

Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"
Raccolta Museale

BILANCIA IDROSTATICA di MOHR-WESTPHAL

La bilancia idrostatica è uno strumento usato per la determinazione della densità (massa/volume) di solidi e liquidi sfruttando il principio di Archimede, con l'elegante sistema di compensazione mediante pesi della "spinta" del liquido in cui è immerso un corpo solido, rispetto all'equilibrio dello stesso corpo nell'aria.

Già nel 1586 Galileo Galilei (1564-1642) nel suo scritto "*La bilancetta*" descrive il progetto di una bilancetta o bilancia idrostatica per la determinazione della gravità specifica di un metallo quando immerso nell'acqua, cioè il peso relativo a un uguale volume d'acqua. Essa era costituita da un dispositivo a leva con fulcro centrale, ai cui estremi andavano appesi rispettivamente un metallo e dall'altra un contrappeso. Galileo realizzò tale dispositivo solo nel 1608 [1].

Le comuni bilance idrostatiche (figura 1) permettono di misurare sia la densità di sostanze solide che liquide. Esse sono normali bilance a due bracci, adattate per poter misurare il peso di un corpo solido sia in aria che immerso in un liquido.

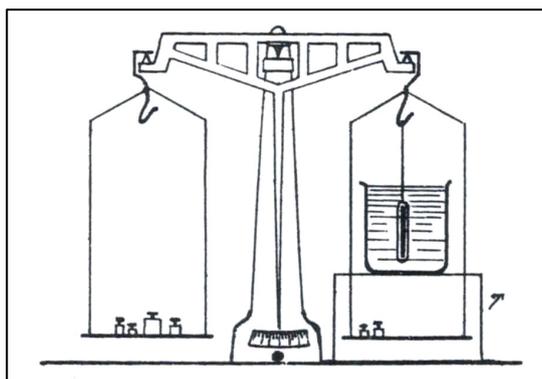


Figura 1- Schema di bilancia idrostatica a 2 piatti. Il tavolino T, che regge il recipiente del liquido, è sagomato in modo da non impedire l'oscillazione dei piatti della bilancia. (adattata da [2])

Nella nostra collezione museale è invece presente una bilancia idrostatica portatile di Mohr-Westphal (figura 2), progettata nel 1832 da Karl Friedrich Mohr (1806-1879) e modificata da Georg Wilhelm Westphal (...-1902) [3].



Figura 2- Bilancia idrostatica di Mohr-Westphal. Ditta Galileo-Sartorius (Armadio D5, inv. 498).

Questa bilancia è capace di fornire, con un'unica misura rapida ma sufficientemente precisa, la *densità relativa* di un liquido rispetto a un liquido di riferimento (in genere l'acqua); la densità relativa è uguale al rapporto tra le densità assolute dei 2 liquidi.

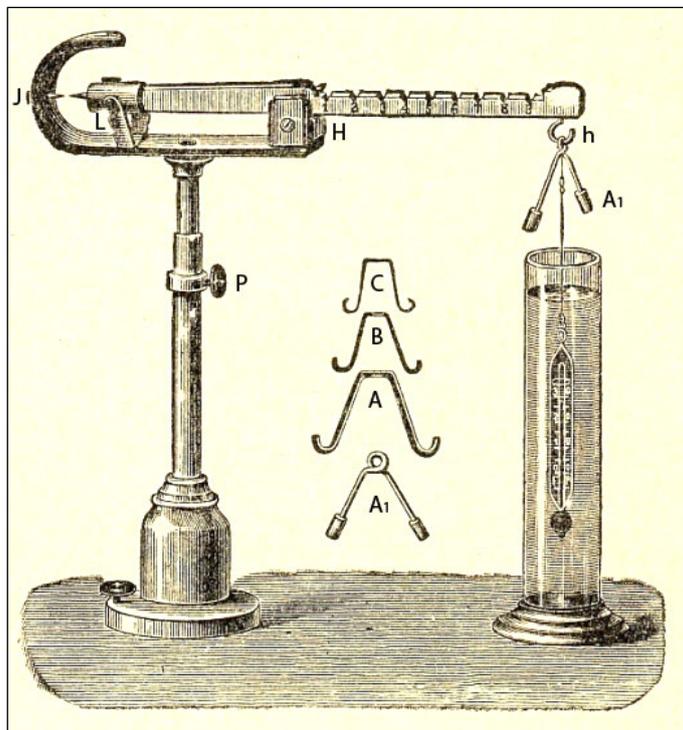


Figura 3 – Bilancia di Mohr (adattata da [4])

La bilancia è del tipo a bracci asimmetrici e senza piatti. E' costituita da un giogo LHh (vedi figura 3) che ha il fulcro in H e un'altezza che si può variare mediante la vite P. Da una parte è appeso un corpo solido detto "immersore" (generalmente costituito da un termometro), dall'altra è presente un peso a vite spostabile lungo il braccio, che consente di equilibrare il peso dell'immersore in aria. La posizione di equilibrio della bilancia è quella per cui la punta del giogo in L si trova esattamente di fronte alla punta J della parte fissa della bilancia. Il braccio Hh è diviso in 10 parti uguali.

Con la bilancia poi sono forniti quattro pesi, i "cavalierini", due dei quali, A e A₁, hanno la stessa massa; gli altri B, C, hanno masse rispettivamente 0,1 e 0,01 volte la massa di A. Il peso del cavalierino A₁ è tale che, appeso all'uncino h ristabilisce l'equilibrio quando l'immersore (termometro) viene completamente immerso in acqua distillata a 15°C, considerata come liquido di riferimento; esso pesa cioè quanto l'acqua spostata dall'immersore ed è perciò uguale al prodotto del volume dell'immersore per la densità dell'acqua. Ne consegue che il cavalierino A quando è posto sulla tacca n del giogo rappresenta un peso pari a n/10 di quello dell'acqua spostata dall'immersore; B ne rappresenta gli n/100 e C gli n/1000.

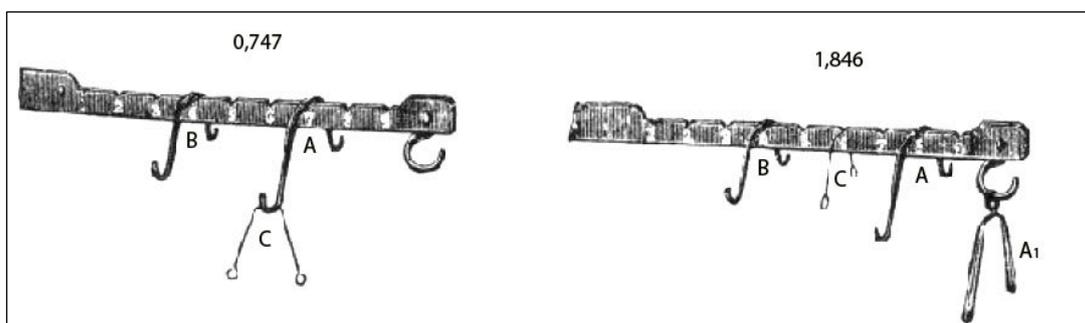


Figura 4 - Particolare del giogo e dei cavalieri della bilancia di Mohr (adattata da [5]).

Ora, se si vuole determinare a una temperatura qualsiasi la densità di un liquido supposto meno denso dell'acqua, basta immergervi l'immersore e collocare sul giogo i cavalierini A, B, C in posizione tale da ristabilire l'equilibrio; i numeri corrispondenti alle posizioni di A, B, C daranno rispettivamente i decimi, i centesimi e i millesimi della densità relativa del liquido incognito (d_{rel}) rispetto a quello di riferimento, cioè:

$$d_{rel} = 0,1 n_A + 0,01 n_B + 0,001 n_C$$

Ad esempio, la situazione di figura 4a corrisponde al valore $d_{rel} = 0,747$.

Per i liquidi più densi dell'acqua, per ristabilire l'equilibrio bisogna appendere all'uncino h il cavaliere A_1 e, lungo il giogo, sulle tacche opportune, gli altri cavalierini A, B e C; la densità relativa è data dall'espressione

$$d_{rel} = 1 + 0,1 n_A + 0,01 n_B + 0,001 n_C$$

La figura 4b corrisponde a una densità relativa di 1,846.

Per ottenere la densità assoluta del liquido incognito, basta moltiplicare la densità relativa misurata come detto sopra per la densità assoluta del liquido di riferimento.

L'apparecchio del nostro museo usa come riferimento la densità assoluta dell'acqua a 15 °C, pari a 0,9991 g/cm³ o 999,1 kg/m³. Altri modelli di bilancia usano come liquido di riferimento l'acqua a 4 °C, che ha una densità di 1,000 g/cm³ o 1000 kg/m³; in tal caso quindi la densità relativa del liquido incognito è numericamente uguale alla sua densità assoluta espressa in g/cm³.

Tabella I. Valori di densità dell'acqua ad alcune temperature tra 0 °C e 30°C [6]

Temperatura (°C)	Densità (g/cm ³)
1	0,9999
4	1,0000
10	0,9997
15	0,9991
20	0,9982
25	0,9970
30	0,9956

Referenze

- [1] - a) Galileo Galilei: "La bilancetta" in *Opere di Galileo Galilei*;
 b) <http://archive.oapd.inaf.it/MOSTRA/NEW/A1003OPE.HTM>
- [2] - G. Morisi Chiorboli, *Riassunti delle lezioni del Corso di Esercitazioni di Chimica Fisica*, A.A. 1958-59, Università di Bologna, pag. 184.
- [3] - a) <https://ilblogdellasci.wordpress.com/2013/08/18/la-bilancia-di-mohr-westphal/>;
 b) <https://everything2.com/title/Westphal+Balance>
- [4] - <http://physik.uibk.ac.at/museum/en/details/mech/mohrwaage.html>
- [5] - www.luindil.it/chimica/archivio/scarica.php?id=45
- [6] - John R. Rumble, ed., *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 98th Edition (Internet Version 2018), CRC Press/Taylor & Francis, Boca Raton, FL. Sez. 6, pag. 7-8.