

**Relazione tra storia e didattica della fisica:
aspetti concettuali e motivazionali
nell'utilizzo della storia per l'apprendimento
in fisica e per la formazione degli insegnanti**

Matteo Leone

Università di Torino

Progetto CRC “Officina Didattica”

I.C. Mondovì 2

31 marzo 2017

- Storia delle scienze e didattica
- La pressione nei fluidi
- Galileo, Torricelli, Pascal



"Nothing yet. ...How about you, Newton?"

Gary Larson

storia delle scienze e didattica

A parole, il MIUR si aspetta questo dallo studente liceale:

FISICA

LINEE GENERALI E COMPETENZE

Al termine del percorso liceale lo studente avrà appreso i concetti fondamentali della fisica, le leggi e le teorie che li esplicitano, acquisendo consapevolezza del valore conoscitivo della disciplina e del nesso tra lo sviluppo della conoscenza fisica ed il contesto storico e filosofico in cui essa si è sviluppata.

storia delle scienze e didattica

Le **Indicazioni Nazionali** sul primo ciclo di istruzione non citano esplicitamente la storia nella didattica delle scienze ... a differenza dei Programmi della scuola elementare del 1985

Scienze – Indicazioni didattiche

[...] L'insegnante cercherà di fare emergere dalle discussioni di gruppo gli eventuali errori compiuti nell'attività di ricerca e nella conseguente interpretazione dei risultati. Ciò in relazione alla necessità di motivare negli alunni il superamento di quegli errori. La motivazione potrà essere **rafforzata anche facendo richiamo alla storia della scienza**: vi si troveranno molti riferimenti a progressi che si sono verificati proprio in conseguenza dell'accertata inadeguatezza di spiegazioni date in precedenza sulla base di conoscenze e tecniche di indagini più limitate,₅

storia delle scienze e didattica

- Quale ruolo per la storia delle scienze nella didattica?

mera cronaca delle scoperte scientifiche e/o
medaglioni biografici di grandi scienziati

strumento motivazionale
(attitudine verso la scienza) e
culturale (natura della scienza)

strumento metodologico per
diagnosticare e superare difficoltà
concettuali degli studenti

storia delle scienze e didattica

... promuove una **migliore comprensione dei concetti scientifici e del metodo scientifico**

- Se istituzioni sociali, costume, letteratura, arte, filosofia si comprendono meglio studiandone l'evoluzione storica, perché non dovrebbe avvenire lo stesso per la produzione scientifica?
- *“penso che lo studio della storia di un campo disciplinare sia la maniera migliore di acquistare comprensione dei suoi concetti”*

[Mayr, The growth of biological thought, 1982]

storia delle scienze e didattica

... rende la fisica **meno astratta e più “appassionante”**

- anche se è controverso l'uso delle **biografie scientifiche** a fini didattici ...
- ... dare carne e sangue a leggi e principi, raccontare quanto umani fossero nelle loro virtù e vizi scopritori di leggi e inventori di strumenti, contribuisce a rendere più viva la trasmissione del sapere scientifico

storia delle scienze e didattica

... promuove la formazione di **pensiero critico**

- Studiare la storia della disciplina *“non è un tentativo di evitare la scienza seria dura, anzi il contrario. Capire quello che è successo richiede sforzo e, in più, è accattivante per gli studenti”*
- *“Lo studente edotto in questo modo contestuale può comprendere meglio la natura della scienza e ha qualcosa da ricordare molto tempo dopo aver dimenticato – ad es. – l’equazione per trovare il periodo del pendolo”*

[Matthews, Science Teaching, 1994]

storia delle scienze e didattica

... conduce all'acquisizione di alcune **competenze chiave**

- lettura e comprensione critica delle fonti primarie
 - capacità di formulare e difendere un argomento attraverso ricostruzione storica di dibattiti e dispute scientifiche
 - conoscenza critica dei paradigmi scientifici che si sono succeduti nei secoli
 - risolvere problemi
 - acquisire e interpretare l'informazione
 - comunicare
 - individuare collegamenti e relazioni
 - agire in modo autonomo e responsabile
-

storia delle scienze e didattica

... possiede un efficace **valore meta-cognitivo**

- illustra i **modi di funzionare del pensiero scientifico**
- sollecita la riflessione sui **processi mentali di chi apprende**



Our problem, from the point of view of psychology and from the point of view of genetic epistemology, is to explain how the transition is made from a lower level of knowledge to a level that is judged to be higher.

(Jean Piaget)

izquotes.com

storia delle scienze e didattica

paradigma costruttivista della science education

storia della scienza come
bacino di materiale educativo
attraverso il quale stimolare il
cambiamento concettuale
negli studenti

storia della scienza come fonte
informativa per prevedere le
idee alternative degli studenti

analogia tra percorso storico delle idee scientifiche e
idee spontanee degli studenti

storia delle scienze e didattica

Alcuni esempi di ricerche sulle analogie tra concezioni degli studenti ed evoluzione storica delle idee scientifiche

- **Meccanica:** *antiperistasis* (Aristotele) \Rightarrow *impetus* (Buridano) \Rightarrow *inerzia* (Newton) (Piaget & Garcia 1983; Nersessian 1989)
- **Ottica:** teorie della visione emissioniste e immissioniste \Rightarrow Alhazen \Rightarrow Keplero (Galili & Hazan 2000, de Hosson 2004; Dedes 2005)
- **Termodinamica:** concetti di temperatura e calore: Accademici del Cimento \Rightarrow Joseph Black (Wiser & Carey 1983)
- ...

storia delle scienze e didattica

*“Gli importanti lavori [di Piaget] sulle nozioni di tempo, di spazio, di velocità e sulla realtà stessa, nel bambino, hanno costantemente rivelato **sorprendenti parallelismi** con le concezioni sostenute da uomini di scienza di epoche precedenti.”*

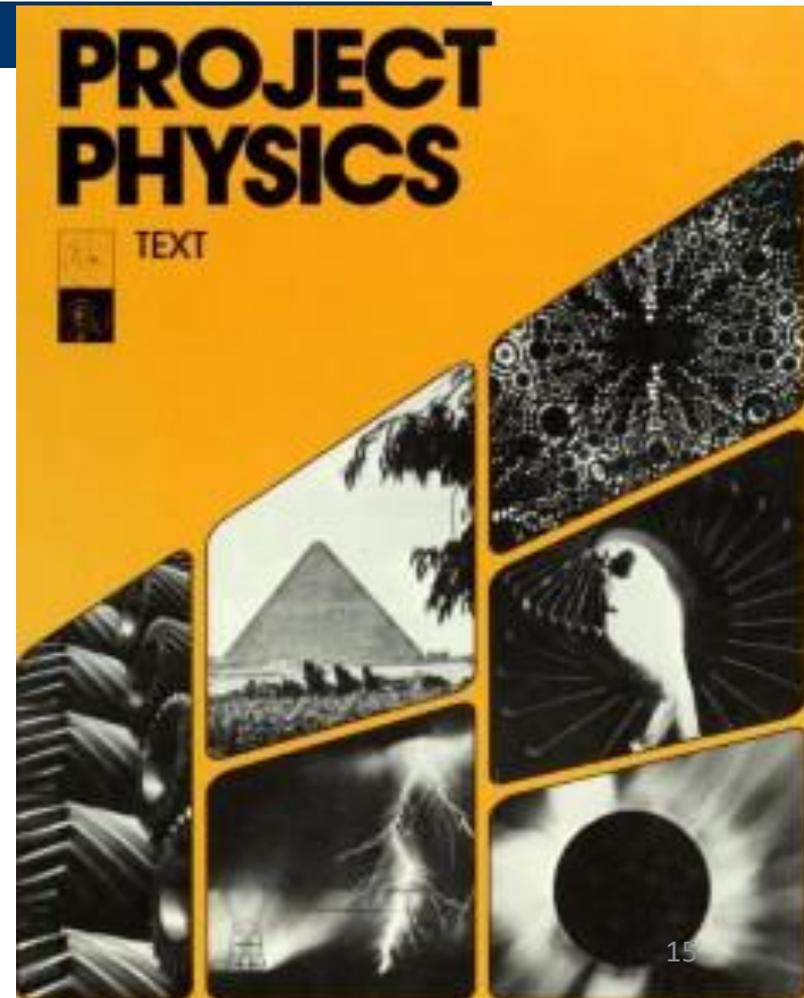
T. Kuhn, *La tensione essenziale*, 1985

→ *“Una parte di quello che so **sul modo di porre domande a studiosi ormai scomparsi**, l’ho imparato esaminando gli interrogatori di Piaget con i bambini”*

storia delle scienze e didattica

Problemi

- La storia della fisica a scuola non può essere somministrata con un approccio additivo, come **carico ulteriore al curriculum in vigore**
- Esperienze come l'**Harvard Physics Course**, che hanno provato a strutturare un corso di fisica su base storica hanno mostrato luci e ombre e, in pratica, sono state abbandonate



storia delle scienze e didattica

Soluzione (in prospettiva)

- Realizzazione di **compendi di studi di caso storico**, caratterizzati da
 - **contenuto cognitivo scientifico** utile a rinforzare i concetti che gli studenti studiano nei loro manuali scolastici
 - **valore meta-cognitivo** utile a dirci qualcosa sul pensiero degli studenti(Materiali interessanti in riviste come **Science & Education**, organo dell'IHPST - International History, Philosophy, and Science Teaching Group)

Volume 13 · Number 4 · April 2014

Science & Education

Contributions from History, Philosophy
and Sociology of Science and Education



Editor: Michael R. Matthews

Thematic Issue:
History of Science in Museums

Guest Editors:
Anastasia Filippopoulou · Dimitris Koliopoulos

la pressione nei fluidi

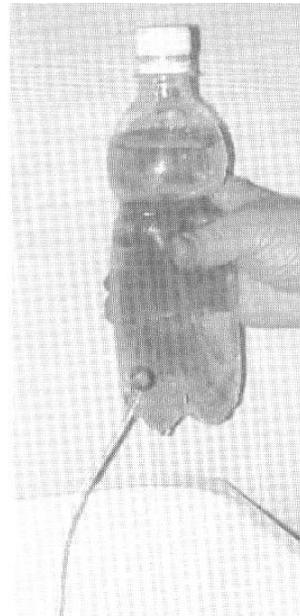
- in un fluido, la pressione si trasmette invariata a tutti i punti e in tutte le direzioni fino alle pareti del recipiente (*legge di Pascal*)
- in un gas, se si aumenta la pressione diminuisce il volume (*legge di Boyle*)
- in un fluido, la pressione aumenta con la profondità (*legge di Stevino*),
- un fluido si muove *dai punti a pressione maggiore verso quelli a pressione minore*.

la pressione nei fluidi

- Legge di Boyle



la pressione nei fluidi



Zampilli

Occorrono delle bottigliette di plastica, possibilmente di diversa capacità, e delle vaschette. In ogni bottiglietta va aperto un foro sulla parete laterale, vicino al fondo: i fori debbono essere molto simili fra di loro, per poter confrontare gli zampilli. Dovrebbe esserci una vaschetta e una bottiglietta per ogni gruppo di due-tre bambini.

a) I bambini riempiono di acqua la bottiglietta, mentre uno di loro tiene il foro chiuso con un dito, poi la tappano e si spostano in modo che la bottiglia stia sopra la vaschetta. A questo punto, il bambino toglie il dito dal foro; l'acqua esce per brevissimo tempo, poi si blocca. Schiacciando la bottiglietta con le mani, l'acqua riprende a uscire, con uno zampillo tanto più forte quanto più si preme.

- bottiglietta tappata:

$$p_{\text{int}} = p_{\text{ext}} \rightarrow \text{l'acqua non si sposta}$$

- bottiglietta tappata e schiacciata:

$$p_{\text{int}} > p_{\text{ext}} \rightarrow \text{l'acqua esce}$$

$$\Delta p \Rightarrow \text{movimento}$$

la pressione nei fluidi

- la **legge di Boyle** spiega cosa succede :
→ volume e pressione sono inversamente proporz. ($pV = \text{cost}$)

$$p : p_a = V_a : V$$

p_a = pressione atmosferica

V_a = volume aria intrappolata nella bottiglietta

p = pressione dell'aria quando si schiaccia la bottiglia

V = volume dell'aria quando si schiaccia la bottiglia

- es. se schiacciando (lentamente) riduciamo il volume del 10%

$$p = p_a \frac{V_a}{V} = p_a \frac{V_a}{0,9 V_a} = \frac{p_a}{0,9} \approx 1,1 p_a \quad \rightarrow \quad \text{l'acqua esce dalla bottiglia!}$$

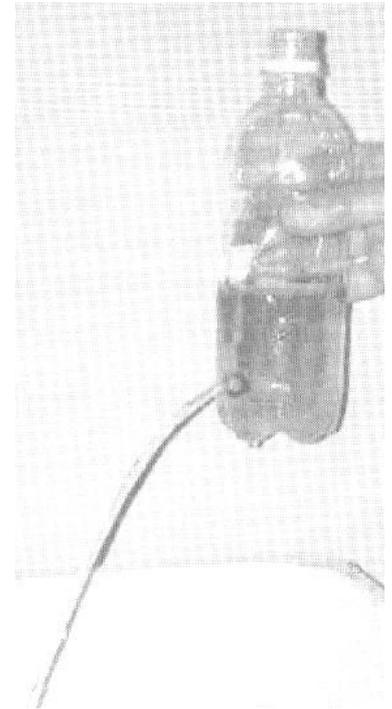
la pressione nei fluidi

- b) Si riempie nuovamente la bottiglietta, ma ora, dopo essersi spostato sopra la vaschetta e aver tolto il dito dal foro, il bambino svita anche il tappo; l'acqua uscirà all'inizio con uno zampillo molto forte, ma, via via che scende il livello dell'acqua, la gittata dello zampillo si riduce progressivamente.
- c) Dopo una discussione fra i diversi gruppi, si ripete l'osservazione in modo da verificare se la gittata dello zampillo dipende solo dal livello dell'acqua oppure anche dalle dimensioni della bottiglia. Si riempiono perciò tutte le bottiglie fino allo stesso livello e si confrontano fra di loro gli zampilli di bottiglie di dimensioni diverse, ad esempio di una bottiglia da mezzo litro e di una da un litro e mezzo; a parità di livello dell'acqua, gli zampilli sono uguali.

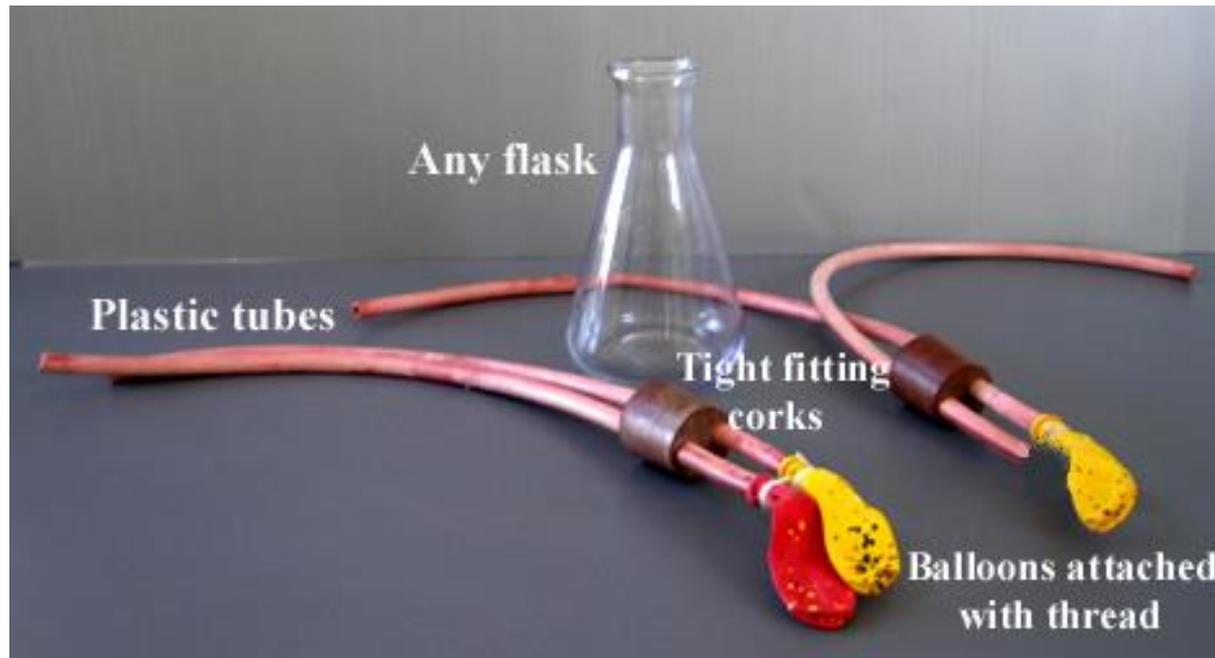
- bottiglietta stappata:

$$p_{\text{int}} (\text{aria+acqua}) > p_{\text{ext}} (\text{aria})$$

→ l'acqua esce



la pressione nei fluidi



Pressure Magic!

<http://www.arvindguptatoys.com/toys/pressure.html>

la pressione nei fluidi

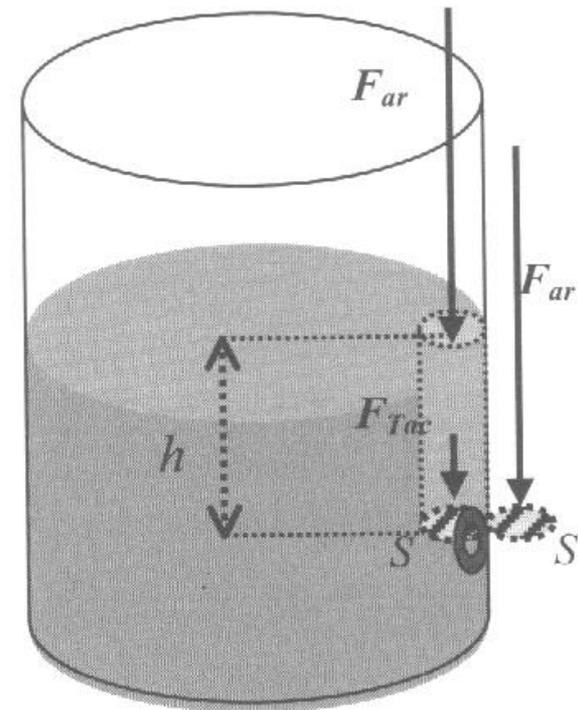
- **Legge di Stevino**

→ la pressione in un fluido cresce con la profondità: $p_h = p_{atm} + dgh$ ←

→ a 10 m di profondità la pressione è il doppio di quella atmosferica (la forza-peso di una colonna d'acqua di 10 m esercita una p pari a quella atmosferica)

$$p_{atm} \sim 10^5 \text{ Pa}$$

$$dgh \sim 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = 10^5 \text{ Pa}$$



la pressione nei fluidi

Gli zampilli intelligenti

Materiale: alcune bottigliette di plastica da 1/2 litro, un chiodo caldo, acqua.

Procedimento: praticate, nella parete laterale delle bottigliette, dei fori di qualche mm di diametro, aiutandovi con il chiodo caldo. In particolare preparate una bottiglietta con almeno due fori che siano circa allo stesso livello vicino al fondo della bottiglia (figura di destra); preparatene anche un'altra con alcuni fori uno sopra l'altro (figura di sinistra).

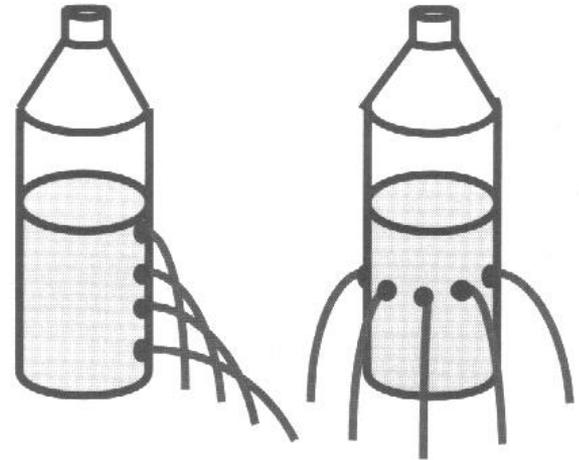
Tappate i fori con del mastice o dello scotch, riempite le bottigliette, chiudetele e mettetele sopra una vaschetta (in modo da non bagnare quando l'acqua fuoriesce).

- Togliete il mastice o lo scotch usato per chiudere i fori alla bottiglietta con i fori allo stesso livello, lasciandola però tappata: osserverete che, dopo una piccola fuoriuscita, l'acqua rimane bloccata.
- Fate la stessa cosa con la bottiglietta che ha i fori a diversi livelli, lasciandola però tappata: che cosa osservate in questo caso?
- Togliete ora i tappi e osservate gli zampilli: dovrete osservare qualcosa di simile a quanto mostrato nelle figure.

Domande:

- perché, finché c'è il tappo, l'acqua non esce se i fori della bottiglietta sono allo stesso livello?
- perché, finché c'è il tappo, l'acqua esce solo dai fori in basso se essi sono a diverso livello?
- perché gli zampilli che escono dai fori che sono allo stesso livello vanno alla stessa distanza?
- perché gli zampilli che escono dai fori che sono più in alto vanno meno distanti di quelli che escono dai fori in basso?

Dovreste riconoscere: le leggi di Pascal, di Stevino, di Boyle e la legge secondo la quale l'acqua si muove dai punti a pressione maggiore a quelli a pressione minore (. . . ma se la pressione è la stessa, l'acqua non si muove per nulla!)



la pressione nei fluidi



Height Might

<http://www.arvindguptatoys.com/toys/waterp.html>

la pressione nei fluidi

Il fatto che la p_{atm} sia così alta spiega quello che succede negli exp con bicchieri capovolti nell'acqua

- nel bicchiere “vuoto”, capovolto e immerso nell'acqua, l'acqua non entra perché la pressione di pochi cm d'acqua è assai inferiore rispetto alla p_{atm}
- nel bicchiere pieno d'acqua, capovolto e tirato su dal fondo, l'acqua non scende perché la p_{atm} è in grado di “reggere” una colonna d'acqua di 10 m e quindi, a maggior ragione, anche i pochi cm d'acqua nel bicchiere

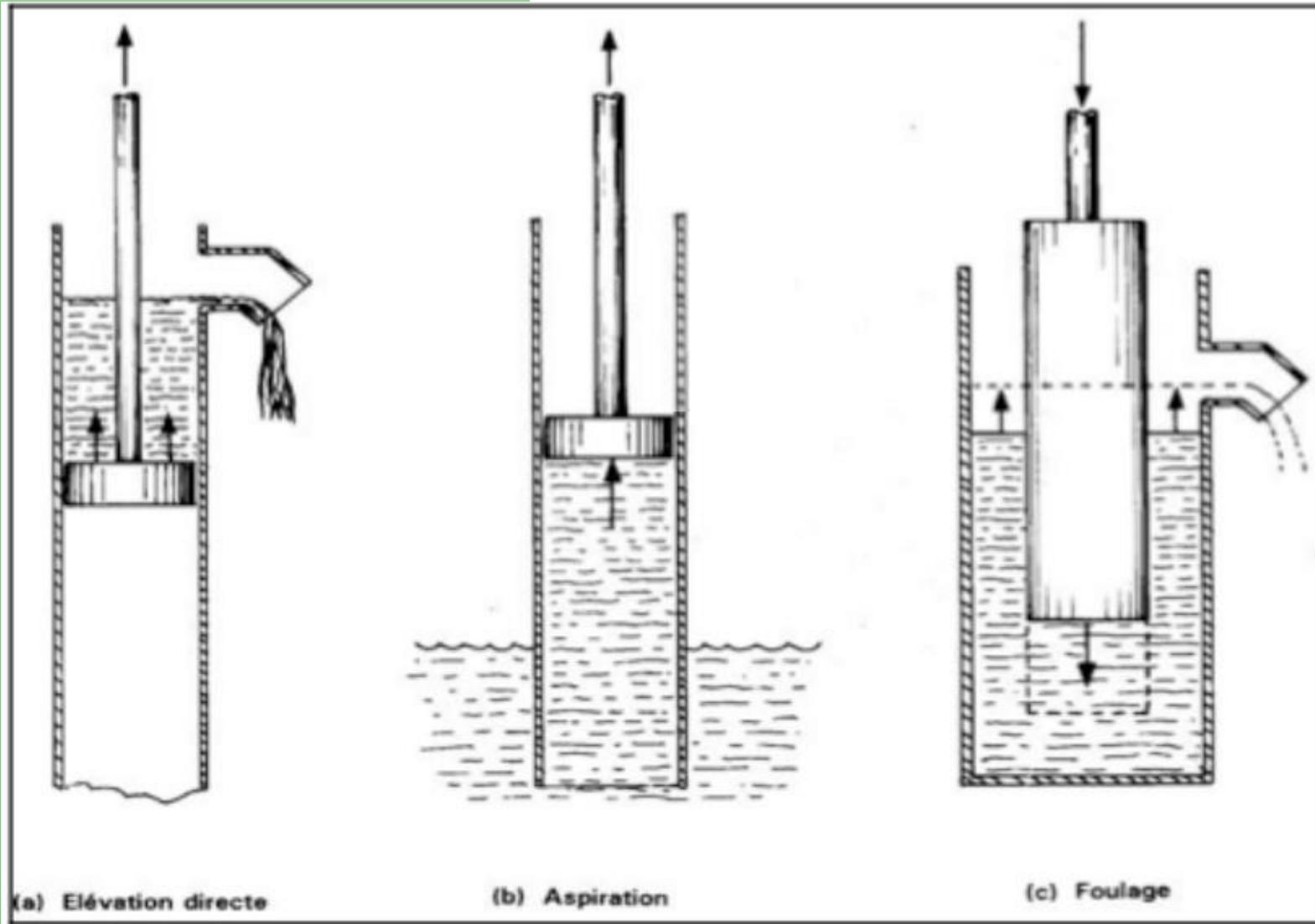
Galileo, Torricelli, Pascal

- Le idee degli scienziati del passato, e le difficoltà da loro incontrate nell'interpretare questi fenomeni, ci illuminano sulle difficoltà incontrate dagli studenti di oggi
- Es. **Galileo (1638)** è colpito da un fatto curioso:
 - non è possibile sollevare l'acqua contenuta in una cisterna se l'altezza è superiore alle **18 braccia** (ca. 10,5 m)!

Galileo, Torricelli, Pascal

- “[...] la causa di un effetto che lungo tempo m’ha tenuto la mente ingombrata di maraviglia e vota d’intelligenza. Osservai già una cisterna, nella quale, per trarne l’acqua, fu fatta fare una tromba, da chi forse credeva, ma vanamente, di poterne cavar con minor fatica l’istessa o maggior quantità che con le secchie ordinarie; ed ha questa tromba il suo stantuffo e animella su alta, **sì che l’acqua si fa salire per attrazione, e non per impulso**, come fanno le trombe che hanno l’ordigno da basso.”

(Galileo, *Discorsi intorno a due nuove scienze*, Giornata Prima, 1638)



Galileo, Torricelli, Pascal

- “Questa, sin che nella citerna vi è acqua sino ad una determinata altezza, la tira abbondantemente; ma quando l’acqua abbassa oltre a un determinato segno, la tromba non lavora più. Io credetti, la prima volta che osservai tale accidente, che l’ordigno fusse guasto; e trovato il maestro acciò lo raccomandasse, mi disse che non vi era altrimenti difetto alcuno, fuor che nell’acqua, la quale, essendosi abbassata troppo, non pativa d’esseralzata a tanta altezza; e mi soggiunse, **né con trombe, né con altra machina che sollevi l’acqua per attrazione, esser possibile farla montare un capello più di diciotto braccia:** e siano le trombe larghe o strette, questa è la misura dell’altezza limitatissima”

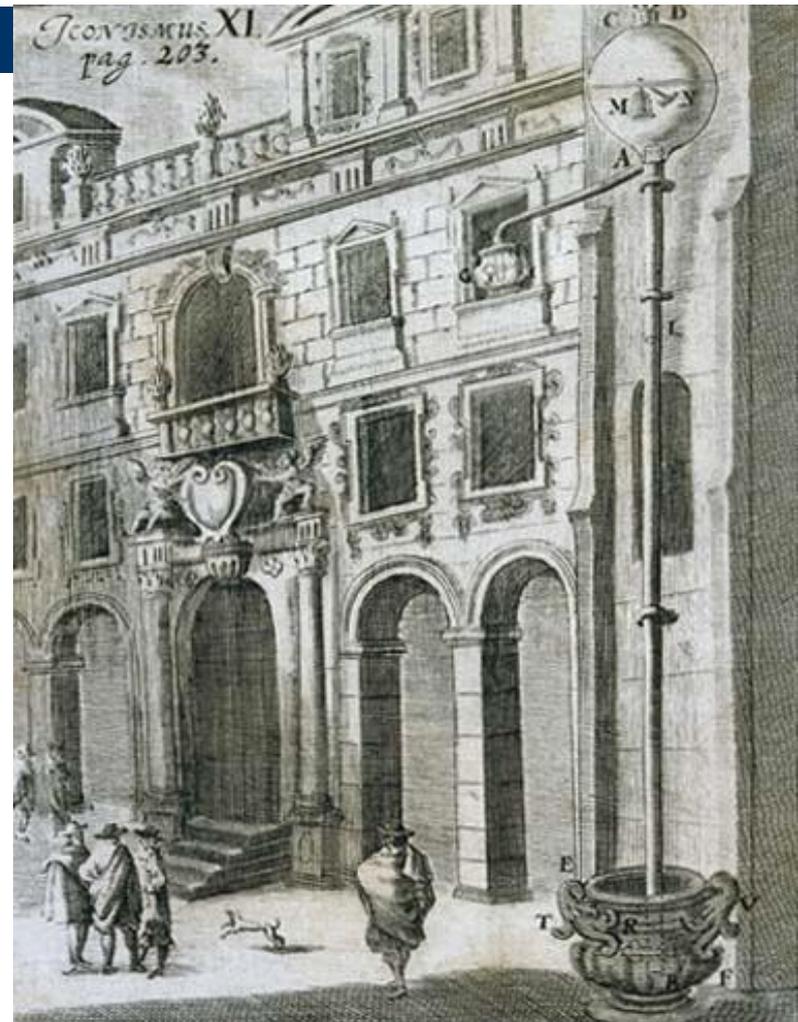
Galileo, Torricelli, Pascal

- “Ed io sin ora sono stato così poco accorto, che, intendendo che una corda, una mazza di legno e una verga di ferro, si può tanto e tanto allungare che finalmente il suo proprio peso la strappi, tenendola attaccata in alto, non mi è sovvenuto che l’istesso, molto più agevolmente, accaderà di una corda o verga di acqua. E che altro è quello che si attrae nella tromba, che **un cilindro di acqua**, il quale, avendo la sua attaccatura di sopra, allungato più e più, finalmente **arriva a quel termine oltre al quale, tirato dal suo già fatto soverchio peso, non altrimenti che se fusse una corda, si strappa?**”

Galileo, Torricelli, Pascal

Gasparo Berti (1643)

- Il matematico romano G. Berti dubitava dell'affermazione di Galileo che l'acqua non potesse essere alzata "un capello più di diciotto braccia"
- Nel suo exp con un tubo metallico lungo 22 braccia fissato alla facciata di un palazzo osserva con piacere che l'acqua rimane a un'altezza ben oltre le 22 braccia ...
- ... fino a quando gli viene fatto osservare che l'altezza va misurata dalla cima del vaso e non dal fondo ...



la pressione nei fluidi



Simple Pump 1

<http://www.arvindguptatoys.com/toys/simple%20pump.html>

Galileo, Torricelli, Pascal

Esperienza di Torricelli (1644)

Torricelli riempì di mercurio un tubo di vetro aperto ad una delle estremità. Poi, tenendo serrata con un dito l'estremità aperta, rovesciò il tubo in una bacinella contenente mercurio. Osservò allora che la colonna di mercurio scendeva solo parzialmente, fermandosi ad un'altezza di circa 76 cm. Torricelli si convinse che lo spazio lasciato libero dalla discesa del mercurio nel tubo fosse vuoto e che il sostentamento della colonna di mercurio dipendesse dalla pressione che l'aria esercitava sul mercurio nella bacinella.



Galileo, Torricelli, Pascal

1647: Blaise Pascal elabora una quantità di variazioni dell'esperimento di Torricelli.

Non si limita a utilizzare il mercurio, ma anche l'acqua e il vino, che, a causa del loro minore peso specifico, richiedevano l'uso di tubi molto più lunghi.

Il vino venne usato per confutare l'opinione di coloro che sostenevano che lo spazio vuoto fosse pieno di sostanza rarefatta. Secondo questa ipotesi, il vino, più alcolico, avrebbe prodotto uno spazio più ampio nella colonna rispetto all'acqua. Gli esperimenti di Pascal approdarono a risultati opposti.

<http://backreaction.blogspot.it/2007/11/blaise-pascal-florin-p-and-puy-de-d.html>

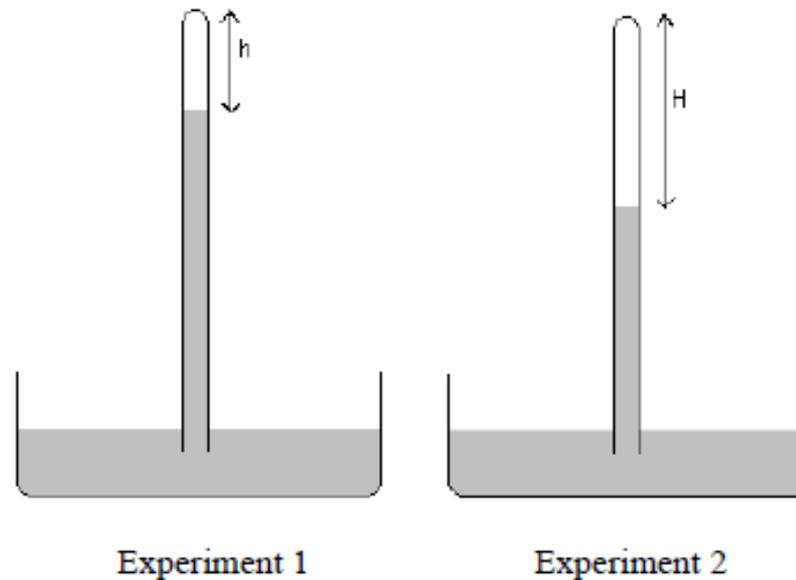


<http://www.bbc.co.uk/arts/yourpaintings/paintings/pascals-experiment-in-the-puy-de-dome-to-test-the-relatio125733>

1648: Florin Périer conduce, dietro indicazioni di suo cognato, **Pascal**, la celebre esperienza sulla cima del monte **Puy-de-Dôme** (ca. 1400 m s.l.m.). L'altezza della colonna di mercurio risulta di 85 mm inferiore rispetto a **Clermont-Ferrand**, alla base della montagna (ca. 400 m s.l.m.).

Galileo, Torricelli, Pascal

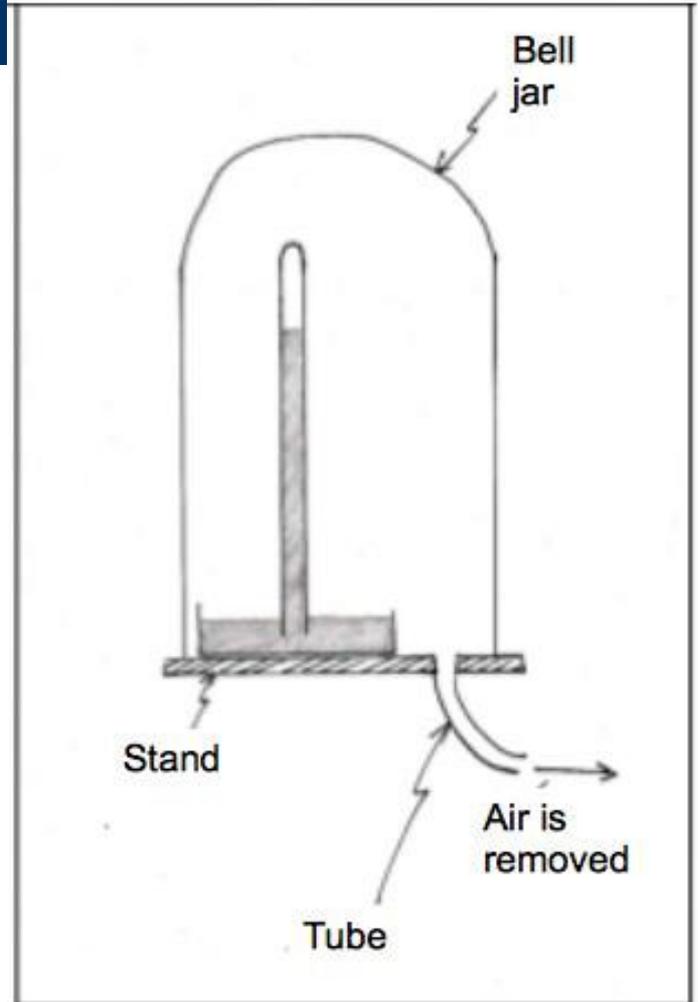
Esperienza di Pascal del Puy-de-Dôme



- Q1: Can you explain the result of the first experiment?
- Q2: What do you think there is in the space at the top of the tube above the mercury?
- Q3: How can you explain the difference between h and H ?

Galileo, Torricelli, Pascal

Sauvage & De Hosson, *Approaching the concept of atmospheric pressure*



la pressione nei fluidi



<http://www.arvindguptatoys.com/toys/Vacuumsuction.html>