Or tu, nella tua superbia, saprai dirmi de' mutamento delle condizioni dell'aria ma, dove sta la verità in ciò? Tu, solo hai trovato un accidente, una determinazione matematica che, pur essendo propria del fenomeno, non ne ordina la substantia. Tu troverai 'l vero, quando saprai dirmi quella unità di qualità specifiche, che determinano l'essenza di questo fenomeno, e che appartengono a Dio solo! Poiché egli solo diede ragion della materia caotica ed egli sol è il principio perfetto. Come difatti disse il maestro di pensiero, «conoscibili in massimo grado sono i primi principi e le cause», aggiungendo che «mediante essi si conoscono tutte le altre cose», e concluse affermando che «viceversa essi non si conoscono mediante le cose che sono loro soggette».

**P:** Ma come chiami allora questa meraviglia di scoperta, se non verità, poiché essa è sempre verificata in ogni contingente? Io debbo rifiutare questo tuo essenzialismo, avendo svelate dinanzi a me queste singolarità!

**F:** E sia! Ma come puoi tu esser sicuro che essa è verificata in ogni contingente?

**V:** Non si può...

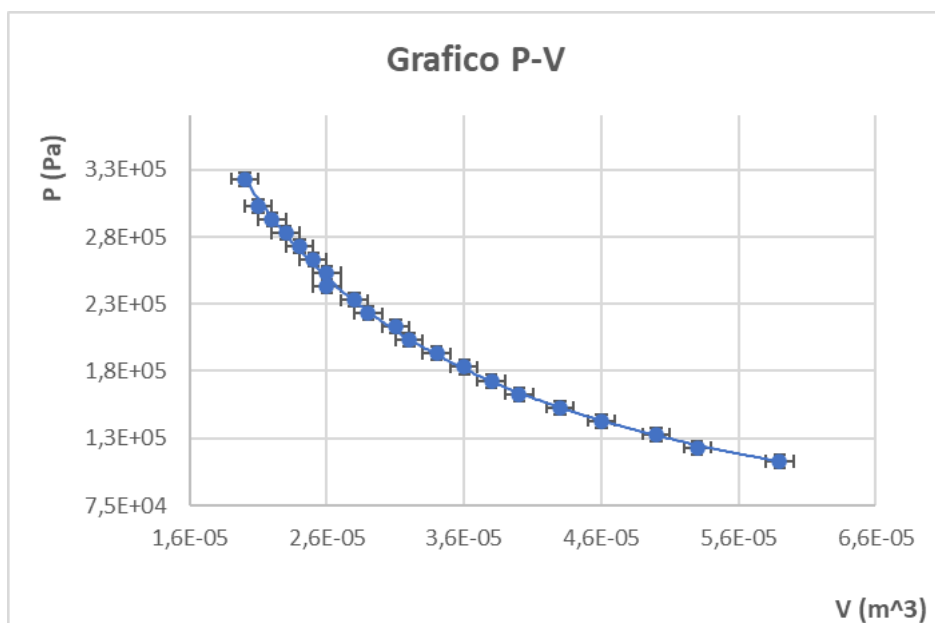
**F:** Esatto!

**V:** Io credo, et in parte so, che le vie per verificar le tesi in ogni contingente, son' ambe fede e ragione: non reputo che l'uomo, solo con l'intelletto suo possa raggiungere una sapienza universale; dovrà necessariamente fare affidamento alla parola d'altri, la meno confutabile tra tutte, poiché non può egli solo, verificare la veridicità de' tutti suoi medesimi pensieri. Alla ragione sarà dato il compito di confermare ciò che è in poter suo, mentre la fede sarà indispensabile per risolvere gli altri lemmi che la ragione non puote sbrogliare; infatti, come è noto ch'è disse Fra Agostino, credere est cum assensione cogitare, invero la fede altro non è che l'affidamento ad una verità da altri professata, ritenendola razionale. Bisogna aver fede in una rivelazione dell'essenza dall'alto!

#### Ambito scientifico

L'esperimento scelto da questo gruppo di studenti è la verifica della legge di Boyle, cioè che in un gas tenuto a temperatura costante la pressione e il volume sono inversamente proporzionali.

Come prima attività gli studenti hanno svolto una presa dati canonica, cioè in condizioni di temperatura controllata, successivamente hanno svolto in autonomia l'analisi dati e verificata la legge attraverso il grafico Pressione-Volume.



Verifica legge di Boyle in condizioni di temperatura controllata

In seguito gli studenti hanno eseguito una seconda presa dati simulando, attraverso l'uso di un asciugacapelli, un ambiente con temperatura non controllata. Infatti, come si può vedere dalla figura seguente, questa volta non c'è un perfetto accordo tra la curva matematica e i dati sperimentali

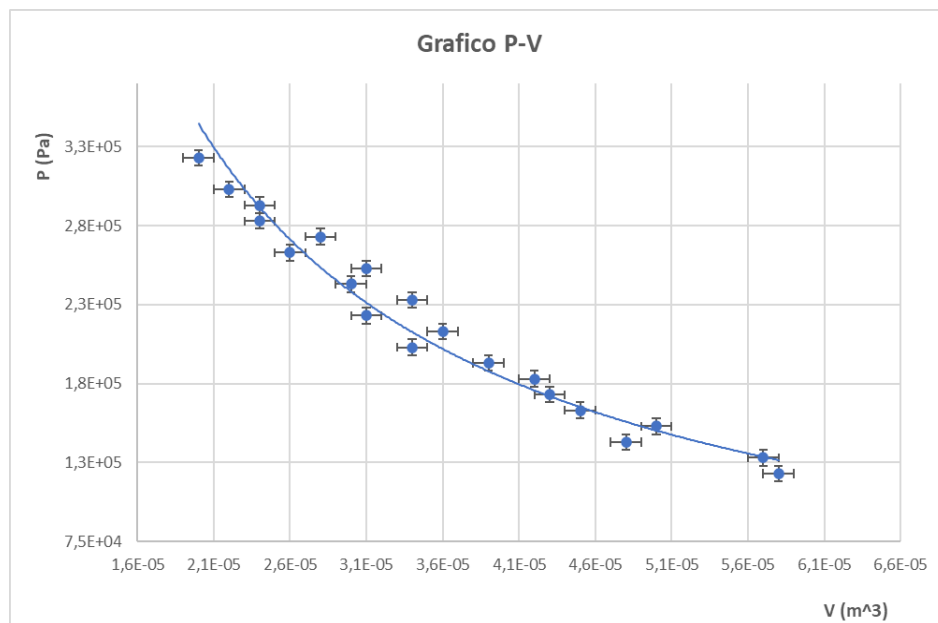


Grafico legge di Boyle in condizioni di temperatura non controllata

Questi due grafici e le rispettive analisi sono state il cuore scientifico del dialogo realizzato dagli studenti, porgendo l'occasione per sottolineare la differenza tra lo studio di un fenomeno in laboratorio (ambiente controllato) e l'osservazione dello stesso nel suo contesto naturale quindi non controllato.

### Progettazione e conclusioni

Dal punto di vista della progettazione didattica il lavoro di preparazione è iniziato nel giugno dell'anno scorso (2021) vista la complessità nel far dialogare le nostre tre discipline e nell'individuazione poi di un prodotto finale che potesse esaltare il percorso fatto. La realizzazione di un dialogo secondo lo stile galileiano ha permesso di non ridurre il lavoro dei ragazzi a un trattato filosofico o a una relazione di laboratorio, costringendoli invece a riflettere criticamente su quanto studiato costruendo una scena che potesse portare il lettore a rivivere il cambiamento d'epoca che ha significato la rivoluzione scientifica del XVII secolo. Il lavoro in aula e in laboratorio è durato circa tre settimane (durante dicembre 2021) e ha coinvolto le ore di italiano, filosofia e fisica dopo le quali abbiamo chiesto ai gruppi di presentare la struttura del loro dialogo in modo tale da verificare se avessero colto i punti essenziali e se il *plot* funzionasse. Da questo momento hanno avuto circa tre settimane per completare il dialogo e consegnarlo.

In conclusione, possiamo sintetizzare gli elementi più interessanti e le criticità da affrontare.

Gli elementi di interesse sono stati principalmente due. L'aver lavorato insieme tra docenti ci ha permesso di approfondire come le nostre discipline siano state coprotagoniste in questo cambiamento epocale, aiutandoci a definire maggiormente l'identità del nostro liceo scientifico, come dicevamo all'inizio dell'articolo. Vorremmo proporre un lavoro del genere anche in quinta scientifico a proposito della crisi di inizio Novecento. Gli studenti, che hanno lavorato seriamente sul progetto, hanno

mostrato non solo di essere in grado di poter fare uno studio critico di quanto proposto, ma anche di saperlo rielaborare in modo originale.

La criticità più importante che si è presentata rimane quella della valutazione, infatti nel riproporre questa attività l'anno prossimo dovremmo pensare un modo per rendere protagonista ogni componente del gruppo, evitando che una personalità più forte e più volenterosa si prenda carico di tutto il lavoro. Questo tema sarà oggetto di riflessione nel corso della progettazione del prossimo anno scolastico. La strada imboccata ci sembra, nonostante questa criticità, comunque fertile e capace di aprire nuove opportunità.

*Daniela Cervini (Docente di Italiano e Latino), Lorenzo Redaelli (Docente di Storia e Filosofia), Giuseppe Sinatra (Docente di Fisica)*

*Il progetto è stato svolto nell'anno scolastico 2021-2022 con studenti della classe quarta del Liceo Scientifico delle Scuole "Monsignor E. Manfredini" di Varese.*

## LA QUINTESSENZA DELLA LEGGE DI BOYLE

### Argomentum:

L'amicizia che unisce tre personaggi è messa a dura prova, e la colpa va alle convinzioni di ognuno dei tre, forse un po' troppo in contrasto tra loro: Già precedentemente avevano bisticciato, ma in questa occasione la situazione degenera! Girovagando infatti per una fiera, i tre ammirano varie attrazioni, tra le quali un abile ed impressionante giocoliere, che si destreggia nel maneggiare diverse palline.

Dei tre amici, uno, esperto scienziato, spiega ai compari come la scienza stia innovando il modo di considerare la realtà che circonda l'uomo:

Basti pensare a come lo stato di ogni pallina sia spiegabile dalla legge di Boyle! Ognuno dei tre, proporrà spunti di riflessione diversi: sulla scienza, sulla filosofia, sulla (Y) religione e sulla società.

La conclusione di questo dibattito sarà vivacemente animata, perché in Effetti erano tutti e tre troppo radicati nelle loro opinioni!

### Prologo

Narratore:

Cari spettatori, io son colui che vi accompagnerà nel racconto di questa bizzarra storiella, non particolarmente conosciuta, né di troppo peso, ma significativa per chi intenderà coglierne il messaggio. Quindi aprite ben bene le orecchie, prestate attenzione alle mie parole e mettetevi comodi, perché non siamo che al principio! Vi trasporterò nei pressi di un vivace borgo rinascimentale: agli inizi della primavera del '600, si teneva come usualmente la fiera di paese; quale migliore occasione di ritrovarsi dopo un lunghissimo tempo, per tre amici di vecchia data!? Ebbene sì, fu in questa occasione che uno scienziato, un frate ed un filosofo, amici dall'infanzia, si ritrovarono, e... Come dite? Sembra quasi l'inizio di una di quelle barzellette scadenti? Sì sì, lo so! Ma abbiate pazienza e seguiamoci con le presentazioni: il primo, Physicus, era uno studioso incallito, un visionario ed un innovativo pensatore; il suo carattere esuberantemente saccente e professorale, gli causava però qualche disguido di troppo nelle relazioni. Il secondo, di nome Fidus, era un dottissimo predicatore domenicano; anch'egli era un appassionato uomo di cultura, fisso nelle più antiche e classiche convinzioni, dettate dalle sue scelte religiose; ma, a differenza del precedente, lui alle innovazioni scientifiche ci credeva quanto alle reliquie del Fra Cipolla del Boccaccio. Il terzo, tale Varius, era un brillante ed eclettico pensatore, un po' un filosofo. Sinceramente, di normale non aveva manco un'unghia, ma, da questa sua lunaticità, era capace di trarre i più articolati ragionamenti e le più fini osservazioni.

Ora, torniamo però al racconto: i tre si salutarono caldamente ed iniziarono a passeggiare tra le attrazioni della sgargiante fiera. Si raccontarono della loro vita, dei viaggi, delle esperienze, del più e del meno, e via dicendo. Inoltre, l'atmosfera frizzante e vitale ravvivava ed invogliava alla conversazione, e così l'oggetto si spostò su un abile giocoliere, che, davanti al pubblico in visibilio, si esibiva nelle più spettacolari evoluzioni.

...

V: Miei cari amici, mirate! Può essere un circense più abile di quel giocoliere!?

F: Non hai torto, Varius! Talenti del genere son quasi un dono divino!

P: Queste attrazioni non smettono mai di sorprendermi! ... Ma, ... aspettate, ...

F: A che pensi?

P: Ma sapete che nel mio laboratorio utilizzo palline simiglianti a quelle?! Le uso per analizzare e verificare una certa mia teoria, nominata legge di Boyle...

V: Dici il vero? Raccontaci di più, siam curiosi!

P: Ah! Voi l'avete chiesto e costì mi cadde l'ago! Considero un semplice oggetto come una pallina, e ne studio le variazioni de' i valori della pressione, e 'l volume, e la temperatura e la quantità di aria

contenuta in essa. Negli ultimi tempi ragiono in particolare sulla relazione tra la pressione e il volume: ho osservato primamente, che, stringendo nel palmo della mano una di quelle palline sempre più fortemente, diminuivo progressivamente lo spazio interno occupato dall'aria; ecco però, che l'oggetto poneva alla mia stretta una resistenza sempre maggiore, e me ne chiesi sì il perché. Dedussi che tale resistenza traeva origine dalla pressione che l'aria stessa opponeva alla compressione, e, che essendo la quantità d'aria stabile durante la trasformazione, le due variabili dovevano esser necessariamente collegate. Ripetei quindi lo sperimento con uno strumento innovativo et alquanto avanzato: eccovelo illustrato.



1. Termometro
2. Barometro
3. Valvola per la chiusura
4. Indicatore del volume
5. contenitore dell'aria

P: Osservate la sua potentia nel misurare al medesimo tempo e la temperatura (dal termometro), e la pressione (dal barometro) e l volume; ed oltremodo posso sigillare il contenitore in talo modo che l'aria non ne scappi fuori, tramite una valvola apposita!

V: Strabilante! Ah, che interessante strumentazione adoperi! Il volume diminuisce grazie a cotal stantuffo?

P: Esatto! Io lo utilizzai così: presi simultaneamente diverse misurazioni della temperatura, del volume e della pressione per ogni misurazione fatta con la medesima quantità d'aria nel contenitore; annotommi sì tutti i valori trovati, et osservai che sia le temperature del gas, sia la di esso quantità restavan fisse. Considerai indi i valori rimanenti, la pressione e l volume: alla prima sommai la pressione dell'aria circostante (essendo essa non indifferente), e svolsi infine un prodotto matematico tra il volume e la pressione totale. I risultati che ottenni sì esaltommi: i valori numerici di tale prodotto eran sempre i medesmi per ogni serie di misurazioni! Tentai allora di coglier la legge che governa tale fenomeno costruendo alcuni ulteriori grafici, ed ottenni che pressione e volume, nella trasformazione di un gas a temperatura e quantità d'aria costanti, stanno tra loro in relazione! Azzardai sì a stimar la quantità d'aria contenuta nello strumento, completando la equazione mia con i valori della temperatura e della quantità di materia (espressa come numero di moli, una particolare unità di misura), e ci riuscii! Formulai difatti cotal uguaglianza:  $PV=nRT$ , donde R è una peculiar costante fisica che ricavai tramite sperimentazione. Indi, potrete ben immaginare come il prodotto PV rimanga costante, siano n, R e T invariati in tutto l processo.

F: Ma non ci dire!

P: E siete fortunati: se non erro, mi son portato appresso tutta la documentazione!

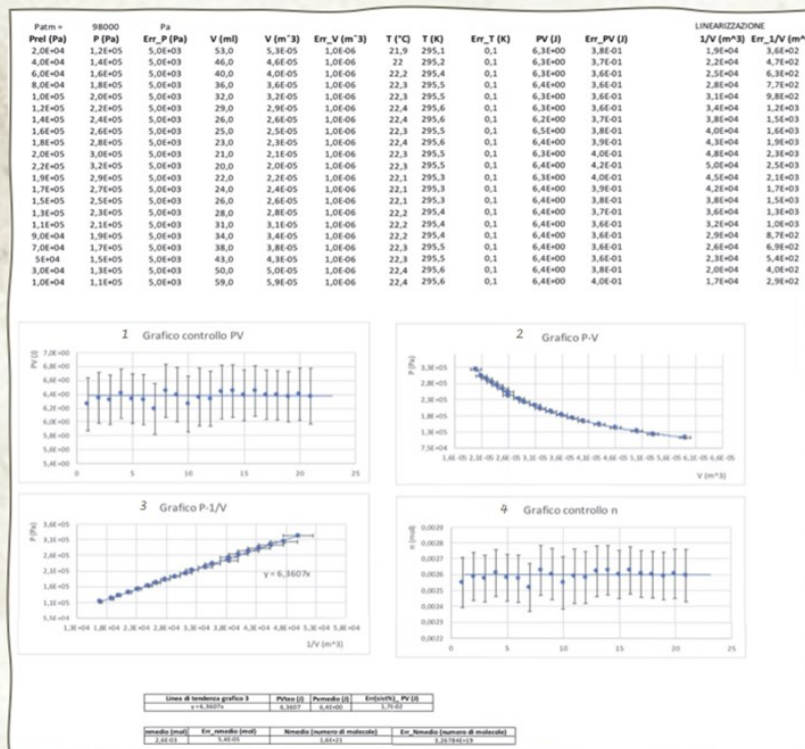
F: Non disturbarti, ne facciam pure a meno; non vedi tu che metti sonnolenza a'l pazientissimo pubblico nostro? Vi prego di far sentire la vostra noia!

P: Di grazia non rompiano il filo, e seguite avanti il discorso incominciato! ... Ma dove è finita?... Ah, eccola!

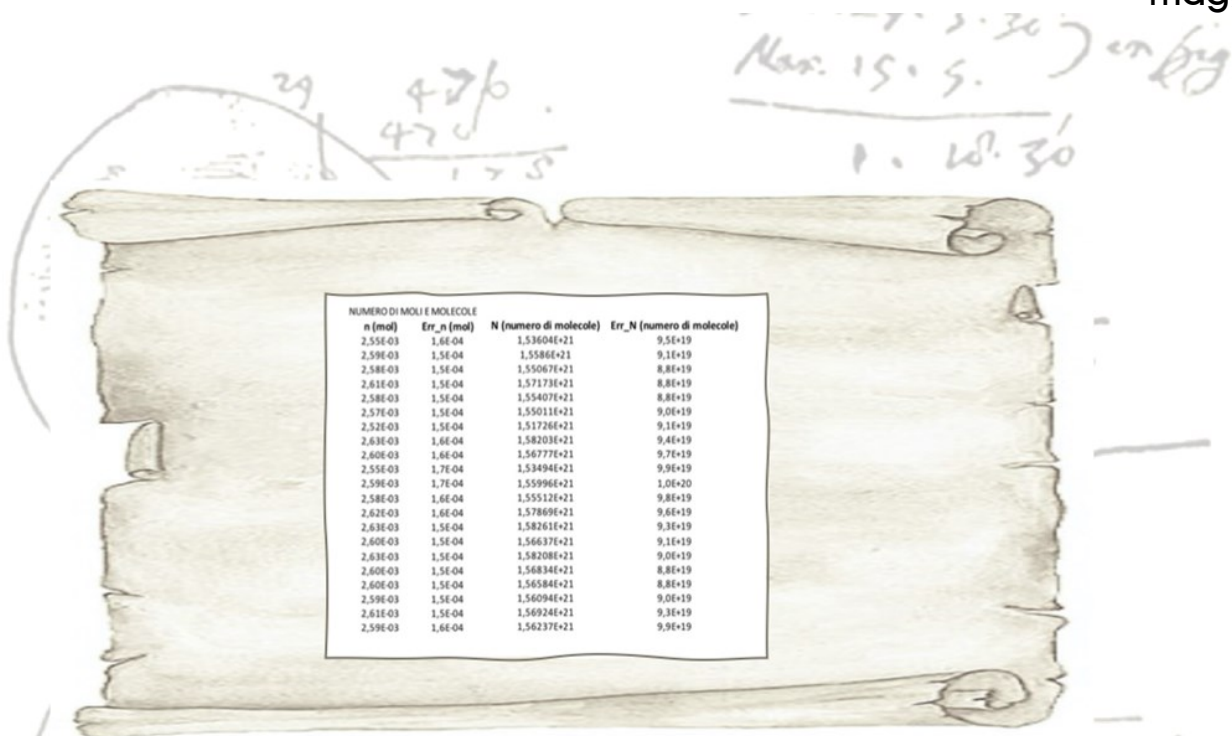
## Analisi legge di Boyle

In cotesta analisi sottopongo a ricerca la branca della fisica della termodinamica, la quale studia le trasformazioni con trasferimenti di calore.

Riporto qui l'analisi dello comportamento proprio di un modello di gas ideale, lo quale stato verificai esser descritto dalla legge  $PV=nRT$ ; considero una variazione sol nei valori di P e di V. Indi il prodotto PV, se tale equazione è vera, dovrà risultar costante. Ecco qui di seguito i miei ragionamenti:



Handwritten notes on the right side of the page, including calculations and values like 42.6, 2599, 15266, 9159, and 199599.



P: Notate che  $p$  è la pressione,  $V$  lo volume,  $T$  la temperatura e  $n$  il numero di moli, e che tutti son iscritti con li errori relativi ad essi, dovuti alla sensibilità dello strumento. Se prestate attenzione ai grafici e ai loro andamenti, noterete che non errai nel dire che esisteva una dipendenza tra pressione e volume! Nel primo grafico, notate che l valore del prodotto  $PV$  segue una retta parallela all'asse  $x$ ; tale andamento è oltremodo prova di una trasformazione avvenuta a temperatura costante. Anche la quantità d'aria rimane costante, come è giusto che sia e come si puote osservare dal quarto grafico. I rimanenti grafici presentano dei punti sperimentali, i quali sono dati da l valore della pressione totale sull'asse  $y$  e da quello del volume su  $x$ : nel grafico  $P-V$  osservai una curva, si tentai di render tal grafico più chiaro, creando un grafico  $P-1/V$ , e vidi difatti tale retta incidente agli assi, la quale mi dimostrò la dipendenza delle due grandezze. In aggiunta, vedrete calcolati in basso i valori medi e teorici del prodotto  $PV$  e del numero di moli  $n$ , nonché l'eventuale errore sistematico in percentuale (di cui mi do vanto, essendo veramente minimo).

V: Tale analisi è assai chiara, Physicus.

P: Inoltre, io son sicuro che questa legge è valida in molteplici casi, io stesso la verificai più e più volte! Essa, infatti, è vera anche nel caso di una dilatazione dello spazio dell'aria.

F: Io me ne dispiaccio Physicus, ma trovo comunque i tuoi ragionamenti un po' deboluzzi. Come dai forza alle tue tesi nel caso di un'immersione subacquea, ad esempio? Mi sprimo meglio: quando ci si cala nell'acqua, a profondità non indifferenti, è noto che l'uomo provi un fastidioso dolore dovuto alla pressione che aumenta più si scende. Non significa ciò che la pressione varia? Ma il volume interno del corpo è lo stesso! Come è spiegato questo fatto dalla tua legge, se essa afferma la dipendenza tra i due valori? Ci deve essere un qualche errore.

P: Molto ragionevolmente hai tu dubitato, Fidus, ma or ti darò una spiegazione a ciò che mi dici: in acqua, subisci una pressione ulteriore, quella dell'acqua stessa; più si scende, più la massa che ti sovrasta, aumenta la pressione sul tuo corpo e altresì il dolore. Pensate ch'e', se sulla superficie terrestre la pressione è pari ad una atmosfera, a soli dieci metri di profondità, è già doppia rispetto alla precedente. Nel caso da te esposto, quindi, le variazioni di pressione non traggon la loro origine da una variazione del volume del corpo, ma altresì dall'aumento del peso delle incumbenti acque. Inoltre, talora si scendesse a profondità più significative, il corpo umano subirebbe sì una variazione nel suo volume, rimanendo tosto schiacciato come una sogliola!

V: E che ci dici dei grandi cetacei che dominano i mari? Loro forse sono indifferenti a tali pressioni? La lor maestosa stazza non si ridurrebbe certo a quella di una triste sogliola secca secca, talora decidessero di scendere qualche metruzzo in più!

P: Questione di proporzioni e di evoluzione, Varius! Tali favolosi mostri sono cresciuti a quelle profondità, ed hanno sviluppato un organismo in grado di sopravvivere alle peculiarità di quell'ambiente. È elementare!

F: E come spieghi, invece, la variazione di grandezza di una bolla d'aria in acqua che risale veloce verso la superficie? Non erro nel dire che la pressione relativa a codeste masse d'aria rimane stabile? È vero però che il volume aumenta, ne sono sicuro, io stesso l'osservo quando mi sciacquo un poco nella mia tinozza da bagno!

V: Se ben ho inteso le parole di Physicus, saprò fornirti una motivazione: non la pressione della bolla, ma la pressione agente sulla bolla durante la risalita, diminuirà pari pari con la profondità delle acque; sicché, per la qual cosa, l'aria amplierà sempre di più gli spazi in cui essa è costretta dalla potente forza esercitata dalle masse d'acqua. Forse mi sbaglio?

P: Non avrei saputo meglio esprimere il concetto. Le tue parole sono veritiere in assoluto!

F: Senza dubbio questo vostro ragionar ha un senso proprio; tuttavia, mi permetto di avvisarvi, che parlare di esse in quanto verità assolute, è assai arduo! Trovo che queste siano semplici chiacchiere tra comari, nonché banalissimi artifici intellettuali per testare la mente propria: in fondo solo all'Eterno sta la verità ultima delle cose, lasciamo a Dio ciò che è di Dio e all'uomo ciò che è umano!

P: Ma mio carissimo Fidus, non fu forse Dio a dar all'umanità il don della ragione? Perché non sfruttarla? Or io con queste scoperte (fatte tramite ragione) onoro il creato, svelando le massime verità celate nella natura del Signore Iddio nostro. Per far chiarezza su questo mondo contingente, le scienze danno prova, tramite sensate esperienze e necessarie dimostrazioni, di leggi immutabili, sempre valide, nonché di una natura perfettamente armonica e matematizzata!

F: Non illuderti Physicus, giammai saranno vere in assoluto codeste leggi: esse, infatti, non spiegano l'essenza unica e stabile dell'aria, né ve ne danno ragione del moto suo grazie ai principi fondamentali della logica. Or tu, nella tua superbia, saprai dirmi del mutamento delle condizioni dell'aria ma, dove sta la verità in ciò? Tu, solo hai trovato un accidente, una determinazione matematica che, pur essendo propria del fenomeno, non ne ordina la sostanza. Tu troverai il vero, quando saprai dirmi quella unità di qualità specifiche, che determinano l'essenza di questo fenomeno, e che appartengono a Dio solo! Poiché egli solo diede ragione della materia caotica ed egli solo è il principio perfetto. Come difatti disse il maestro di pensiero, "conoscibili in massimo grado sono i primi principi e le cause", aggiungendo che "mediante essi si conoscono tutte le altre cose", e concluse affermando che "viceversa essi non si conoscono mediante le cose che sono loro soggette" \*.

P: Ma come chiami allora questa meraviglia di scoperta, se non verità, poiché essa è sempre verificata in ogni contingente? Io debbo rifiutare questo tuo essenzialismo, avendo svelate dinanzi a me queste singolarità!

F: E sia! Ma come puoi tu essere sicuro che essa è verificata in ogni contingente?

V: Non si può...

F: Esatto!

V: Io credo, e in parte so, che le vie per verificar le tesi in ogni contingente, sono ambe fede e ragione: non reputo che l'uomo, solo con l'intelletto suo possa raggiungere una sapienza universale; dovrà necessariamente fare affidamento alla parola d'altri, la meno confutabile tra tutte, poiché non può egli solo, verificare la veridicità dei tutti suoi medesimi pensieri. Alla ragione sarà dato il compito di confermare ciò che è in poter suo, mentre la fede sarà indispensabile per risolvere gli altri lemmi che la ragione non può sbrogliare; infatti, come è noto che disse Fra Agostino, *credere est cum assensione cogitare*, invero la fede altro non è che l'affidamento ad una verità da altri professata, ritenendola razionale. Indi, bisogna sì aver fede in una rivelazione dell'essenza dall'alto!

F: Ti do ragione, l'umanità necessita dei miracoli divini! Inoltre, Physicus, mostrotti qui ed ora che hai torto! Non mi credi? Dimandollo a 'l monaco cuoco del monastero mio, anch'egli studioso di queste moderne teorie scientifiche: rammendo che mise alla prova questa tua ipotesi, ripetendo lo sperimento spiegato da te in precedenza; ed indovina?! È risultato falso il principio tanto adulato!

P: Impossibile!

F: Possibilissimo! Te ne darò prova mostrandoti le analisi fatte! ... Ma dove sono finite? ... Messer Narratore, mi aiuti: mi passerebbe gentilmente gli appunti del mio caro confratello?

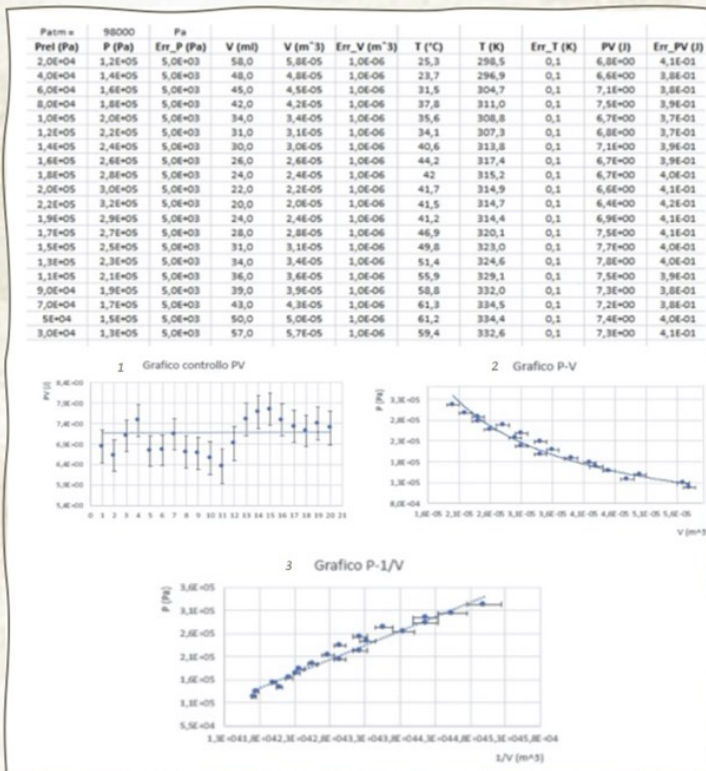
N: Agli ordini Padre Fidus, eccoveli.

F: Ah la ringrazio, ... ah sì, ecco! Osservate i risultati:

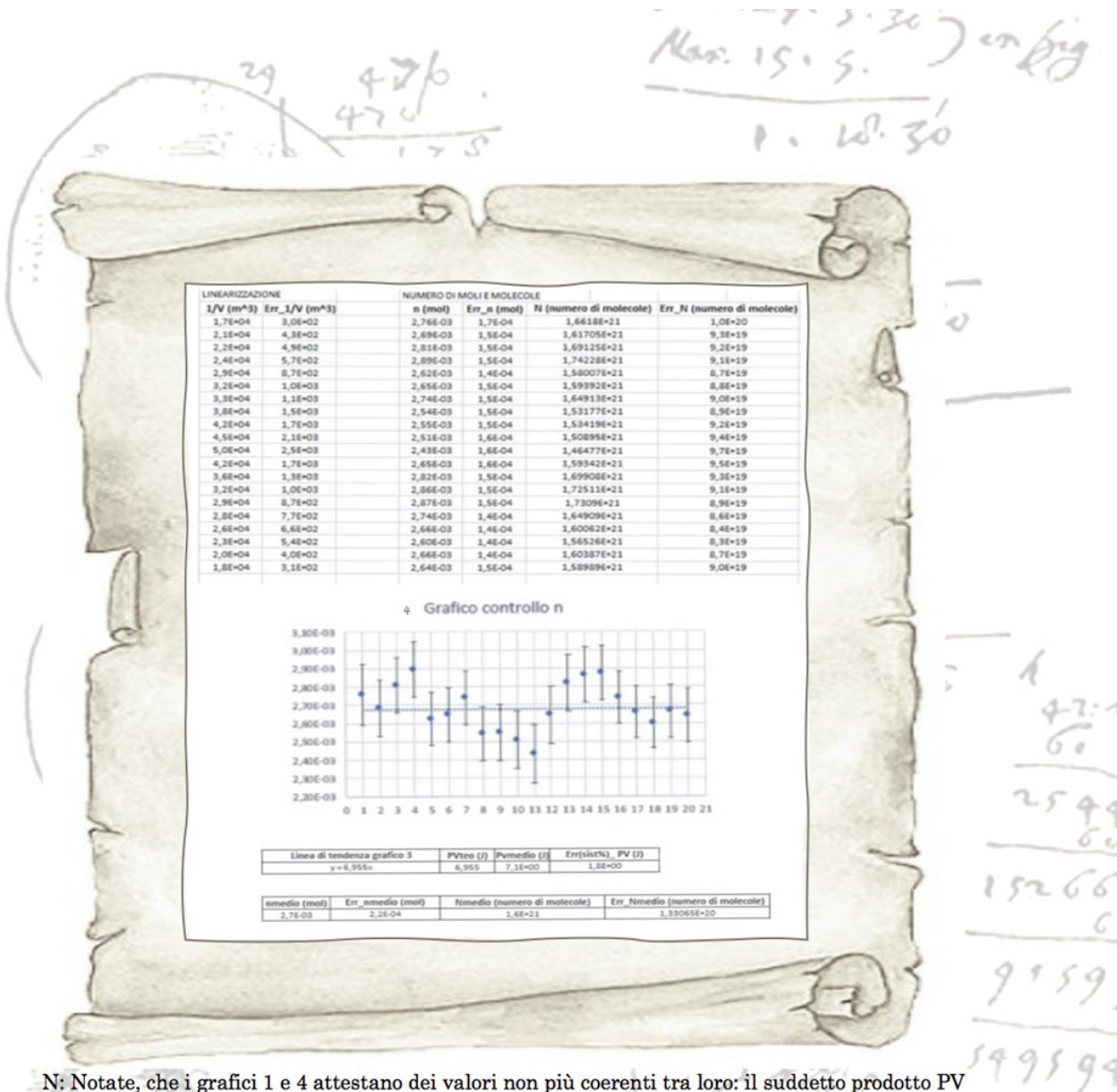
\*METAFISICA, Aristotele 2, 982 a 29, b 22

## Osservazioni sulla validità della legge boyleiana

Giacché tanto scalpore fece cotesta teoria, la misi io medesimo alla prova, un po' per diletto e curiosità, un po' per dispetto. Riporto qui in seguito i risultati che ottenni, confutando sì la legge di Boyle.



29  
 47/6  
 47/6  
 175  
 Mar. 15. 5.  
 1. 18. 30  
 42.1  
 60  
 2544  
 60  
 15266  
 6  
 9159  
 599599



N: Notate, che i grafici 1 e 4 attestano dei valori non più coerenti tra loro: il suddetto prodotto PV varia in continuazione et sì il numero di moli n; inoltre, i punti sperimentali non appartengono più, entro li errori, a quella retta parallela allo asse x. La tua legge di Boyle ha fatto cilecca!

P: Ah, or comprendo perché lo sperimento non riuscì al confratello tuo! Permettimi di porti una domanda: dove è solito compier le sue misurazioni lo tuo collega?

F: In cucina, vicino al forno dove cuoce il pane quotidiano. La scienza è per lui come un diletto da esercitar nel tempo libero, tra un sermo e la Prima e la Sesta, o tra la Ratio studiorum e gli esercizi spirituali...

P: Ecco! La ragion per cui l'esperimento non venne è che la temperatura non rimase costante nel corso del procedimento: se ragioniam primamente sulla formula  $PV=nRT$ , potrete notare che, essendo R costante, ed n invariato (poiché la valvola rimase chiusa e l'aria non fuoriuscì dal recipiente), il prodotto PV non subirà variazioni se non in relazione ad un  $\Delta T$ , ovvero una significativa variazione della temperatura. Secondariamente, vi spiegherò perché, in mio avviso, la temperatura influenza l'espressione de' valori della pressione e del volume: la temperatura è in realtà indice dell'energia contenuta nell'aria stessa, ne definisce il movimento interno stesso; l'aria più si agita quando la temperatura aumenta, perché deve supportar più energia. Questo moto suo, muterà l'espressione del prodotto PV, e quindi la validità della legge di Boyle!

V: Il tuo pensare è assai estremo, ma ne ammiro l'audacia. Ultimamente, infatti, le scienze progrediscono verso un sapere più grande tramite le nuove teorie, dilatando i confini dello scibile sino ai cieli; io reputo tuttavia, che...

P: Sospendo un momento lo tuo ragionamento, Varius, per chiederti se ti riferisci forse al celebre Galileo De Galilei? Ah, l'ardire delle sue scoperte è miravigliante: supportando le teorie dei grandi maestri Pitagora et Platone, che professano la possibilità di leggere il mondo intero in termini matematici, ei diede prova dello greve inganno di cui l'umanità tutta cadde inconsapevole vittima sin dal primordio.

V: Dottor sì, proprio egli. Io, tuttavia, reputo che il metodo suo (che è il medesimo da te usato, Physicus), non possa esser esteso alla realtà tutta: la scienza non raggiungerà del tutto le verità di spirito, e non risolverà radicalmente le domande sulle questioni ultime. Riconosco però che, se, per volere divino, coteste verità totali saranno donate o suggerite a noi, la ragion potrà possibilmente interpretarle et comprenderle.

P: Ma se la mente sarà tanto arguta da osservare e comprendere 'l vero, si produrrà una conoscenza totalitaria!

V: L'intelletto manterrà difatti una sua capacità propria nel...

F: Di grazia, fermate un poco: Physicus, primamente affermi che l'universo intero è matematica, forse dai pur assenso alle eretiche ipotesi del Pisano, ed or' suggerisci di poter comprendere il Divino con la mente tua sola?

P: Signorsì, in futuro, con l'evoluzione delle scienze, io credo che si potrà. Et aggiungo che Galileo fu 'l maestro del pensiero mio: egli disse che *"La filosofia è sì scritta in questo grandissimo libro che ci sta aperto innanzi agli occhi"*, ma aggiunse anche che *"non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua ne' quali è scritto, la lingua matematica"*.

F: Oh! Che l'Altissimo ti perdoni! Già tu affermasti la possibilità dell'onniscienza (che è di Dio solo), riducendo il creato ad un giuoco mentale da risolvere. Ma ora! Ora il limite è passato: la mente tua è rinzeppa di eresie! Ritruova il senno e abbandona la via della superbia da te intrapresa! Le tue gagliarde tesi e parole non son altro che bazzecole; tu defici di fede e del lume della ragion stessa, che affermi di padroneggiar!

P: Io ti dico in vero, non senza rammarichio, che la scienza sfama la conoscenza totale, ed è come latte di gallina. Ma comprendo che l'orzo non è fatto per gli asini.

V: I toni si stan scaldando!

F: Ah, eretico! Lestofante! Mascalzone!

P: Tu m'offendi! Cerchi forse riotte?

F: Tu primo le hai volute!

...

N: Lasciam ai posteri l'ardua sentenza; anche se, come ben potete immaginare, la situazione degenerò in un'imbarazzante zuffa. Ma in fondo, già si sapeva: i comodi paradigmi che delineano il panorama delle conoscenze di un momento, educano intere generazioni, e le fanno crescere in un abbraccio sicuro e confortante, incrostando le genti alle nozioni del loro tempo; ma quando i dogmi di questi paradigmi cedono sotto i colpi dell'evidenza, è il caos: l'umanità percepisce la terra mancare sotto i piedi, vagando così senza meta, alla ricerca di un senso, in una realtà divenuta tutto ad un tratto sconosciuta e oscura. Ciò avviene fino all'avvento di un nuovo paradigma, che si scontrerà necessariamente con il precedente: il riscontro che avranno questi due paradigmi nella società, determinerà infine un nuovo punto di inizio. Questo è un po' ciò che è successo ai nostri tre protagonisti: non può esistere comunicazione tra due menti che parlano due lingue differenti, e, a meno che non si sforzino di trovare un punto d'incontro che permetta la discussione, arriveranno prima o poi allo scontro. Ma ah, che meraviglia è la scienza in fondo: è un dinamico evolversi, un continuo alternarsi tra consapevolezza ed incertezza (se non ignoranza) che aiuta l'uomo a sopravvivere e a realizzarsi; pare quasi un infinito progredire verso la perfezione, anche se, dopo tutto, solo a Dio è dato sapere quale sia la verità alla fine del tunnel. Per ora, l'uomo può solo procedere per tentativi, ed è per questo, che auguro a coloro che ancora stan prestando attenzione (e li ringrazio), di allenare la mente a rimanere aperta, flessibile, e razionale: che le vostre opinioni siano fondate, sappiate dare il giusto peso ad esse, e siate disponibili al confronto e al cambiamento, perché questa meravigliosa realtà multi variegata e forse un po' matta, ha sempre in serbo per noi altri qualche novità pronta a sconvolgere la quotidianità delle nostre vite...

Ma non è forse anche questo il suo bello??

\*Il Saggiatore, Galileo Galilei, cap. VI

