



Υδατική Χημεία

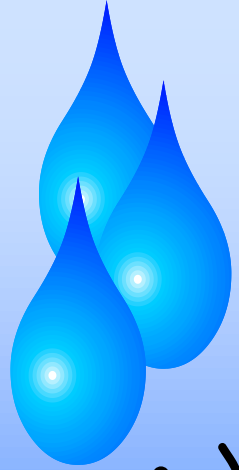
Ομ. Καθηγητής Πέτρος Κουτσούκος
Τμήμα Χημικών Μηχανικών
2^{ος} Όροφος
Τηλ. 2610997265

E-mail: pgk@chemeng.upatras.gr



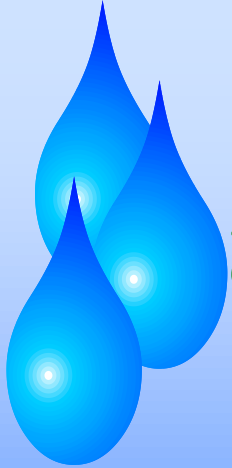
Υδατική Χημεία

- 1^ο Μέρος (6 εβδομάδες-18 ώρες): Εισαγωγή. Η σύσταση των φυσικών υδατικών συστημάτων. Περί διαλυμάτων. Τα υδατικά διαλύματα. Η έννοια της ισορροπίας. Χημικές ισορροπίες. Παραδείγματα ισορροπιών σημαντικών για τα υδατικά συστήματα. Υπολογισμοί. Οξέα και Βάσεις. Το σύστημα των ανθρακικών. Αντιδράσεις Οξειδοαναγωγής.
- Θερμοδυναμική-ιδανικά και πραγματικά διαλύματα (ηλεκτρολυτικά)



1^ο Μέρος (συνέχεια)

- Υπολογισμοί σε υδατικά συστήματα. Γραφικές μέθοδοι (διαγράμματα $pC-pH$, E_H-pH)
- Κριτήρια για διεργασίες όπως η καταβύθιση και η διάλυση.
- Μοντέλα ισορροπίας σε υδατικά συστήματα



2- 3^ο Μέρος, Καθ. Κ. Μαναριώτης -
Επικ. Καθηγήτρια Χ.Καραπαναγιώτη,
Τμήμα Χημείας

- Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού
- Μέθοδοι ανάλυσης-μέτρησης ποιοτικών χαρακτηριστικών
- Εργαστήριο

Βιβλιογραφία

- *Water Chemistry*, V.L. Snoeyink, D. Jenkins, John Wiley and Sons» New York, 1980.
- *Aquatic Chemistry*, 3rd Edition, W. Stumm, J. J. Morgan» John Wiley and Sons, New York, 1996.
- *Surface Chemistry*» W. Stumm (Ed)» John Wiley and Sons, New York» 1987.
- *Carbonate Chemistry of Aquatic Systems: Theory and Application*» R.E. Loewenthal» G.v.R. Marais» Ann Arbor Science Publ.» Ann Arbor» MI» 1976.
- *Carbon Dioxide Equilibria and Their Applications*, J.N. Butler» Addison-Wesley Pub. Co.» Reading, MA, 1982.
- *Chemical Equilibria and Kinetics in Soils*, G. Sposito, Oxford University Press, New York» 1994.
- *Chemistry for Environmental Engineering, 4th Ed*, C.N. Sawyer» P.L. McCarty, O.F. Parkin, McGraw-Hill Book Co.» New York» 1994.



Βιβλιογραφία . 2

- *Chemical Equilibria of Soils* , G. Sposito» Oxford University Press» New York» 1989.
- *Chemistry of the Solid-Liquid Interface* , W. Stumm, John Wiley & Sons, New York, 1992.
- *Environmental Organic Chemistry* , R.P. Schwartzbach, P.M. Geschwend, D.M. Imboden, John Wiley & Sons, New York» 1993.
- *Principles of Aquatic Chemistry* F.M.M. Morel, John Wiley & Sons, New York» 1983.
- *Principles and Applications of Aquatic Chemistry* , F.M.M. Morel and J.G. Hering» John Wiley & Sons, New York» 1993.
- *Chemistry for Water and Wastewater Treatment*, L.D. Benefield, J.F. Judkins, B.L. Weand, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ» 1982.
- *Surface Complexation Modeling: Hydrous Ferric Oxide* , D. A. Dzombek, F.M.M. Morel, John Wiley & Sons, New York, 1990.
- Standard methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF

Συγγραφέας: Συλλογικό
Εκδόσεις: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις
Κρήτης
Σελίδες: 380
Επιμελητής: ΑΠΟΣΤΟΛΑΚΗ ΜΑΡΙΑ
ΣΤΕΦΑΝΟΥ ΕΥΡΙΠΙΔΗΣ Γ -
ΚΟΥΒΑΡΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ
Μεταφραστής: ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ
ΒΑΣΙΛΙΚΗ - ΒΑΚΑΚΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ -
ΠΡΕΒΕΔΩΡΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ



Το βιβλίο ξεκινά με μια περιεκτική, αλλά εις βάθος, ανασκόπηση όσων εννοιών της Χημείας είναι απαραίτητες για την ενδελεχή περιγραφή των πιο σημαντικών περιβαλλοντικών χημικών και βιοχημικών διεργασιών. Στη συνέχεια το βιβλίο επικεντρώνεται στη μελέτη της δράσης και του γίνεσθαι των χημικών ρύπων στην ατμόσφαιρα, την υδρόσφαιρα, τη λιθόσφαιρα και τη βιόσφαιρα. Πρέπει να σημειωθεί ότι γίνεται επίσης σημαντική αναφορά στις φυσικές, βιολογικές και φυσικοχημικές μεθόδους απορρύπανσης. Τέλος, γίνεται μια εισαγωγή στην «πράσινη χημεία» και στις παραγωγικές διαδικασίες που είμαστε πλέον σε θέση να χρησιμοποιούμε για την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης, ή και για την πλήρη αποτροπή της.

J. G. Ibanez, του Ιβηροαμερικανικού Πανεπιστημίου της Πόλης του Μεξικού



Περιβαλλοντική Χημεία: Μία Βασική Επιστήμη για τις Προκλήσεις που Αντιμετωπίζει η Ανθρωπότητα - Υδρόσφαιρα και Χημεία του Νερού - Οξειδωση και Αναγωγή στην Υδατική Χημεία - Αλληλεπιδράσεις Φάσεων στην Υδατική Χημεία - Μικροβιακή Βιοχημεία - Ρύποι και Ρύπανση του Νερού - Παγκόσμια Κρίση Νερού και Κλιματική Αλλαγή: Ανανέωση και Ανακύκλωση του Νερού - Ατμόσφαιρα και Ατμοσφαιρική Χημεία - Σωματίδια στην Ατμόσφαιρα - Αέριοι Ρύποι στην Ατμόσφαιρα - Οργανικοί Ρύποι στην Ατμόσφαιρα - Φωτοχημική Αιθαλομίχλη - Η Ατμόσφαιρα σε Κίνδυνο - Γεώσφαιρα και Γεωχημεία - Έδαφος: Το Σωσίβιο της Γης - Η Ανθρωπόσφαιρα: Βιομηχανική Οικολογία και Πράσινη Χημεία - Διαθεσιμότητα Πόρων και Βιώσιμα Υλικά - Βιώσιμη Ενέργεια: Το Κλειδί των Πάντων - Φύση, Πηγές και Περιβαλλοντική Χημεία των Επικίνδυνων Αποβλήτων - Βιομηχανική Οικολογία: Ελαχιστοποίηση, Επεξεργασία και Αξιοποίηση Αποβλήτων - Η Βιόσφαιρα: Περιβαλλοντική Βιοχημεία - Τοξικολογική Χημεία - Τοξικολογία και Χημεία Ρύπων και Επικίνδυνων Ουσιών - Χημική Ανάλυση στην Περιβαλλοντική Χημεία και τη Χημεία Τοξικών Ενώσεων - Βιβλιογραφία - Ευρετήριο

ΕΠΙΣΤ.
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: Εμμανουέλλα Ρεμουντάκη, Δήμητρα Χελά, Δημοσθένης Γκιώκας

ΕΚΔΟΣΗ: 11η Έκδοση
ΕΤΟΣ ΕΚΔΟΣΗΣ: 2023
ΣΕΛΙΔΕΣ: 744

Νικόλαος Π. Νικολαΐδης

Υδατική Χημεία

Θεωρία, Μοντέλα
και Περιβαλλοντικές Εφαρμογές

Περιεχόμενα

Εισαγωγή

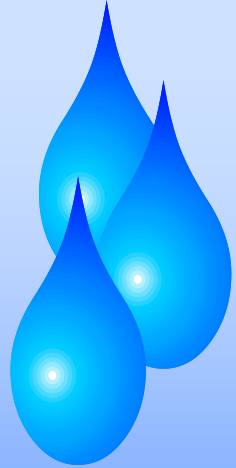
- Παράδειγμα 1: Χημεία πόσιμου νερού
- Παράδειγμα 2: Ρύπανση με Βαρέα Μέταλλα

Κεφάλαιο 1: Το Νερό και οι Παγκόσμιοι-Βιογεωχημικοί Κύκλοι

1. Ιδιότητες του νερού
2. Χημικοί δεσμοί
3. Τρόποι έκφρασης συγκεντρώσεων
4. Σημαντικές έννοιες
5. Λυμένες Ασκήσεις

Κεφάλαιο 2: Καθορισμός της έννοιας του pH στα φυσικά νερά (Ισορροπία ανθρακικών)

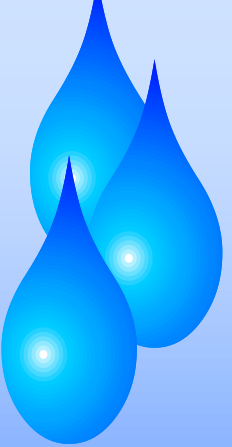
1. Το pH ως κύρια μεταβλητή
2. Νόμος δράσης των μαζών
3. Αντιδράσεις του ανθρακικού συστήματος



4. Κλάσματα ιονισμού και διαγράμματα κατανομής
5. Υπολογισμοί Χημικής Ισορροπίας
6. Χημική Τιτλοδότηση Οξέων και Βάσεων
7. Ρυθμιστικά Διαλύματα pH (pH Buffers) και Ρυθμιστική Ένταση
8. Ικανότητα Εξουδετέρωσης Οξέος και Βάσεως (Acid Neutralizing Capacity – ANC και Base Neutralizing Capacity – BNC)
9. Ανοικτό Σύστημα Ανθρακικών
10. Λυμένες Ασκήσεις

Κεφάλαιο 3: Δημιουργία της σύστασης των φυσικών νερών

1. Η σημασία της θερμοδυναμικής στην επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων
2. Υπολογισμός σταθεράς ισορροπίας
3. Εξάρτηση της σταθεράς ισορροπίας από την θερμοκρασία



4. Εξάρτηση της σταθεράς ισορροπίας από την ιοντική ισχύ

5. Λυμένες Ασκήσεις

Κεφάλαιο 4: Τύχη των μετάλλων στο περιβάλλον

1. Εισαγωγή στη χημεία συμπλοκοποίησης

2. Αντιδράσεις συμπλοκοποίησης

3. Οργανική συμπλοκοποίηση

4. Παραδείγματα μοντελοποίησης χημικής ισορροπίας

5. Λυμένες Ασκήσεις

Κεφάλαιο 5: Αλληλεπίδραση υδατικών διαλυμάτων με ιζήματα και εδάφη

1. Εισαγωγή στην γεωλογία

2. Αντιδράσεις καταβύθισης – διαλυτοποίησης

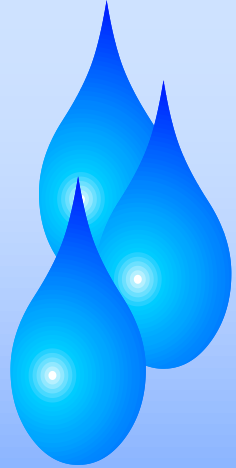
3. Διαλυτότητα του CaCO_3 στο νερό

4. Διαγράμματα pC-pH

5. Ανταγωνιστική επίδραση διάφορων υποκαταστατών –

Διάγραμμα περιοχής επικράτησης

6. Λυμένες Ασκήσεις



Κεφάλαιο 6: Οξειδοαναγωγική γεωχημεία: Ρύπανση υπόγειων νερών με χρώμιο

- 1. Οξείδωση και Αναγωγή**
- 2. Οξειδοαναγωγική Ισορροπία**
- 3. Διορθώσεις θερμοκρασίας και ιοντικής ισχύος**
- 4. Γραφική αναπαράσταση της οξειδοαναγωγικής ισορροπίας**
- 5. Διαγράμματα περιοχής επικράτησης p_e - p_H**
- 6. Λυμένες Ασκήσεις**

Κεφάλαιο 7: Αντιδράσεις στην διεπιφάνεια ιζημάτων και εδαφών με το νερό

- 1. Διεπιφάνεια εδαφών και νερού**
- 2. Ιοντοανταλλαγή**
- 3. Προσρόφηση και επιφανειακή συμπλοκοποίηση**
- 4. Μοντελοποίηση βαρέων μετάλλων σε ρυπασμένα εδάφη**



Κεφάλαιο 8: Εκτίμηση της κινητικότητας των βαρέων μετάλλων σε ρυπασμένα εδάφη και υπόγεια νερά

1. Εισαγωγή στη ρύπανση εδαφών και νερού από βαρέα μέταλλα Το ιστορικό της εταιρείας
2. Περιγραφή των εγκαταστάσεων της εταιρείας National Chromium Inc.
3. Γεωχημεία του χρωμίου
4. Μελέτες πεδίου
5. Μελέτες εργαστηρίου
6. Μοντελοποίηση και αποκατάσταση της περιοχής

Παραρτήματα

- Θερμοδυναμικές σταθερές
- Σταθερές ισορροπίας οξέων / βάσεων
- Σταθερές ισορροπίας σχηματισμού συμπλόκων
- Γινόμενο διαλυτότητας ορυκτών
- Ηλεκτρικά δυναμικά αντιδράσεων οξειδοαναγωγής

Το νερό

<<Ἡ δὲ γῆ ἦν ἀόρατος καὶ ἀκατασκεύαστος, καὶ σκότος ἐπάνω τῆς ἀβύσσου, καὶ πνεῦμα Θεοῦ ἐπεφέρετο ἐπάνω τῶν ὑδάτων>>

(Γεν. Α στ.2)

Νερό, H₂O : η πηγή της ζωής

Ωκεανοί και θάλασσες	97.13%
Πολικοί πάγοι και παγετώνες	2.24%
Υπόγεια νερά	0.61%
Ποταμοί, λίμνες, χείμαρροι	0.02%

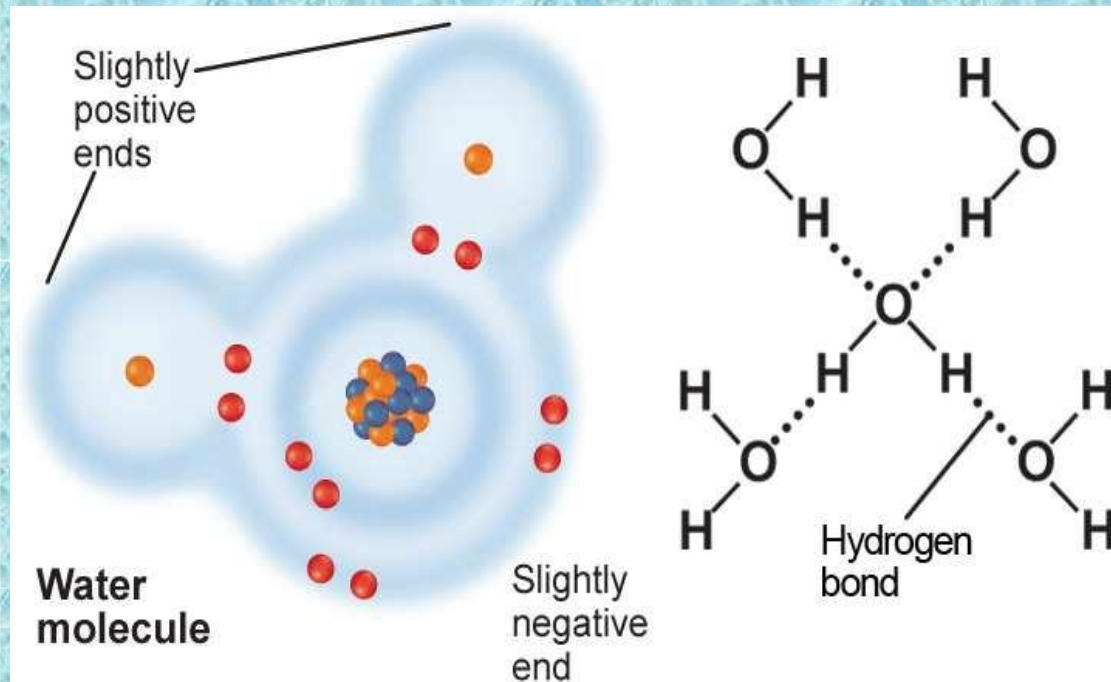
Ιδιότητες του νερού

Μαθησιακοί στόχοι

- Απόκτηση ικανότητας περιγραφής της δομής του νερού
- Να είσθε σε θέση να ταυτοποιήσετε τις ιδιότητες του νερού
- Να είσθε σε θέση να περιγράψετε τον τρόπο με τον οποίο οι ιδιότητες αυτές του νερού είναι καθοριστικές για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας.

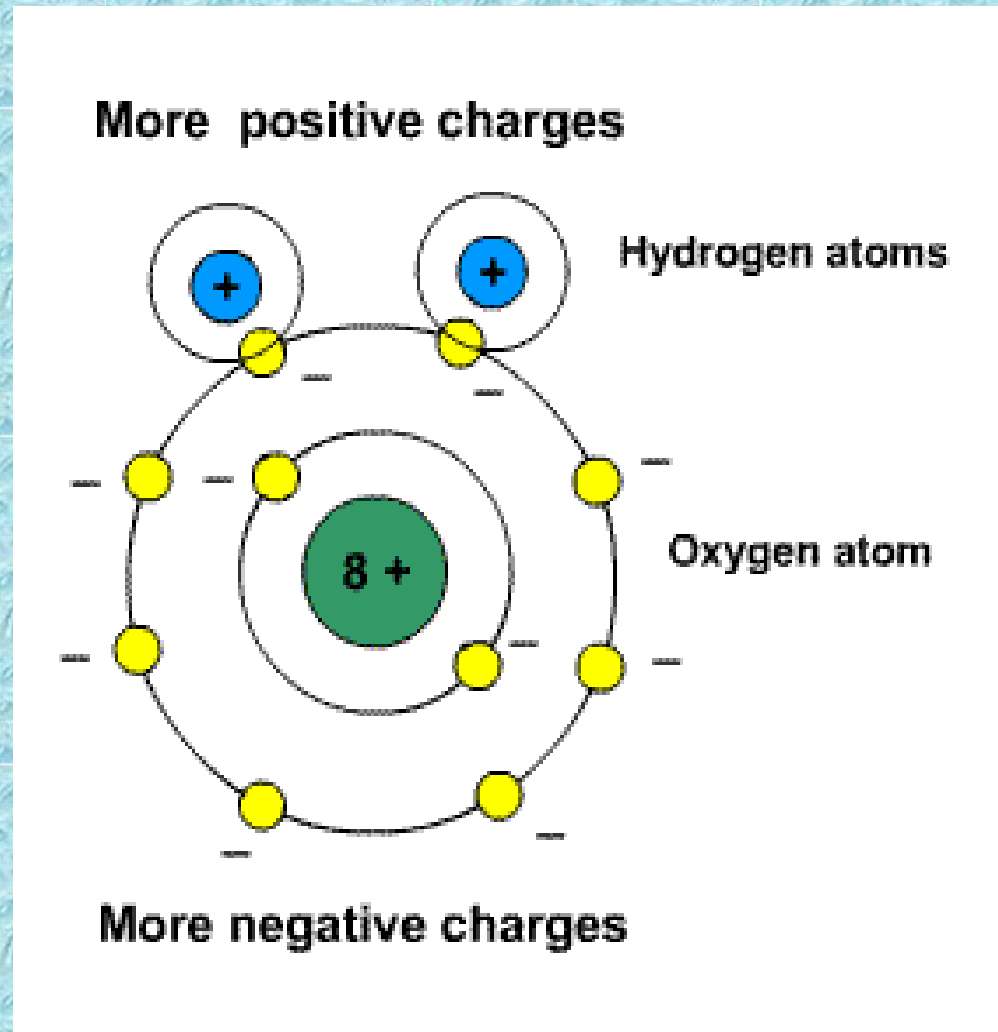
Δομή του νερού

- Το μόριο του νερού αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου
- Τα άτομα του υδρογόνου έχουν ελαφρώς θετικό φορτίο και το άτομο του οξυγόνου ελαφρώς αρνητικό φορτίο



Πολικότητα

- Πολικό μόριο= Μόριο του οποίου το ένα άκρο είναι περισσότερο αρνητικό από το άλλο
- Το άτομο του οξυγόνου είναι περισσότερο αρνητικό

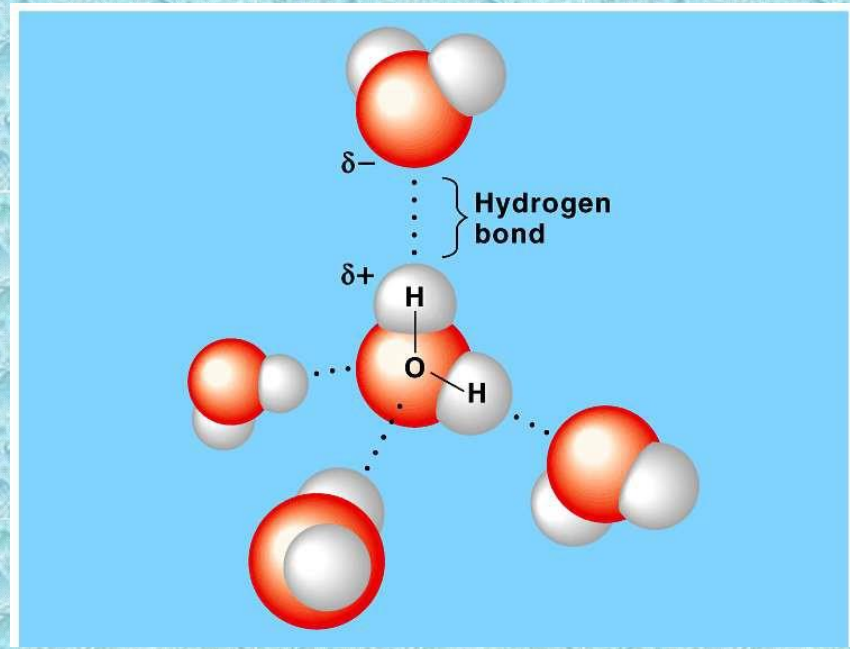


Ιδιότητες του νερού

- Πολικό μόριο
- Συγκόλληση (Cohesion) και Επικόλληση (Adhesion)
- Μεγάλη ειδική θερμότητα
- Πυκνότητα – μέγιστη στους 4°C
- Παγκόσμιος διαλύτης
- Ουδέτερο pH

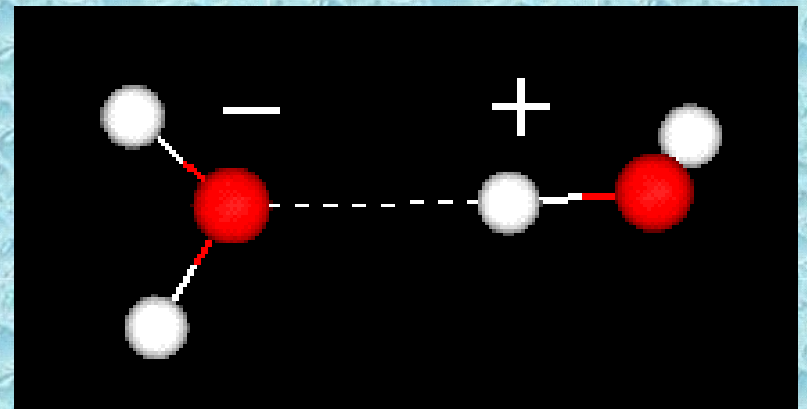


- **Λόγω των ελκτικών δυνάμεων οι οποίες υφίστανται μεταξύ των πολικών μορίων του ύδατος, το νερό παρουσιάζει ασυνήθεις ιδιότητες.**
- **Οι ελαφρώς αρνητικά φορτισμένες περιοχές ενός μορίου, έλκονται από τις ελαφρώς θετικά φορτισμένες περιοχές γειτονικών μορίων, με το σχηματισμό δεσμών υδρογόνου.**
- **Κάθε μόριο νερού έχει τη δυνατότητα σχηματισμού δεσμών υδρογόνου με μέχρι τέσσερα γειτονικά μόρια**



ΟΙ ΔΕΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

- Συγκρατούν μεταξύ τους τα μόρια
- Οι δεσμοί υδρογόνου είναι ασθενείς, περίπου το $1/20^{\circ}$ της ισχύος των ομοιοπολικών δεσμών.
- Σχηματίζονται, διασπώνται και αναμορφώνονται με πολύ μεγάλη συχνότητα
- Λόγω των δεσμών υδρογόνου, εμφανίζονται ασυνήθιστες ιδιότητες.
 - Συνοχή
 - Ανθίσταται στις μεταβολές της θερμοκρασίας
 - Υψηλή θερμότητα εξάτμισης
 - Διαστέλλεται κατά την πήξη
 - Ευέλικτος διαλύτης



Οι Οργανισμοί Εξαρτώνται από τη Συνοχή

Οι δεσμοί υδρογόνου συγκρατούν μεταξύ τους τις ουσίες , φαινόμενο γνωστό ως συνοχή (συγκόλληση- cohesion)

- Λόγω της συνοχής, μεταφέρεται το νερό στα φυτά

Γιατί είναι σημαντική;;

- Η συνοχή μεταξύ των μορίων του νερού είναι κομβικής σημασίας για τη μεταφορά του στα φυτά αντίθετα προς τη βαρύτητα
- Η επικόλληση (Adhesion), μιας ουσίας σε άλλη συνεισφέρει επίσης λόγω της επικόλλησης του νερού στα τοιχώματα των αγγείων.



- **Επιφανειακή τάση**, Μέτρο της δύναμης, η οποία απαιτείται για την επέκταση ή τη θραύση της επιφάνειας ενός υγρού, σχετίζεται με τη συνοχή (cohesion).
- Το νερό έχει την υψηλότερη επιφανειακή τάση από τα περισσότερα υγρά λόγω της αντιστάσεως την οποία εμφανίζει στην επέκταση της επιφανείας του, η οποία οφείλεται στην παρουσία των δεσμών υδρογόνου.
- Μερικά ζώα έχουν τη δυνατότητα να στέκονται, να περπατούν ή και να τρέχουν πάνω στο νερό χωρίς να διακόπτουν τη συνέχεια της επιφανείας του



Η πυκνότητα του νερού

- Μέγιστη στους 4°C
- Συστέλλεται έως τους 4°C
- Διαστέλλεται από 4°C ως 0°C



Γιατί είναι σημαντικό αυτό;

1. Εμποδίζει το ολοκληρωτικό πάγωμα των λιμνών οπότε επιβιώνουν οι υδρόβιοι οργανισμοί
2. Ο πάγος, σχηματίζεται πρώτα στην επιφάνεια—κατά την πήξη του νερού εκλύεται θερμότητα προς το νερό το οποίο βρίσκεται από κάτω, δημιουργώντας μια μόνωση.
3. Για μερικούς οργανισμούς λειτουργεί ως πεδίο θηράματος

Τα φυσικά υδατικά συστήματα
είναι διαλύματα αλάτων στο νερό

Pinet, Paul R. (1992).
Oceanography: An Introduction to
the Planet Oceanus. St. Paul, MN:
West Publishing Company

Τι περιέχεται στο νερό;

- 7 κύριες χημικές ουσίες αποτελούν το (~99%) των αλάτων στο θαλασσινό νερό:
 - Ιόντα χλωριδίου (Cl^-): 55%
 - Ιόντα νατρίου (Na^+): 31%
 - Θειικά ανιόντα (SO_4^{2-}): 8%
 - Ιόντα μαγνησίου (Mg^{2+}): 4%
 - Ιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}): 1%
 - Ιόντα καλίου (K^+): 1%
 - Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-): < 1%
- Μπορείτε να επινοήσετε μνημονικό κανόνα για να τα θυμάστε;

Με ποιο τρόπο είναι γνωστή η περιεκτικότητα σε άλατα στο νερό;

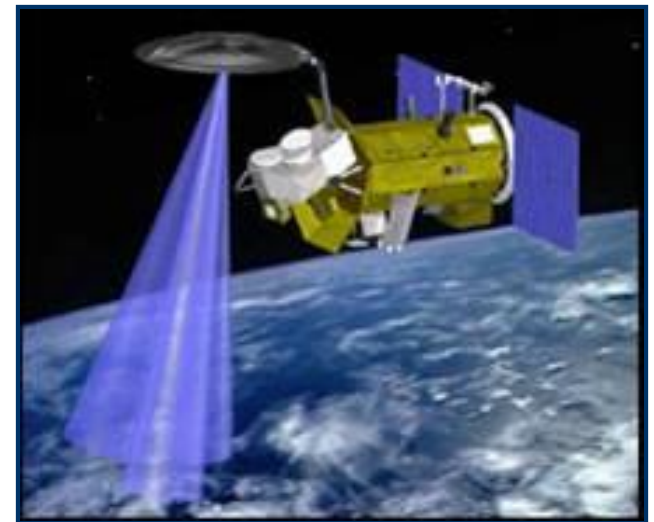
- **Κανόνας Σταθερών αναλογιών**= τα στοιχεία σε μια ένωση υφίστανται σε καθορισμένη **αναλογία**
- Αυτό σημαίνει, ότι παρά το γεγονός ότι η αλατότητα διαφέρει, η αναλογία οποιωνδήποτε από τα 7 κύρια άλατα, ως προς τα άλλα δεν μεταβάλλεται
- Όταν λοιπόν μετρείται το ποσό ενός από τα κύρια άλατα του ωκεανού, είναι δυνατός ο υπολογισμός των ποσοτήτων των υπόλοιπων εξ και επομένως και της αλατότητας του δείγματος

Με ποιο τρόπο είναι γνωστή η περιεκτικότητα σε άλατα στο νερό;

Οι επιστήμονες, διαθέτουν διάφορα μέσα για τη μέτρηση της συγκέντρωσης των ιόντων

Η νεότερη μέθοδος είναι μέσω δορυφόρου της NASA δια του οποίου μετρείται η αλατότητα από το διάστημα

Photo: NASA

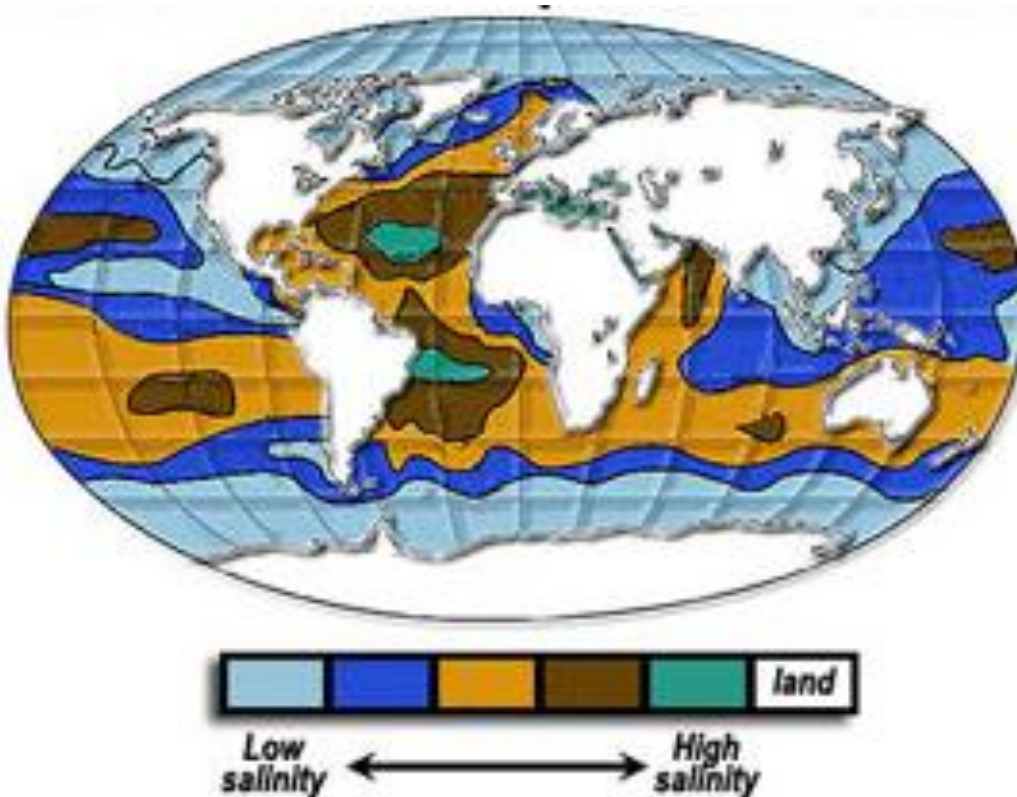


Ο Aquarius: Δορυφόρος της NASA για τη μέτρηση της αλατότητας των ωκεανών

Η αλατότητα επηρεάζεται από:

- Τρεις κυρίως παράγοντες:
 1. Εισαγωγή γλυκού νερού- Υψηλοί ρυθμοί εισόδου γλυκού νερού (εισροή νερού ποταμών στη θάλασσα, λιώσιμο πάγου) μειώνουν την αλατότητα
 2. Εξάτμιση – έντονη εξάτμιση οδηγεί σε αύξηση της αλατότητας
 3. Υγρή καθίζηση – Υψηλά επίπεδα βροχόπτωσης μειώνουν την αλατότητα

Η αλατότητα είναι μεταβλητή στους ωκεανούς

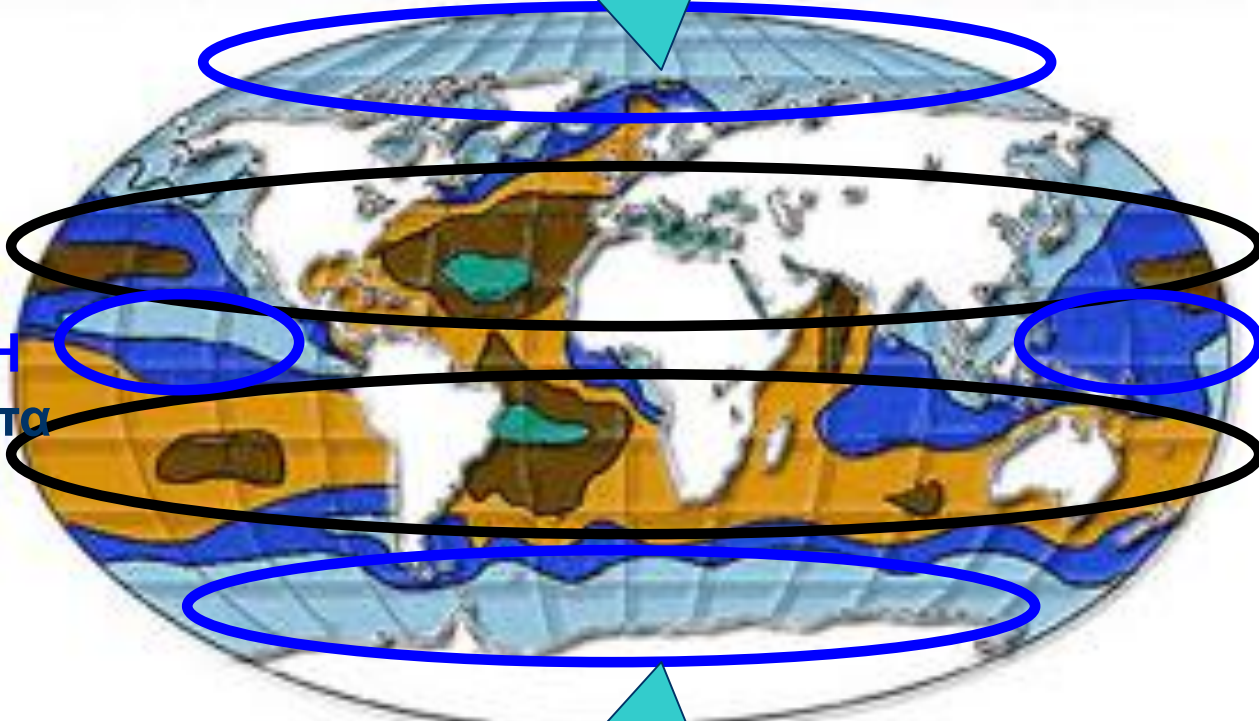


Στα μέσα πλάτη, η αλατότητα είναι μέγιστη, ενώ ελάχιστη είναι στον ισημερινό και στα υψηλά γεωγραφικά πλάτη

Εκτός σύνεγγυς

Σχετικά
ΧΑΜΗΛΗ
αλατότητα

Σχετικά
ΥΨΗΛΗ
αλατότητα



Γιατί είναι σημαντική η αλατότητα;

- Η αλατότητα είναι ένας από τους παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν την **ΠΥΚΝΌΤΗΤΑ** του νερού των ωκεανών
- Τι συμβαίνει όταν το νερό σε διαφορετικό βάθος έχει διαφορετική αλατότητα;
- Σχηματισμός **στρωμάτων** νερού
- Στην ύπαρξη αυτών των στρωμάτων, οφείλεται εν μέρει η ύπαρξη **ωκεανείων ρευμάτων**