



scienza attiva®

EDIZIONE 2015/2016  
AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E SOSTENIBILITA'

*L'acqua: proprietà chimico-fisiche e non solo*

Margherita Venturi

Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di  
Chimica



Documento di livello: A

Un progetto di

  
agorà scienza  
centro interuniversitario



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

  
scienza attiva®

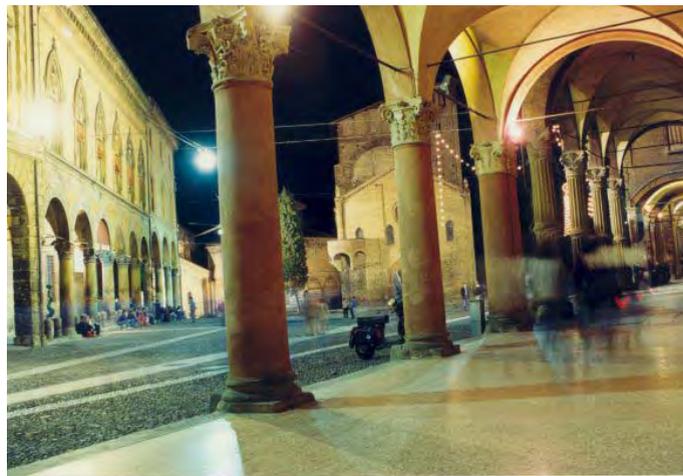
AGORA' SCIENZA - 2011

# Margherita Venturi

Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"

Università di Bologna

*[margherita.venturi@unibo.it](mailto:margherita.venturi@unibo.it)*





***L'ACQUA:***

***proprietà chimico fisiche e non solo***

# Caro studente

nelle pagine che seguono non troverai una vera e propria lezione sull'acqua e le sue proprietà chimici fisiche.

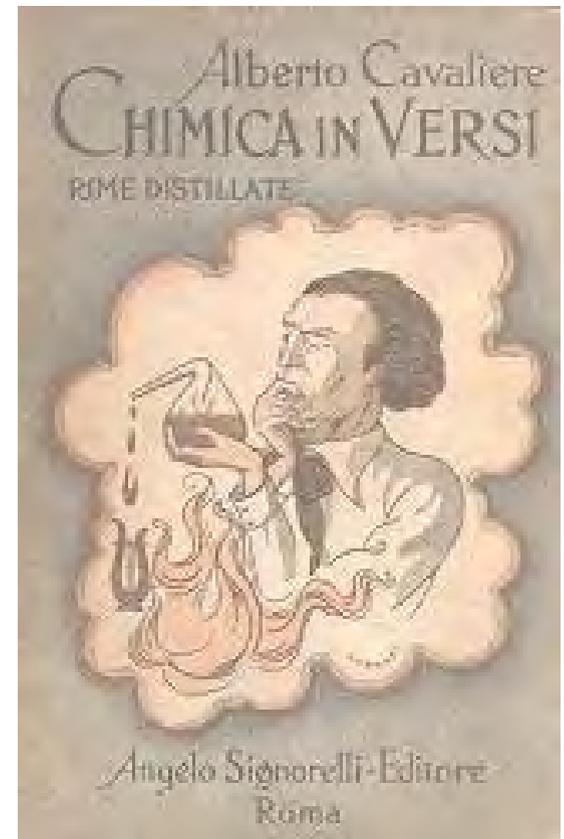
Troverai, infatti, molte domande che spero stimolino la tua curiosità, non solo per cercare la giusta risposta, ma soprattutto per far nascere altre domande.

Questo non significa che voglio sottrarmi al mio compito di docente, perché sarò sempre disponibile a discutere con te!

Sono infatti fermamente convinta che le conoscenze scientifiche durature sono solo quelle che uno studente si costruisce da solo, seguendo un suo percorso mentale nel quale il docente deve influire molto discretamente, come fa un regista che coordina le azioni lasciando però gli attori liberi di esprimersi!

# E ALLORA ... COMINCIAMO IN NOSTRO PERCORSO

leggendo una  
simpatica poesia che  
si trova nel libro  
"La Chimica in versi"  
di Alberto Cavaliere



L'idrogeno,  
se con l'ossigeno  
s'unisce, scoppia,  
ma mai più utile  
si vide coppia,  
ché da quel vincolo  
violento nasce  
il puro liquido  
che i campi pasce,

il fresco nèttare  
che, come sai,  
con arte impiegano  
gli osti e i lattai  
e a cui si debbono  
tante fortune:  
in altri termini,  
l'acqua comune!

Per le sue poco attraenti proprietà  
organolettiche

*liquido trasparente, incolore,  
inodore e insapore*

l'acqua potrebbe essere considerata  
"un qualcosa" del tutto insignificante

In realtà l'acqua è un composto  
straordinario

# La molecola dell'acqua

Dal punto di vista chimico l'acqua è un composto molto semplice. La sua molecola è infatti formata da soli tre atomi: due di idrogeno e uno di ossigeno. La formula dell'acqua è pertanto



Ben pochi composti hanno molecole più piccole o più leggere di quella dell'acqua. Quali, ad esempio?

# Le dimensioni delle molecole

L'unità adatta per misurare le dimensioni delle molecole è il

nanometro

cioè la miliardesima parte del metro

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

Lo spessore di un capello è centomila nanometri

La molecola d'acqua,  $H_2O$ , ha un diametro di soli 0,2 nm

È così piccola che in una gocciolina d'acqua ci sono circa  $10^{21}$  molecole!

Così tante che:

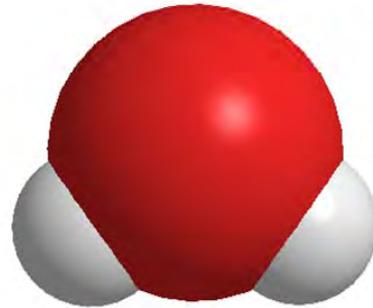
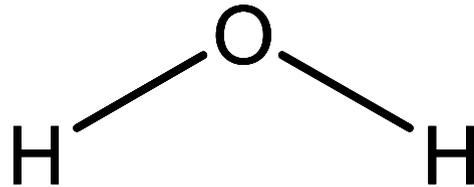
- se potessimo distribuirle fra tutti gli abitanti della Terra, a ciascuno toccherebbero 200 miliardi di molecole
- se potessimo contarle una al secondo, impiegheremmo 30.000 miliardi di anni

La composizione dell'acqua, cioè il fatto che sia formata da due soli elementi, idrogeno e ossigeno, nel rapporto di 2 a 1, è nota da molto tempo

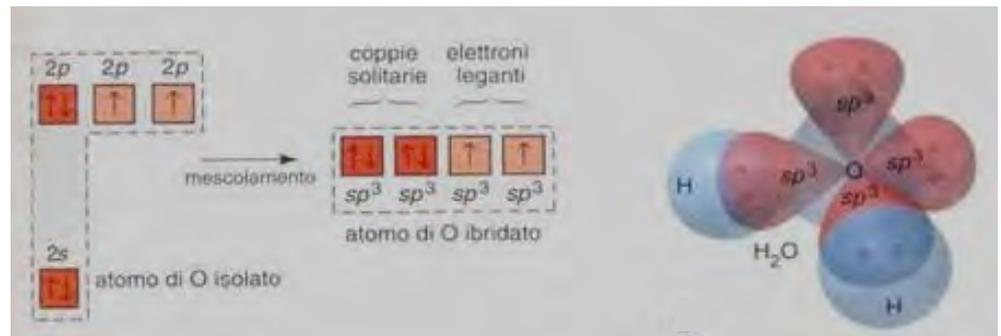
Quali sono stati i primi scienziati ad affrontare il problema della composizione dell'acqua ottenendo risultati tutt'oggi validi?

# La forma della molecola dell'acqua

La molecola dell'acqua è angolare



Come si spiega questa sua forma?



# Proprietà acido-base dell'acqua

L'acqua è sia un acido che una base come messo in evidenza dall'equilibrio



chiamato equilibrio di autoprotolisi

Come si può spiegare questo duplice comportamento dell'acqua?

# Prodotto ionico dell'acqua

Il prodotto ionico dell'acqua,  $K_w$ ,  
espresso dall'equazione

$$K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

a 25 °C assume il valore di  $1 \times 10^{-14} M^2$   
da cui deriva (come?) la relazione

$$14 = pH + pOH$$

Qual è l'importanza di  
questa relazione?

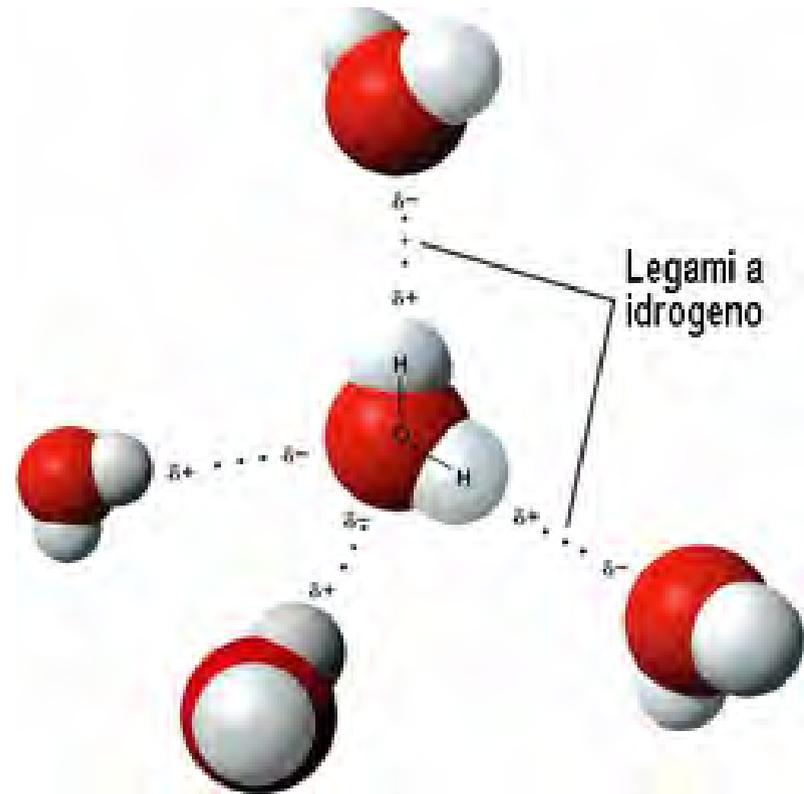


# Legame a idrogeno

La presenza di due coppie di non legame sull'atomo di ossigeno, la forte polarizzazione di ciascun legame O-H e la forma angolare della molecola sono i fattori responsabili dei forti legami ad idrogeno che si instaurano fra le molecole d'acqua

# Legame a idrogeno

Ogni molecola d'acqua è in grado di interagire con altre quattro molecole attraverso la formazione di quattro legami ad idrogeno



# Conseguenze della presenza dei legami a idrogeno

La capacità di dare legami a idrogeno fa sì che l'acqua sia un composto veramente sui generis. Gli scienziati, dal confronto con altri composti che si potrebbero pensare simili, hanno individuato 67 anomalie nel comportamento dell'acqua, alcune delle quali, come vedremo, sono ben note a tutti!

# Anomalie dell'acqua

Alle temperature e alle pressioni dell'ambiente l'acqua si presenta in tutti e tre gli stati di aggregazione

Questo fa sì che la quantità dell'acqua sulla Terra rimanga pressoché costante. Come?



# Anomalie dell'acqua

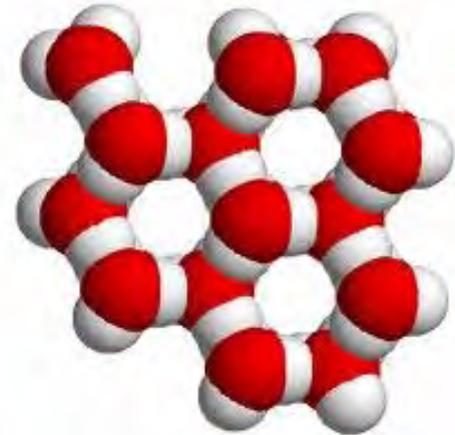
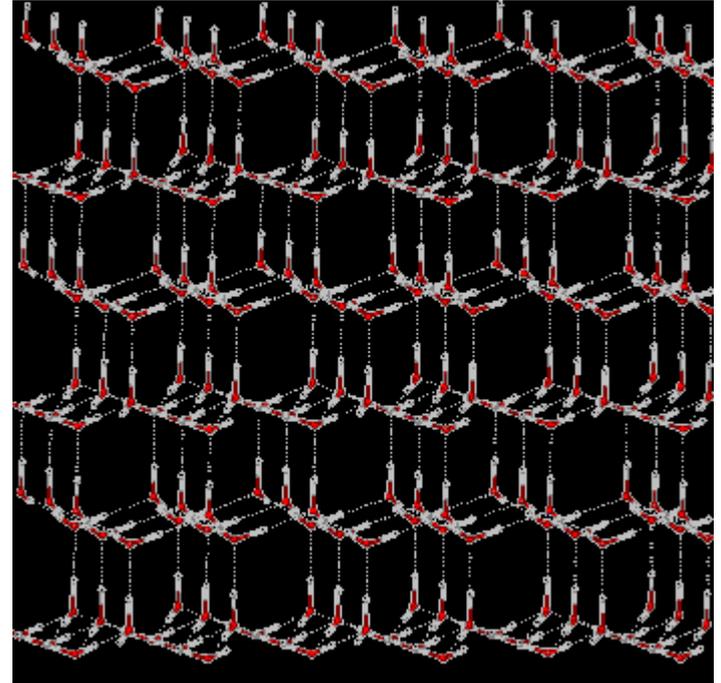
Alcuni scienziati hanno stimato che se la molecola dell'acqua fosse stata lineare sulla Terra non si sarebbe potuta sviluppare la vita.

L'acqua sarebbe infatti stata presente solo allo stato gassoso.

Perché?

# Anomalie dell'acqua

Contrariamente al comportamento comune, l'acqua passando dallo stato liquido a quello solido aumenta di volume. A causa dei legami a idrogeno la struttura del ghiaccio ha grandi spazi vuoti di forma esagonale



# Anomalie dell'acqua

Per questo motivo il ghiaccio è meno denso e galleggia sull'acqua, cosa di importanza fondamentale per lo sviluppo e il mantenimento della vita sulla Terra. Perché?



I legami a idrogeno esistono anche nell'acqua liquida? E nell'acqua allo stato gassoso?

# Anomalie dell'acqua

L'acqua ha il potere solvente più elevato di qualsiasi altro liquido e, pertanto, è impossibile trovare acqua "pura"

Cosa sono le acque minerali? In che cosa differiscono le une dalle altre? Sono proprio migliori dell'acqua del rubinetto?



Da dove viene l'acqua che sgorga dai nostri rubinetti?

Che trattamenti subisce?

Come fa ad arrivare nelle nostre case?

Quali  
caratteristiche  
deve avere  
l'acqua per essere  
considerata  
potabile?



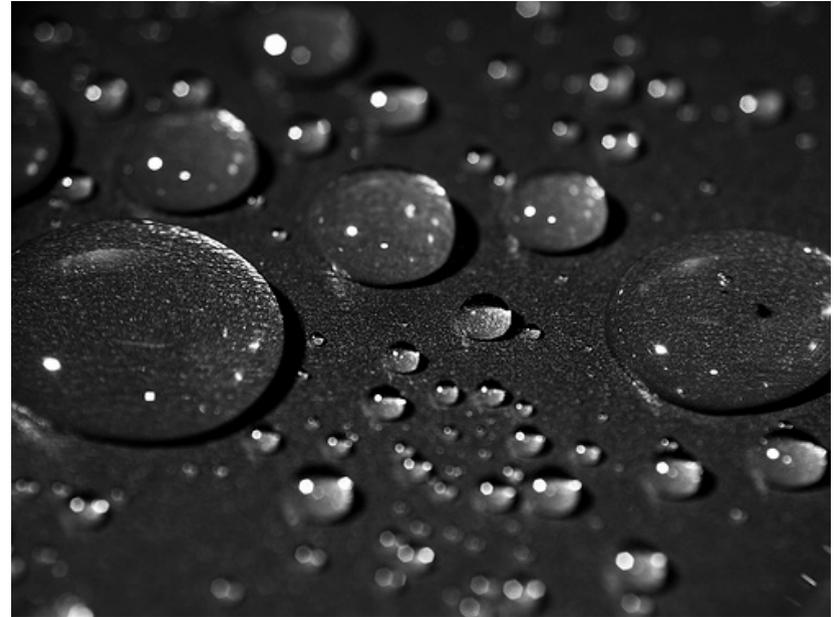
# Anomalie dell'acqua

All'elevato potere solvente dell'acqua si deve anche la formazione delle bellissime concrezioni che si trovano in molte grotte. Perché?



# Anomalie dell'acqua

L'acqua ha una fortissima tensione superficiale. Come si spiega e quali sono le sue conseguenze?



# Anomalie dell'acqua

L'acqua ha un calore specifico molto alto: incamera una grande quantità di calore molto lentamente e, altrettanto lentamente, lo rilascia.

Quali sono le conseguenze sul clima di questa sua caratteristica?



# L'acqua è il composto più studiato e meno capito

Per queste sue anomalie l'acqua è stato uno dei composti più studiati, ma rimangono ancora tanti elementi di mistero e chi decide di svelarli può incappare in clamorosi errori.

Alcuni esempi eclatanti si ritrovano anche nella letteratura scientifica abbastanza recente.

# L'acqua è il composto più studiato e meno capito

Nel 1962 alcuni scienziati russi notarono proprietà strane nell'acqua contenuta in tubicini molto sottili di vetro. Si parlò di una nuova forma di acqua che fu chiamata "poliacqua". Dopo averla considerata la scoperta più importante del secolo, si scoprì che la poliacqua altro non era che acqua contaminata dai tubicini di vetro, cioè acqua sporca!

F. Franks, *Poliacqua: storia di una falsa scoperta scientifica*, Il Saggiatore, Milano, 1983.

# L'acqua è il composto più studiato e meno capito

Nel 1988 alcuni scienziati francesi riportarono risultati spiegabili solo ammettendo che l'acqua avesse memoria, che conservasse cioè una specie di "impronta" delle sostanze in essa disciolte anche dopo diluizione praticamente infinita. Questo risultato, che avrebbe dato una certa validità all'omeopatia, fu molto rapidamente smentito dimostrando che non aveva alcuna base scientifica!

J. Maddox, J. Randi, W.W. Stewart, *High Dilution Experiments: a Delusion*, Nature, vol. 334, p. 287, 1983.

# L'acqua è il composto più studiato e meno capito

Nel marzo 1989 due studiosi americani annunciarono al mondo di essere riusciti ad ottenere la "fusione nucleare fredda" mediante semplice elettrolisi dell'acqua in una provetta. I giornali scrissero che ciascuno avrebbe potuto farsi in casa tutta l'energia di cui aveva bisogno, praticamente gratis!

Nei mesi successivi molto gruppi di ricerca tentarono di ripetere l'esperimento senza successo e sconfessarono la scoperta.

*G. Taubes, Bad Science: The Short Life and Weird Times of Cold Fusion, Random House, New York, 1993.*

# L'acqua è il composto più studiato e meno capito

Tutto ciò ci fa capire quanto sia ancora valida l'affermazione di Leonardo da Vinci che, da quel genio che era, intuì subito quanto l'acqua fosse una sostanza strana e misteriosa:

"Se uno deve occuparsi dell'acqua, è meglio si rivolga all'esperienza prima che alla ragione"

Oltre a queste incredibili  
proprietà, l'acqua è speciale  
anche per tanti altri motivi

# L'acqua è il composto più importante per la vita

- La vita è nata nell'acqua. Perché?
- Tutti gli esseri viventi contengono un'alta percentuale di acqua (l'uomo circa il 70%)
- Resistiamo più a lungo (quanto?) senza mangiare che senza bere (quanto?)
- L'acqua è l'unica sostanza insostituibile nell'alimentazione. Perché? È un alimento?
- Oltre 500 milioni di persone ogni anno sono vittime delle malattie trasmesse da acqua infetta e ogni 8 secondi un bambino muore di sete

La profonda importanza dell'acqua per la vita si ritrova già nelle passate culture e in moltissime religioni.

Nella cultura primitiva l'acqua fu considerata il principio femminile della fertilità; per i filosofi dell'antica Grecia era uno dei quattro elementi costituenti l'universo e per Talete di Mileto era il principio di tutte le cose.

Nel Corano c'è scritto che nessuno può rifiutare l'acqua in eccedenza senza commettere un grave peccato verso Allah.

Nella religione ebraico-cristiana i richiami all'acqua sono tantissimi: il diluvio universale, il battesimo, Pilato che si lava le mani, Gesù che cammina sulle acque, ...

Le manifestazioni che si associano alla sacralità dell'acqua sono evidenti anche in molti riti propiziatori di cui ormai si è persa memoria.

Ad esempio, a quale vecchia tradizione risale l'uso di gettare una monetina nella Fontana di Trevi?

L'importanza dell'acqua si ritrova inoltre in molti modi di dire il cui vero significato in molti casi si perde nella notte dei tempi: *tirare l'acqua al proprio mulino; piove sul bagnato; dar da bere agli assetati; pestare l'acqua nel mortaio,...*

Anche la letteratura ci offre molti riferimenti all'acqua in connessione con la vita; basta pensare allo strettissimo legame fra i pescatori e il mare immortalato da Giovanni Verga nei *Malavoglia*, ma gli esempi sono tantissimi ...

# L'acqua è il composto più abbondante sulla superficie terrestre

➤ Il 71% della superficie del globo è ricoperta da acqua, circa  $1,5 \times 10^{18} \text{ m}^3$ . Quanti  $\text{m}^3$  per ogni abitante della terra?

Sembra una quantità enorme, ma

➤ il 97,2% è acqua salata non utilizzabile direttamente dall'uomo;

➤ del restante 2,8% la maggior parte è imprigionata come ghiaccio permanente nelle calotte polari, lo 0,6% è acqua nel sottosuolo e la piccolissima parte rimanente è nei laghi, nei fiumi e nell'atmosfera.

# L'acqua è il composto più utile per l'agricoltura e il più usato nell'industria

## Consumo di acqua in agricoltura:

➤ 10 uova	1250 L
➤ 1 q di grano	100.000 L
➤ 1 q di riso	300.000 L

## Consumo di acqua nell'industria:

➤ 1 lattina di alluminio	120 L
➤ 1 risma di carta	4.000 L
➤ 1 automobile	250.00 L
➤ 1 kg di antibiotico	500.00 L

# L'acqua è un composto strettamente connesso al problema energetico

Basta pensare all'energia idroelettrica, ma si potrebbe ricavare energia anche sfruttando le maree



Dall'acqua, poi, è possibile ottenere idrogeno, un vettore energetico di grande interesse.

Come si realizza questo processo?  
Cosa significa vettore energetico?

# L'acqua è il composto più conteso fra le nazioni

Secondo la Banca Mondiale, la carenza di acqua e la sua ineguale distribuzione saranno i nodi più importanti per i politici di questo secolo.

Il pericolo è che le nazioni forti monopolizzino le loro risorse e si impadroniscano di quelle dei paesi vicini. L'acqua potrebbe così diventare oggetto di speculazioni finanziarie, una specie di "oro blu", in analogia con il termine "oro nero" usato per identificare il petrolio. La differenza sostanziale, però, fra l'oro blu e l'oro nero è che il primo ha un valore indispensabile per la sopravvivenza degli esseri umani.

L'acqua, quindi, è un composto veramente straordinario: dal punto di vista scientifico non finisce mai di stupirci, ma le sue implicazioni vanno ben oltre la scienza perché, come abbiamo visto, riguardano la politica, lo sviluppo tecnologico e soprattutto l'etica!

Ovviamente la presentazione che hai appena visto non è esaustiva; contiene però molti spunti che spero servano a stimolare la tua curiosità e a sollevare tante altre domande.

In attesa di sentirti presto, ti auguro  
Buon Lavoro!