



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

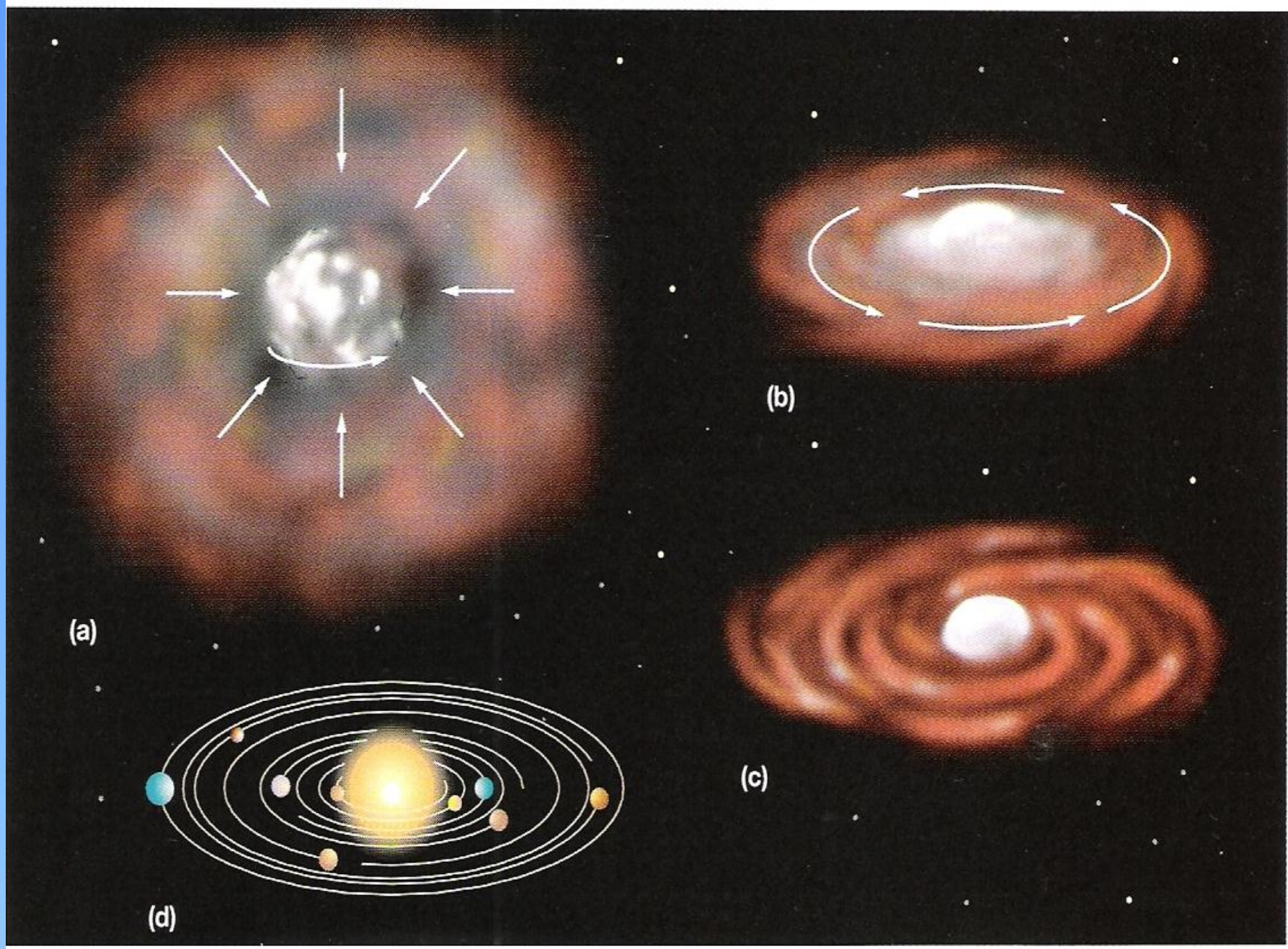
Χημική Ωκεανογραφία

Ενότητα 1: Ο πλανήτης Γη

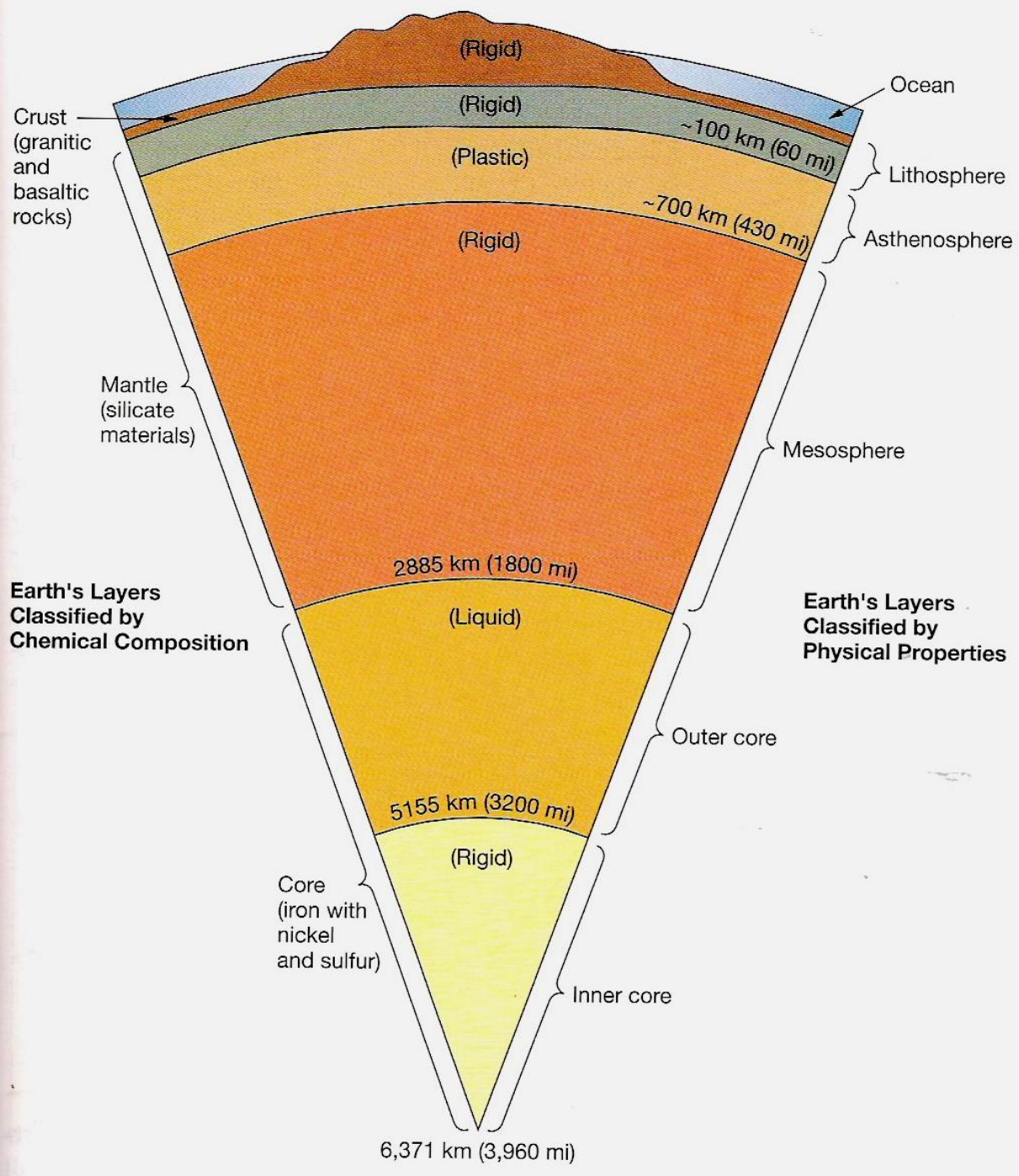
Εμμανουήλ Δασενάκης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Χημείας

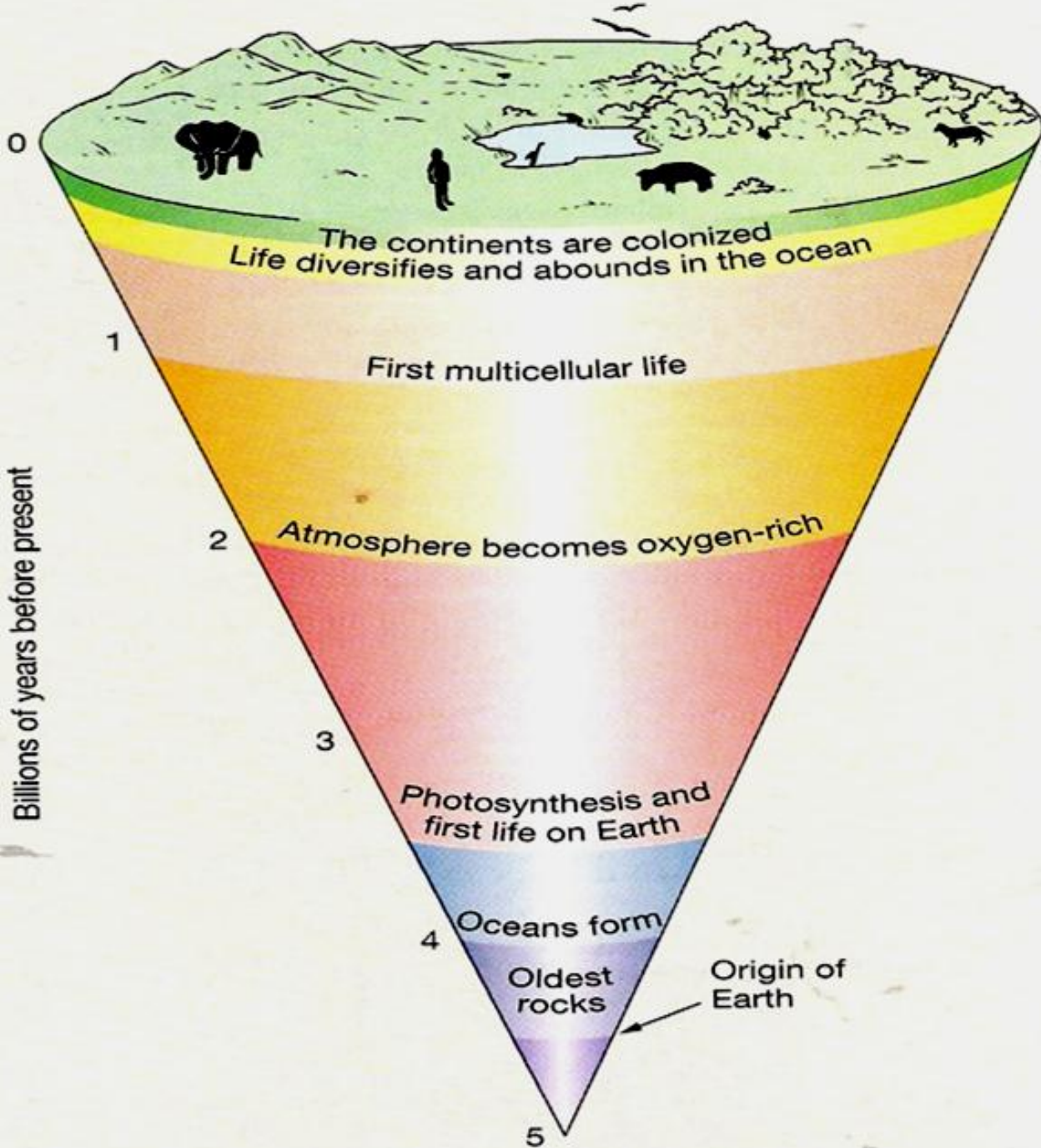


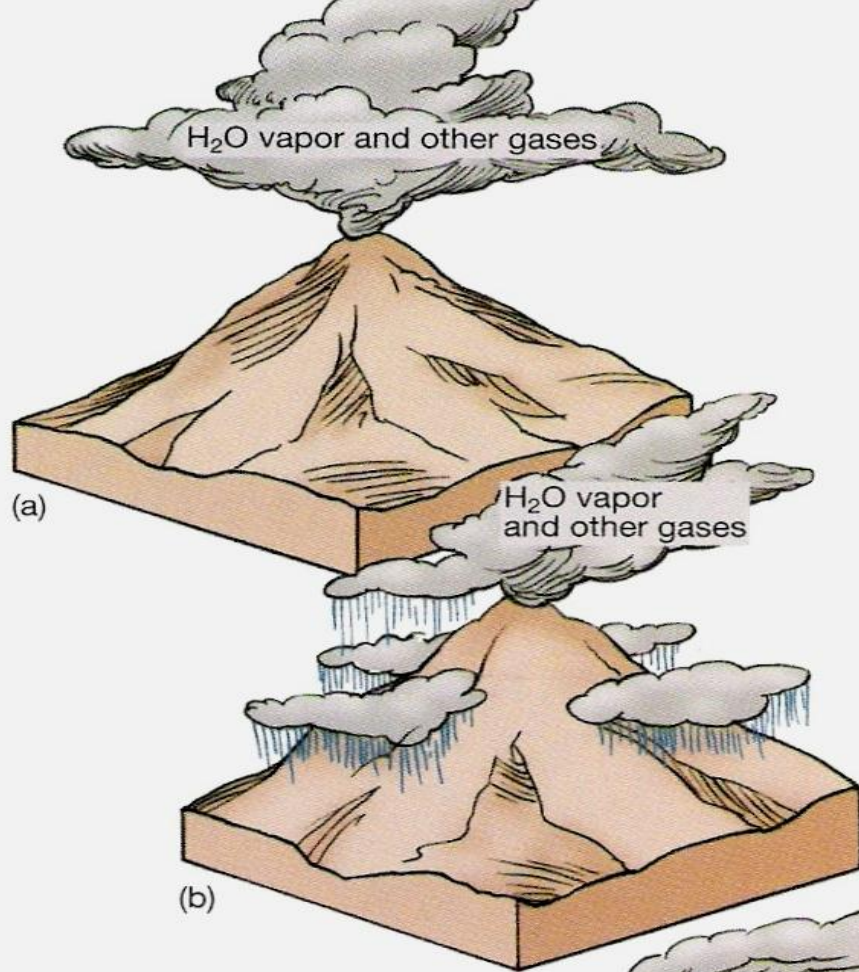
PLANET EARTH – OCEANS – WATER – SEAWATER - SALINITY



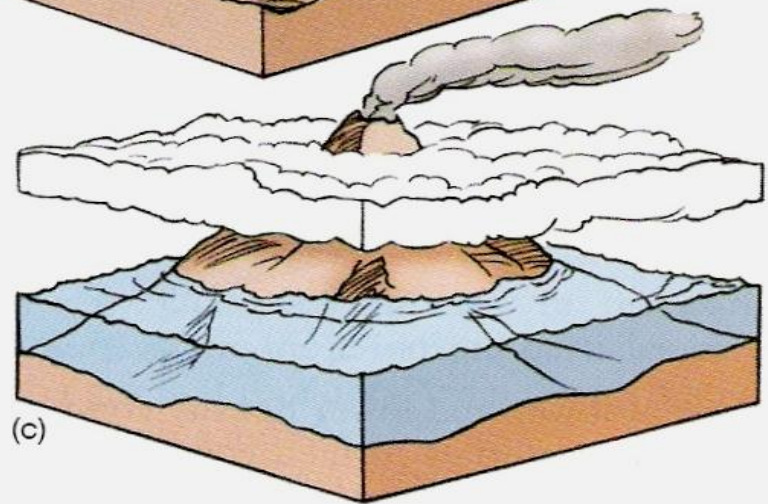
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

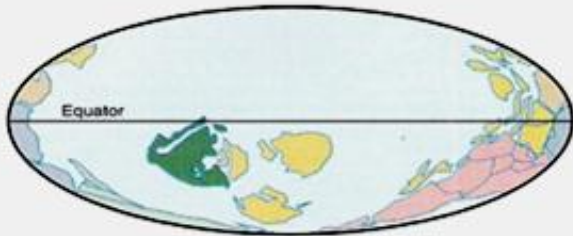




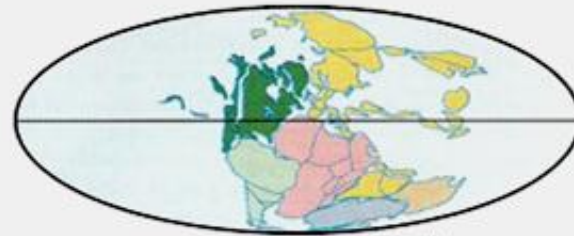


Formation of Earth's oceans. Early in Earth's history, widespread volcanic activity released large amounts of water vapor (H_2O vapor) and smaller quantities of other gases. As Earth cooled, the water vapor **(a)** condensed into clouds and **(b)** fell to Earth's surface, where it accumulated to form the oceans **(c)**.

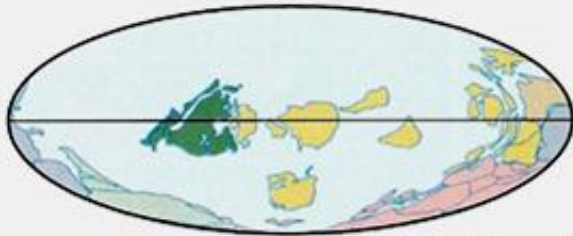




540 million years ago



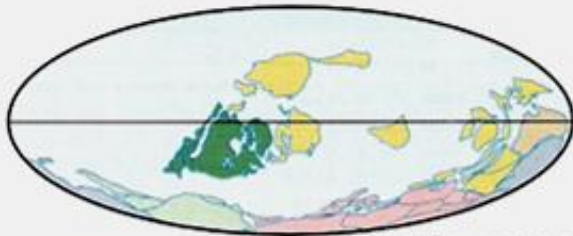
240 million years ago



480 million years ago



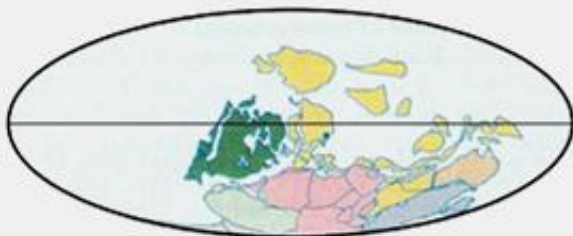
180 million years ago



420 million years ago



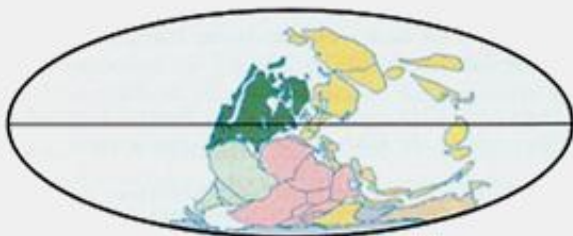
120 million years ago



360 million years ago



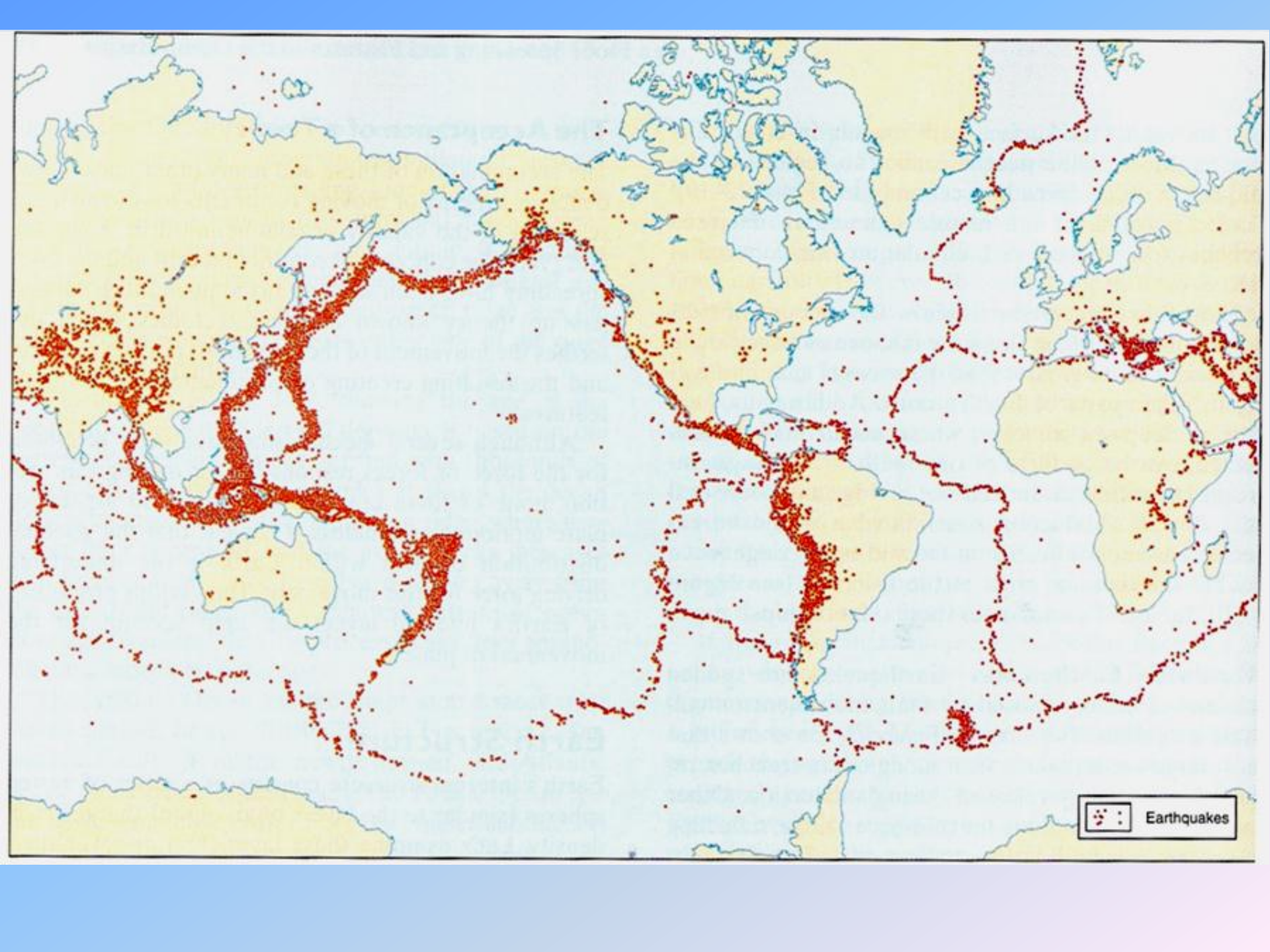
60 million years ago

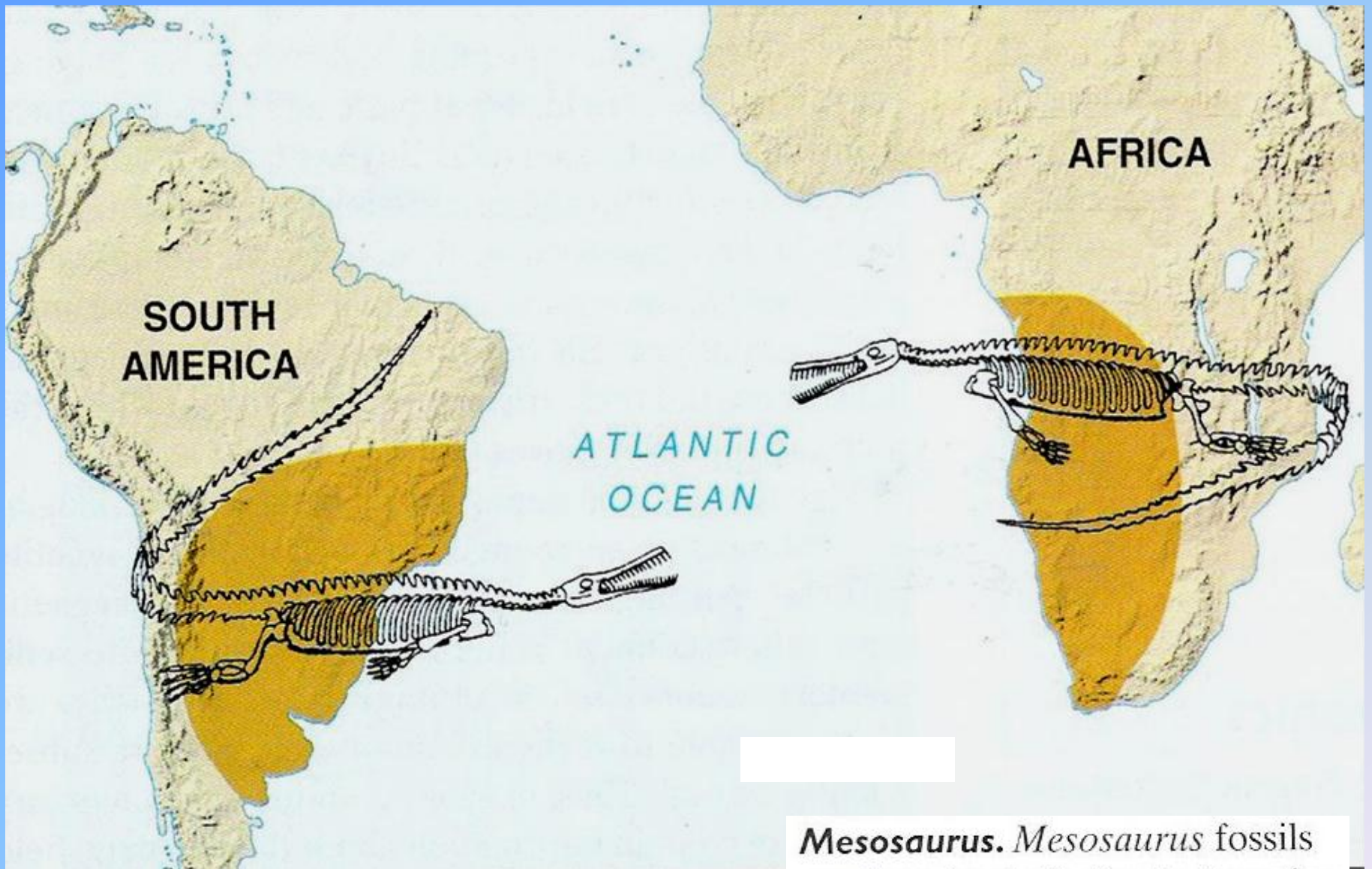


300 million years ago

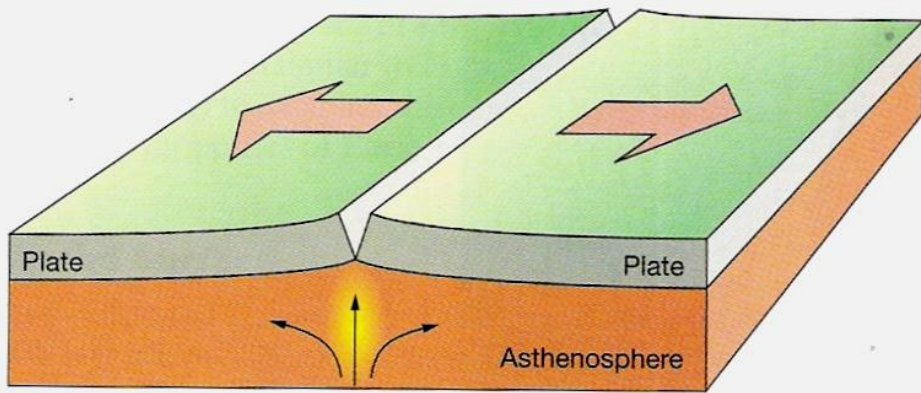


Present

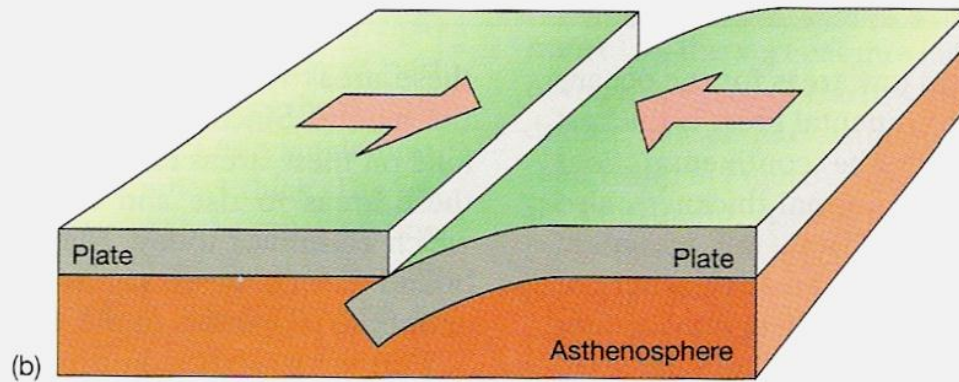




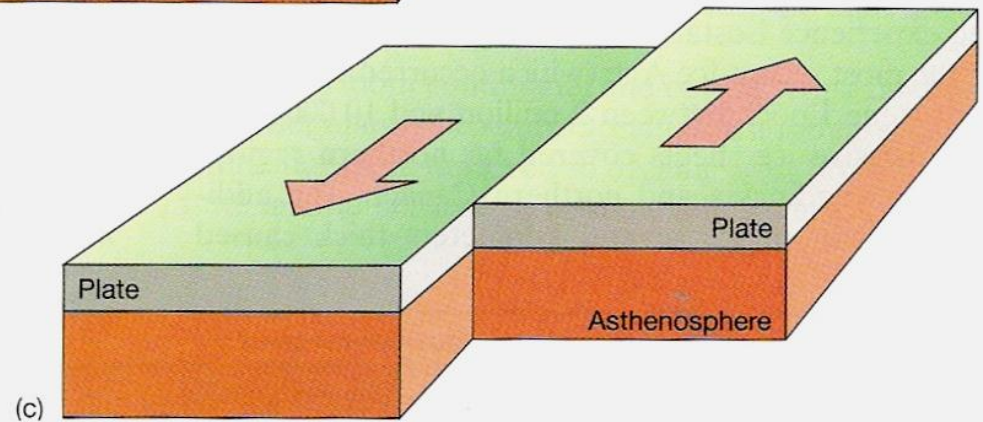
Mesosaurus. *Mesosaurus* fossils are found only in South America and Africa and appear to link these two continents.



(a)

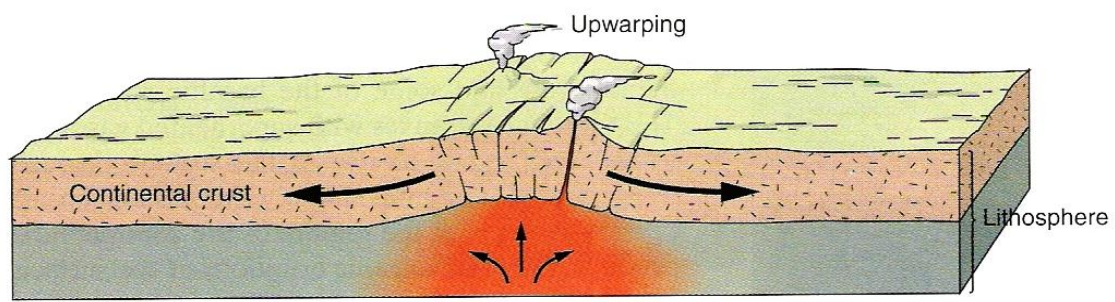


(b)

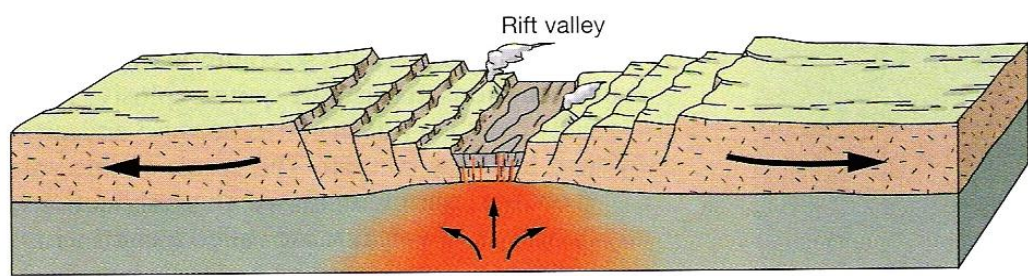


(c)

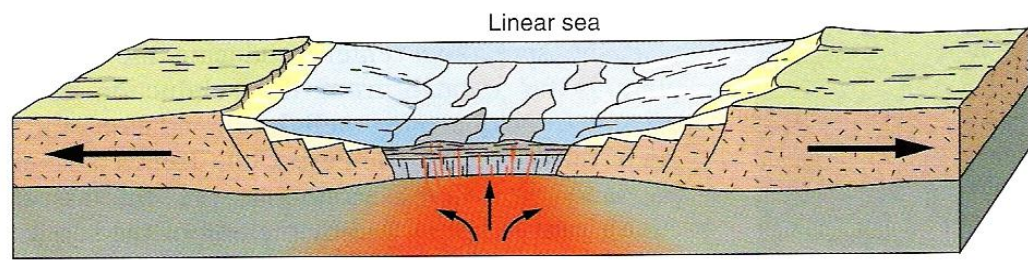
The three types of plate boundaries. (a) Divergent, where plates move away from each other. (b) Convergent, where plates approach each other. (c) Transform, where plates slide past each other.



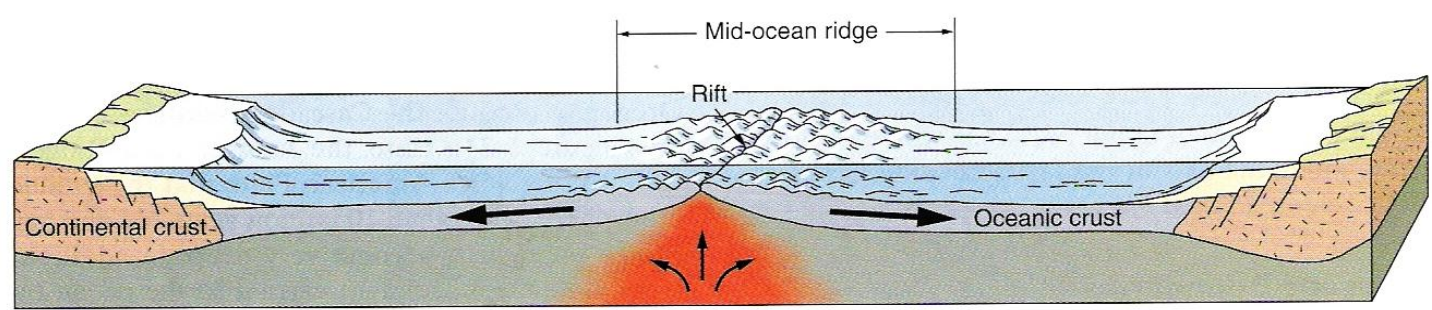
(a)



(b)

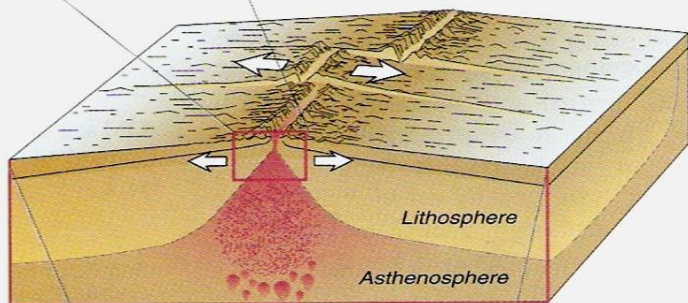
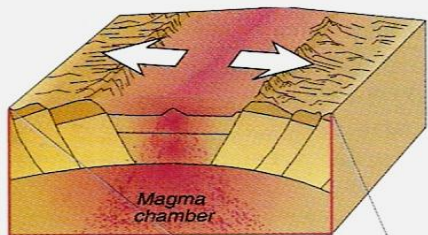
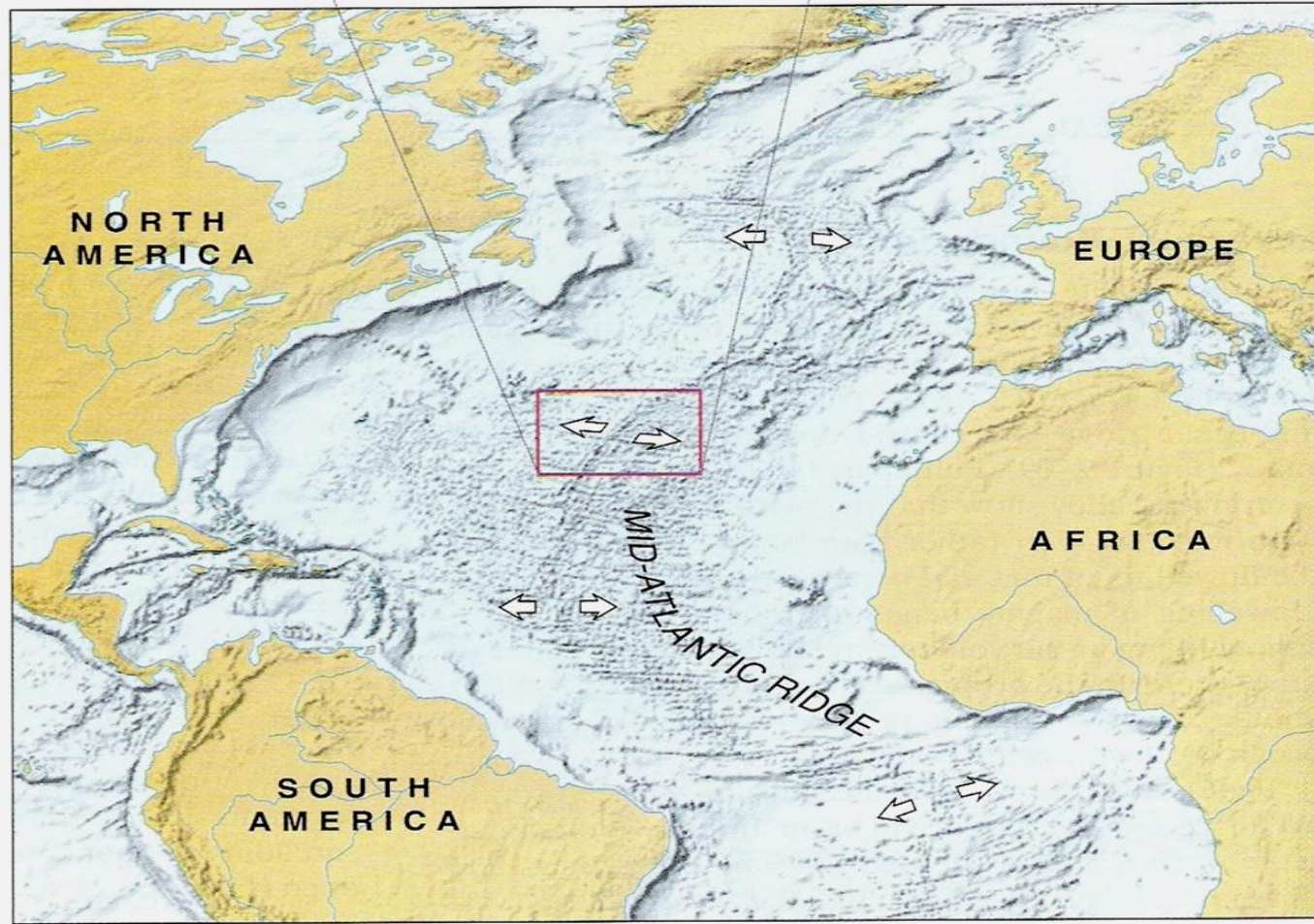


(c)



(d)

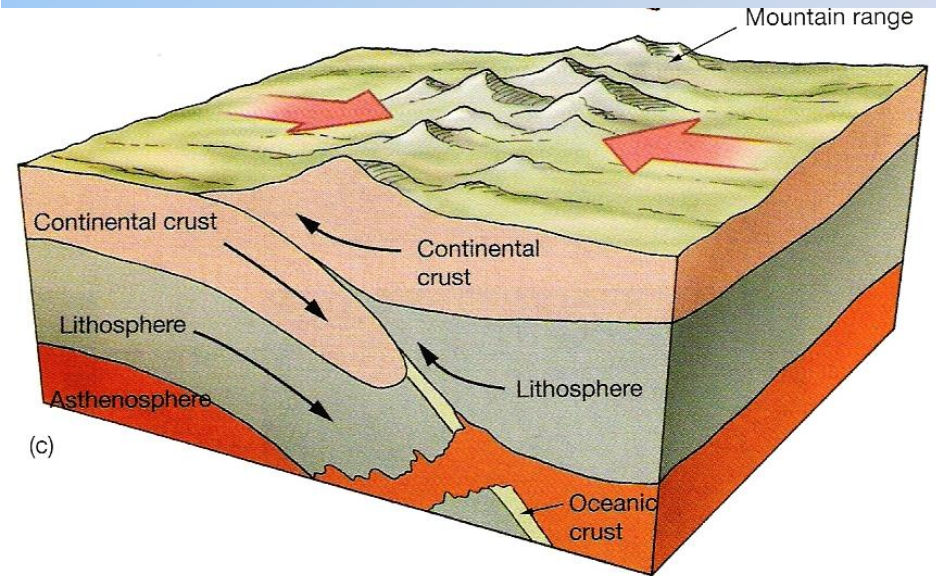
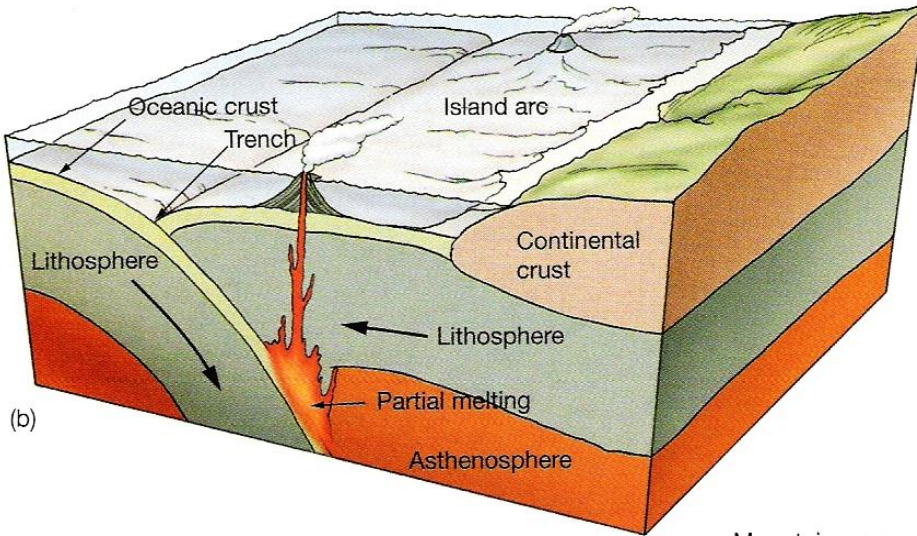
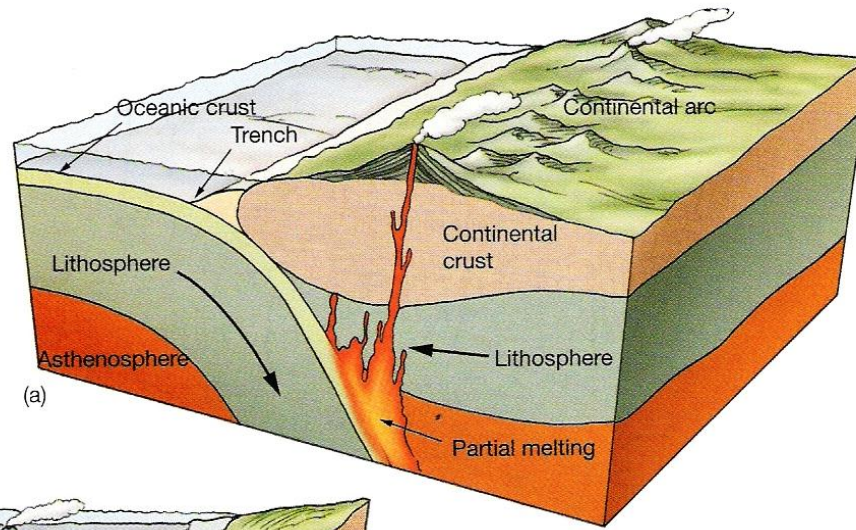
Formation of an ocean basin by sea floor spreading.

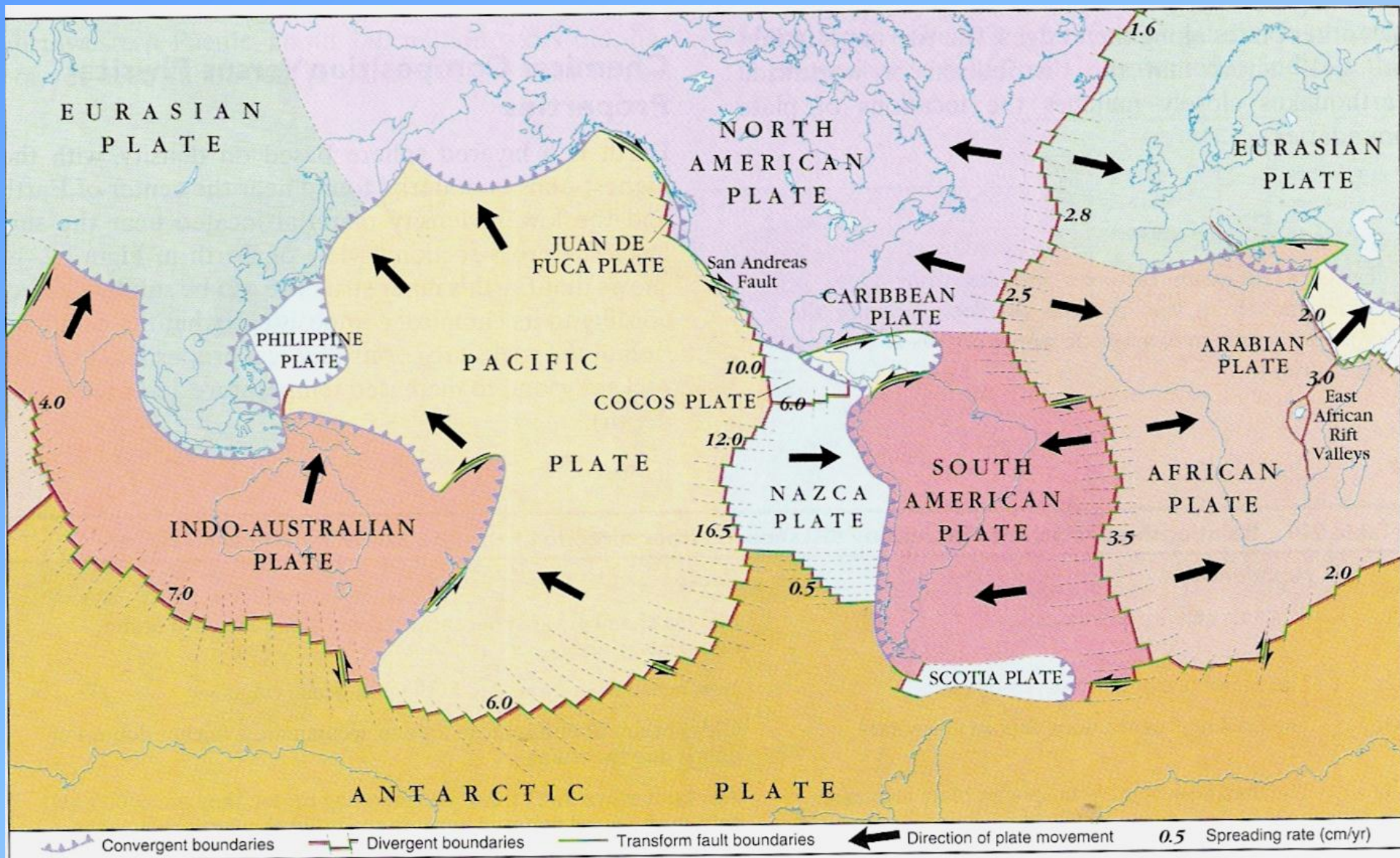


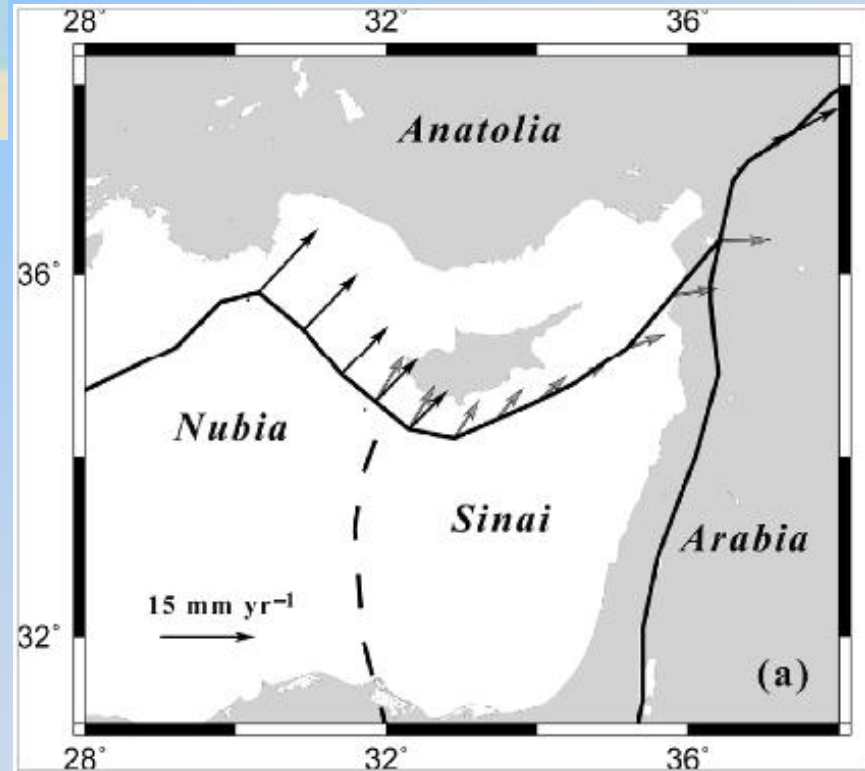
Divergent boundary at the Mid-Atlantic Ridge. Most divergent plate boundaries occur along the crest of the mid-ocean ridge, where sea floor spreading creates new oceanic lithosphere.

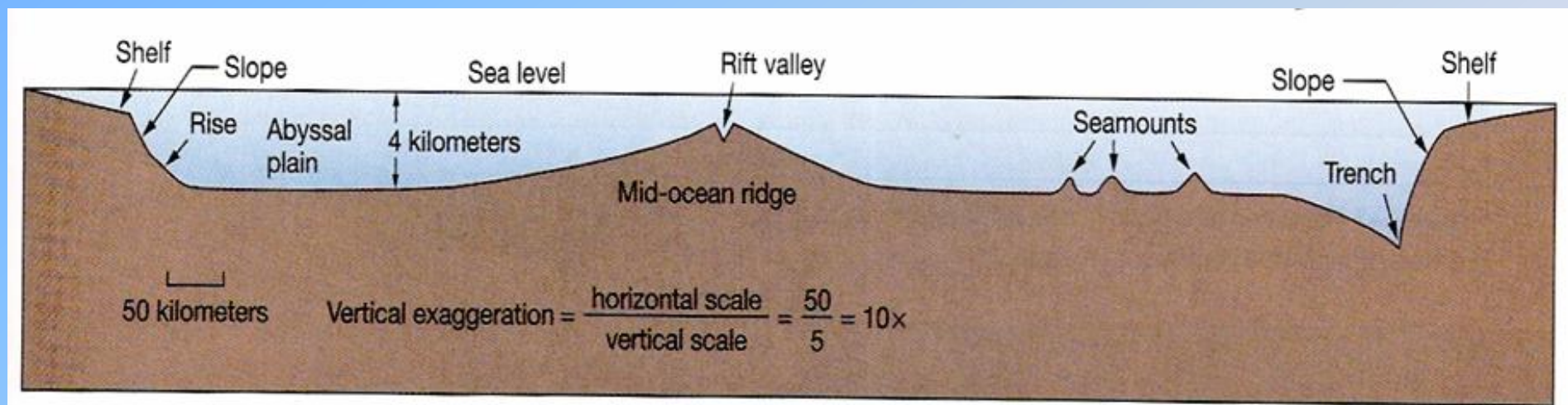
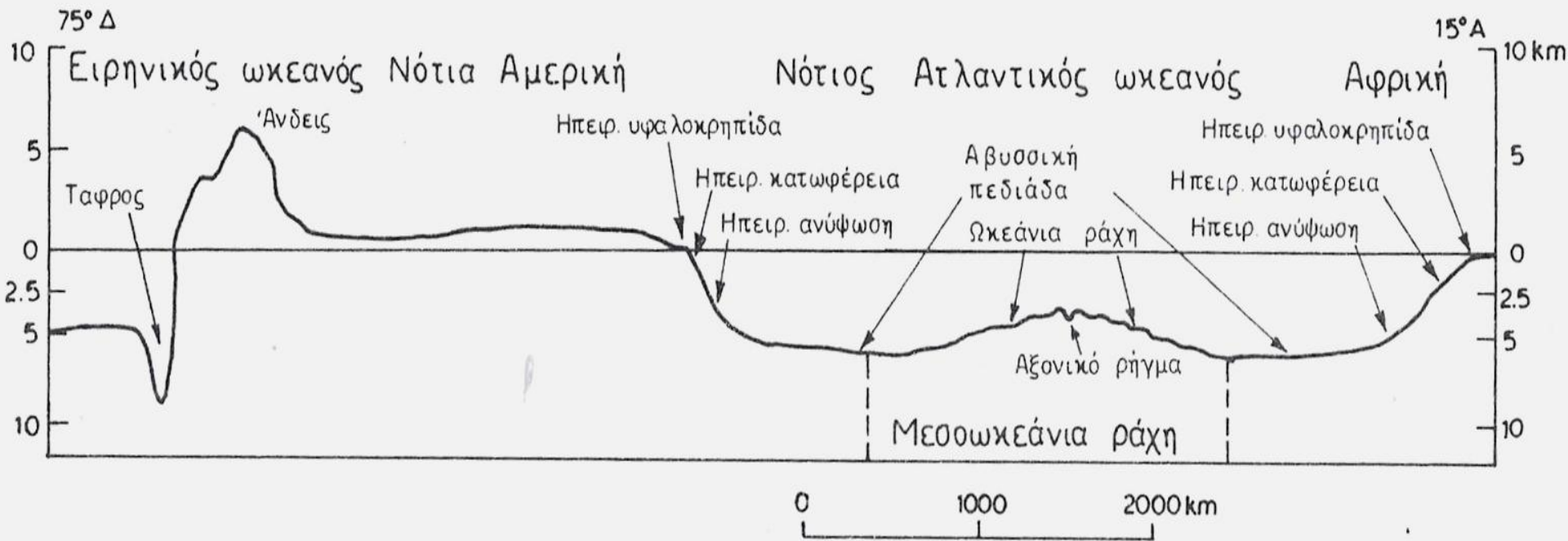
Three sub-types of convergent plate boundaries.

- (a) Oceanic-continental convergence.
- (b) Oceanic-oceanic convergence.
- (c) Continental-continental convergence.



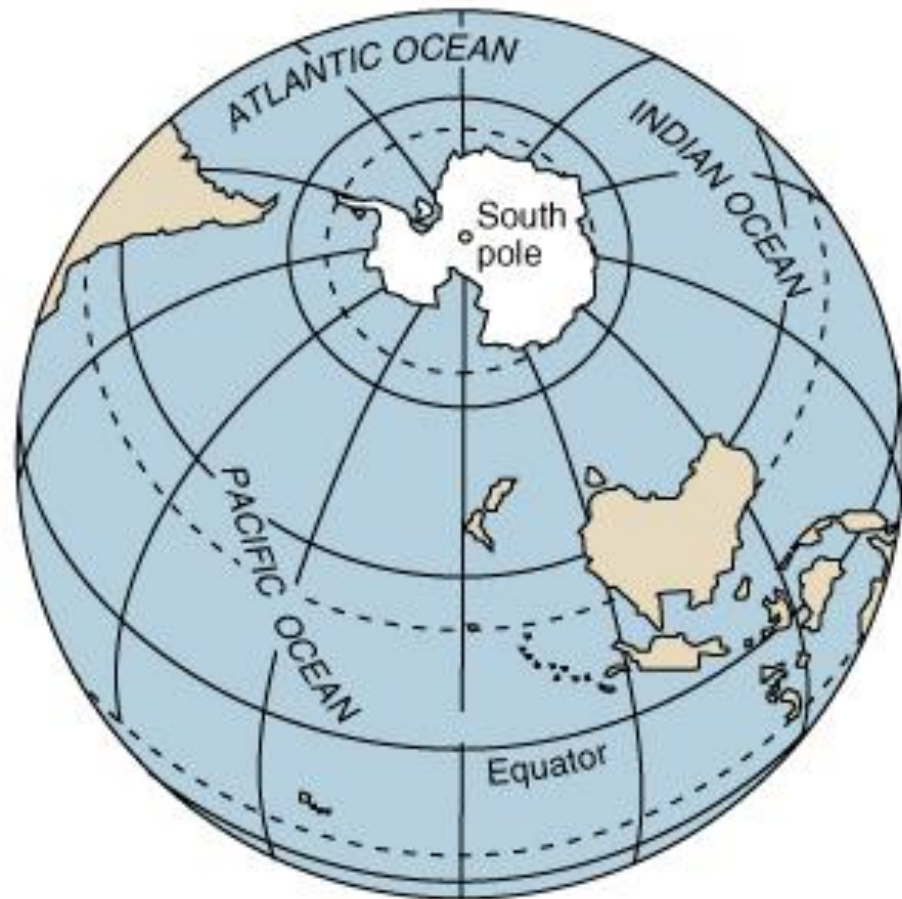






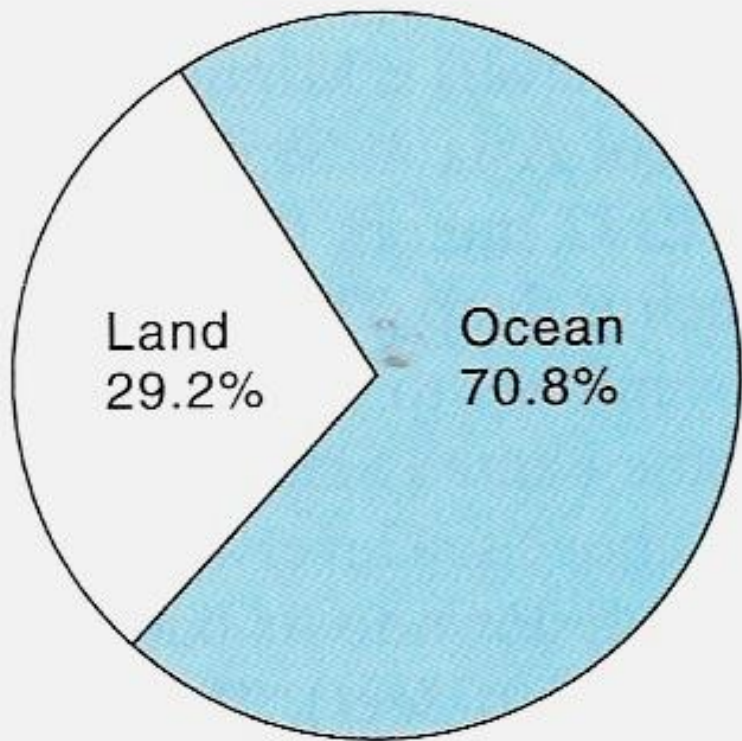


Land hemisphere
46.4% Land
53.6% Water

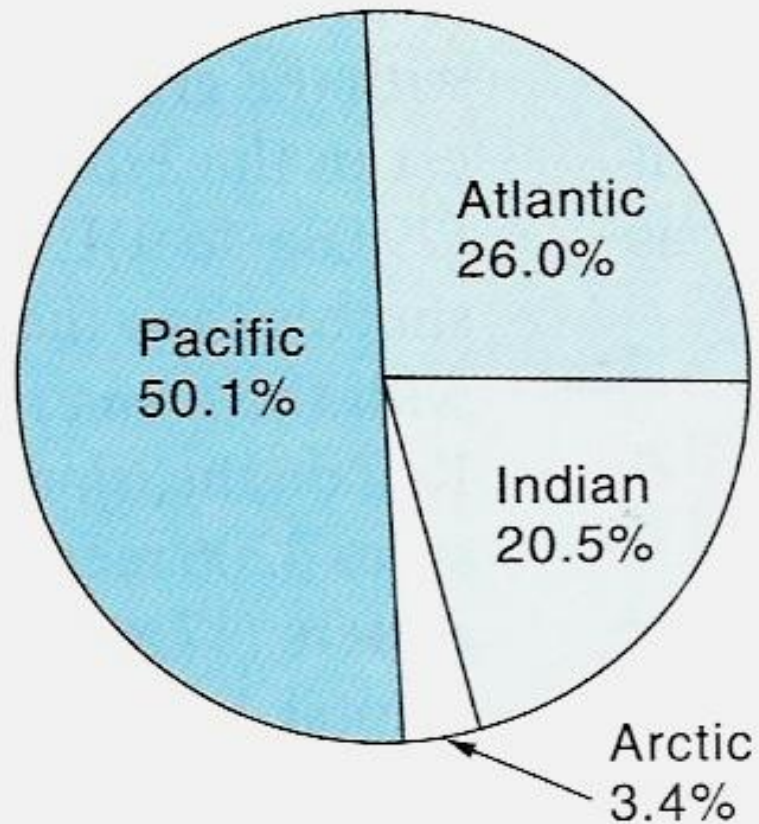


Water hemisphere
11.6% Land
88.4% Water

(a) Earth's Surface



(b) Relative Ocean Size

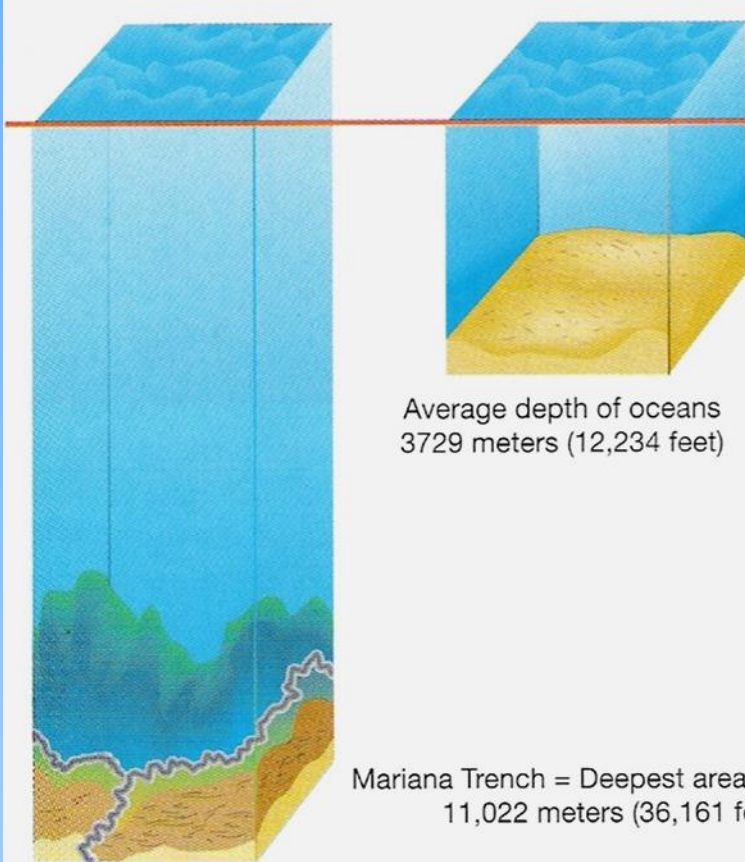


Mount Everest = Highest mountain
8850 meters (29,035 feet)

Average height of the land
840 meters (2756 feet)

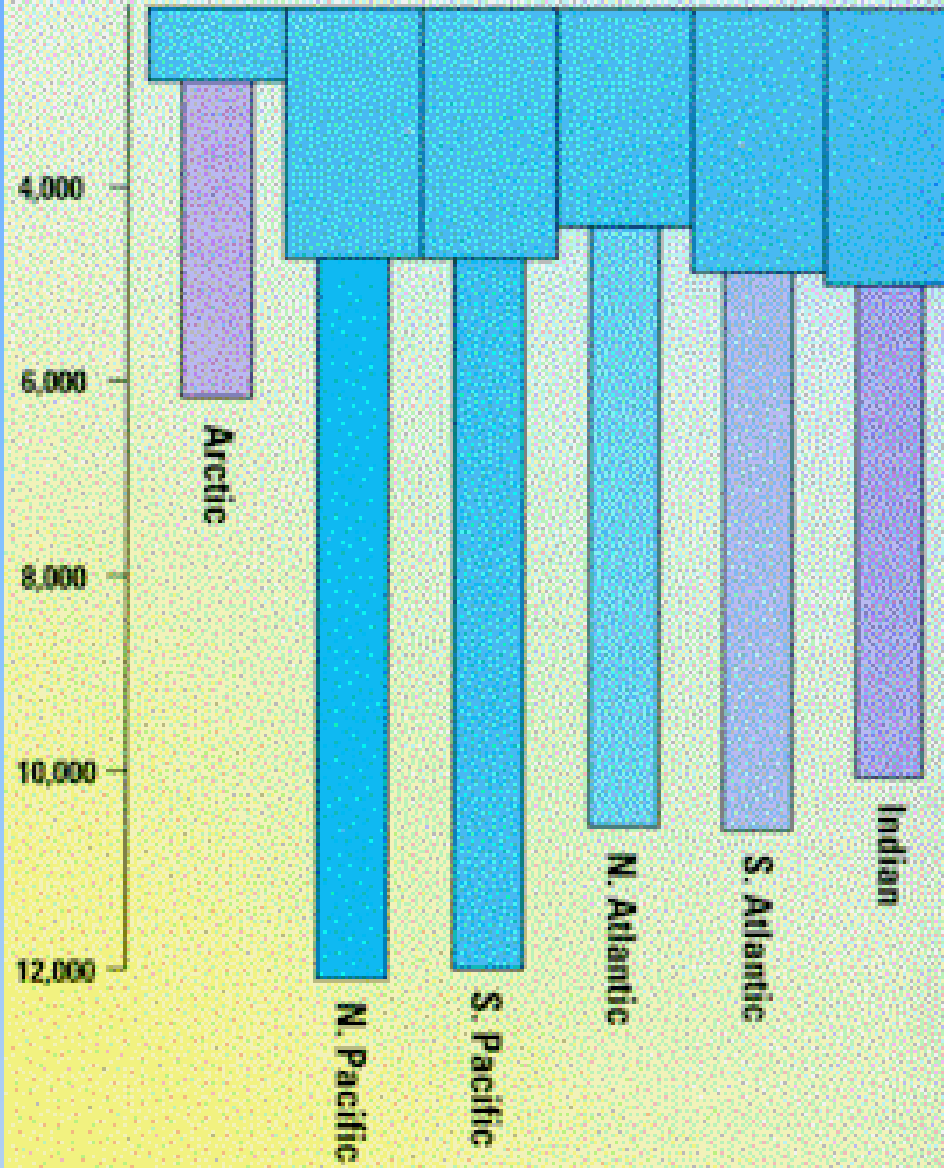
Average depth of oceans
3729 meters (12,234 feet)

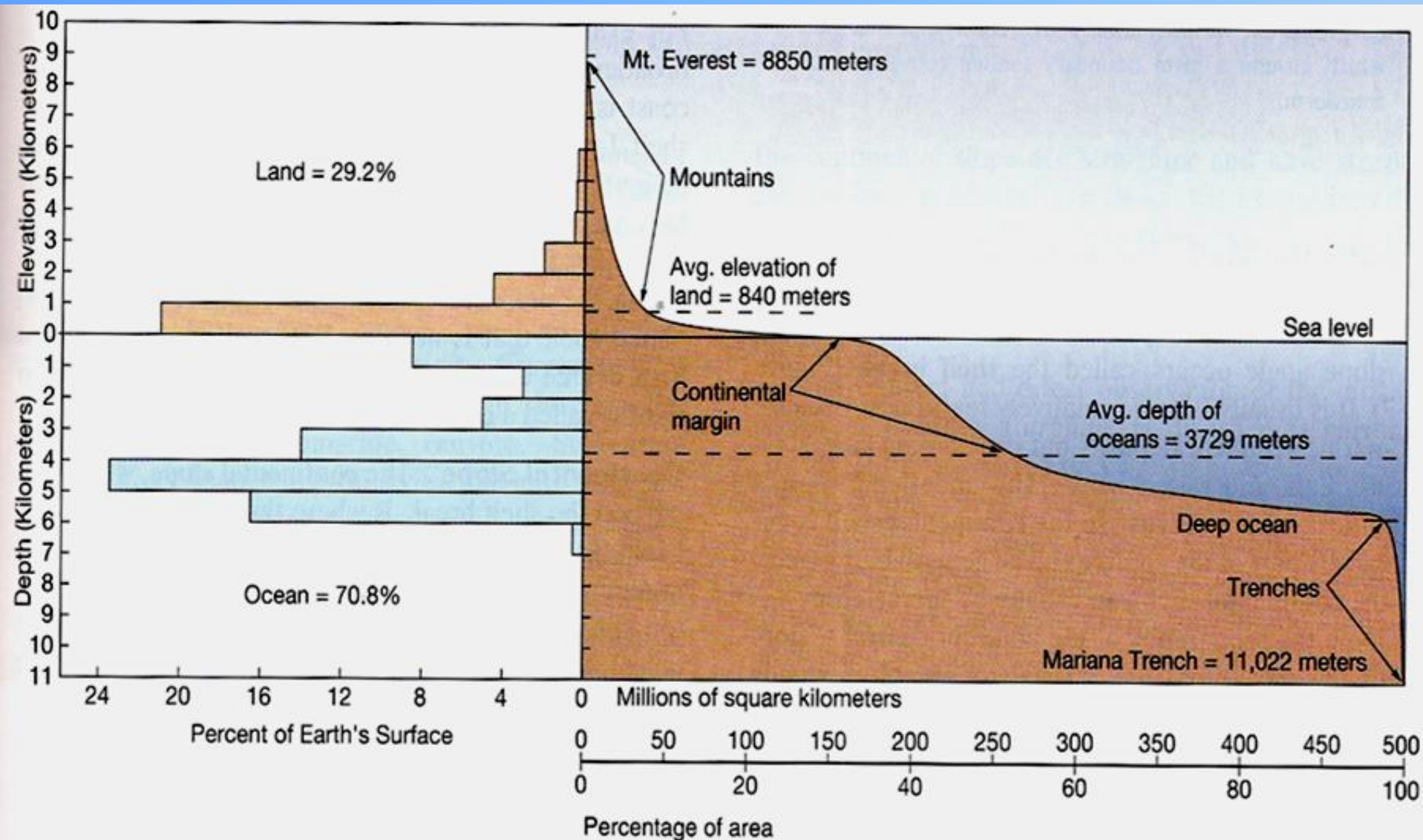
Mariana Trench = Deepest area of oceans
11,022 meters (36,161 feet)



The Ocean Depths

Average and maximum depths of the world's great oceans, in metres

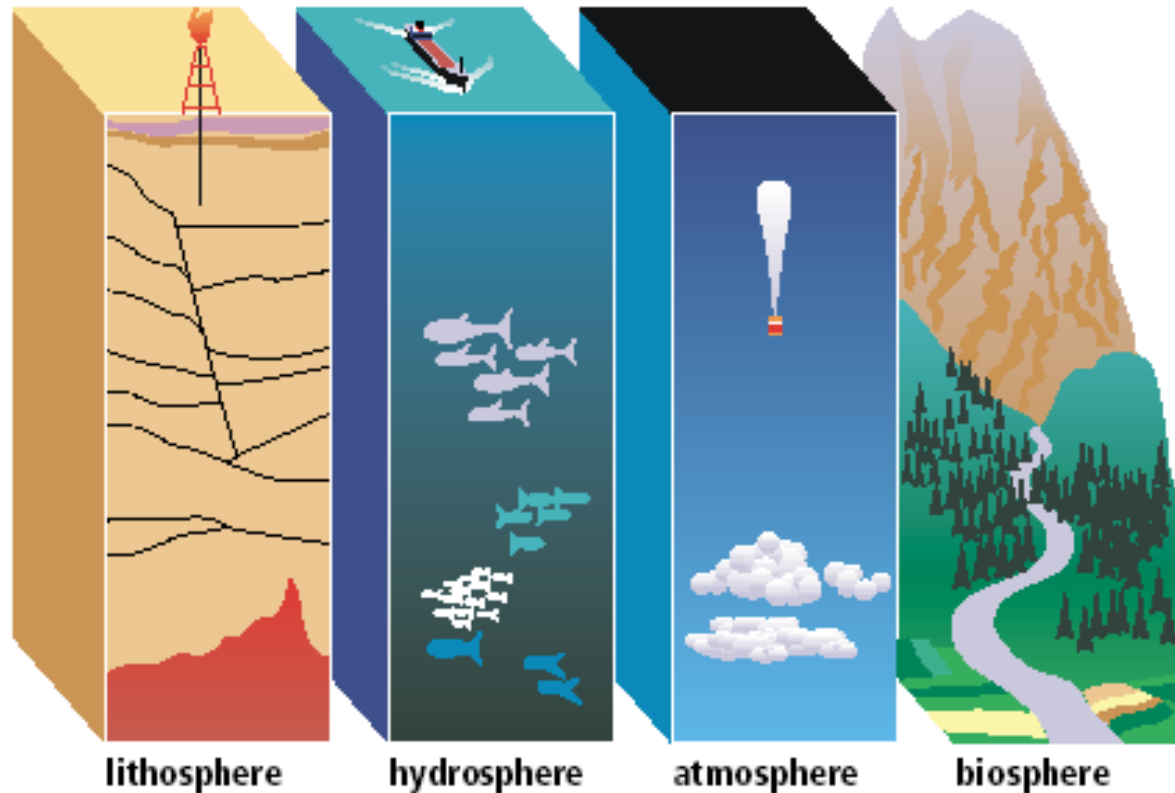
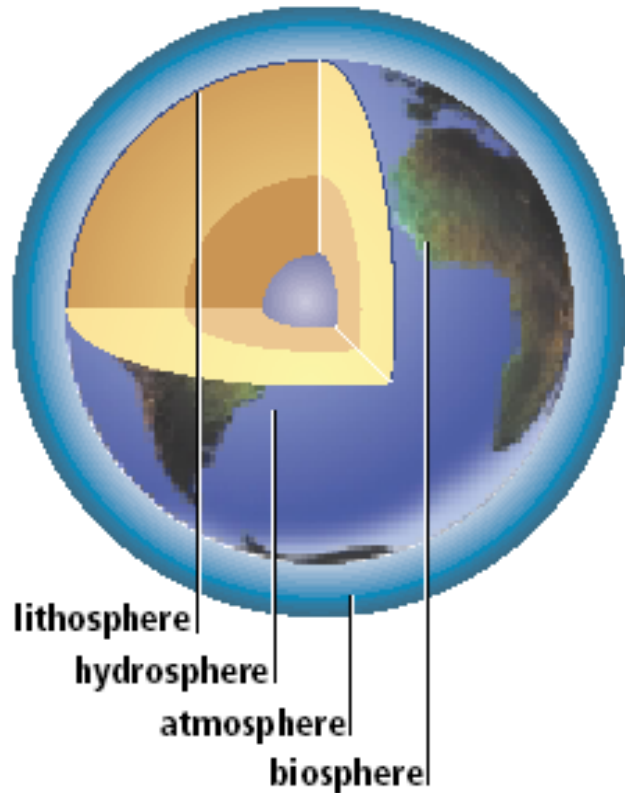




Βιβλιογραφία

- **K. Turekian : Oceans**
- **R.C.Sharma, M.Vatal : Oceanography for Geographers**
- **H.V.Thurman, A.P.Trujillo: Essentials of Oceanography**
- **B.Voituriez : The Changing Ocean**
- **M.Grant Gross: Oceanography, A view of the earth**
- **Scientific American, Vol 9, No 3, 1998: The Oceans,**
- **Scientific American, Vol 249, No3, 1983,: The dynamic earth**
- **Σ.Λεοντάρης (Καθηγ. Γεωλογίας): Εισαγωγή στην Ωκεανογραφία**

Where is the water on Earth?



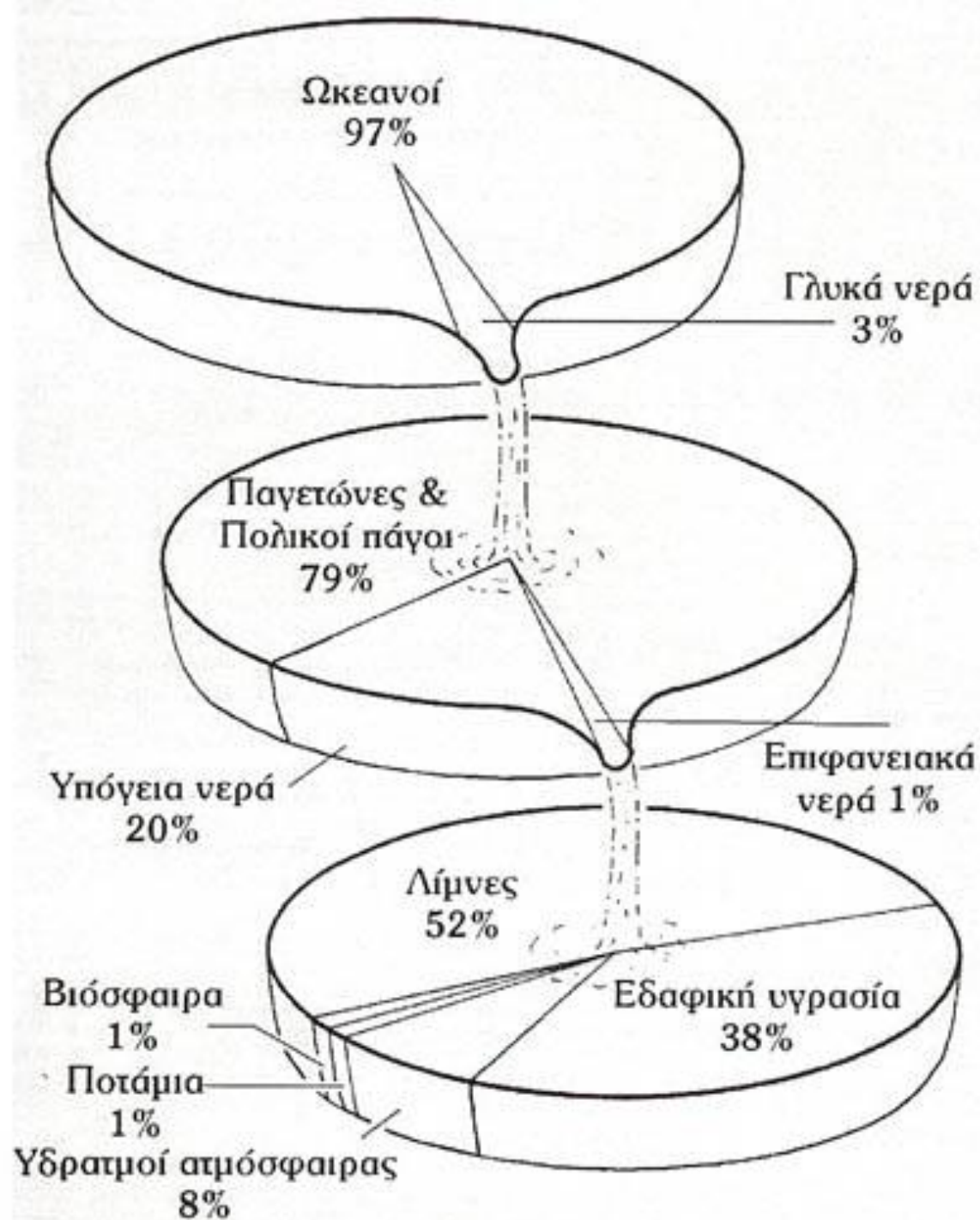
The Earth is divided into 4 spheres:

The Lithosphere: this consist of the solid rock and soil component of the crust and upper mantle;

the Hydrosphere: the water on, in and around the earth;

the Atmosphere: the gases surrounding the earth; and

the Biosphere: the living things on the earth

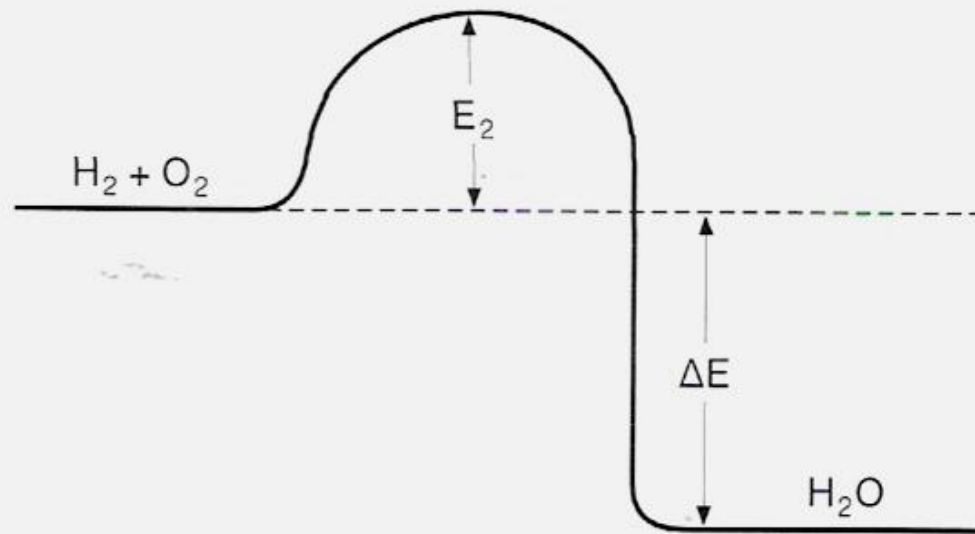


Ο υδρολογικός κύκλος

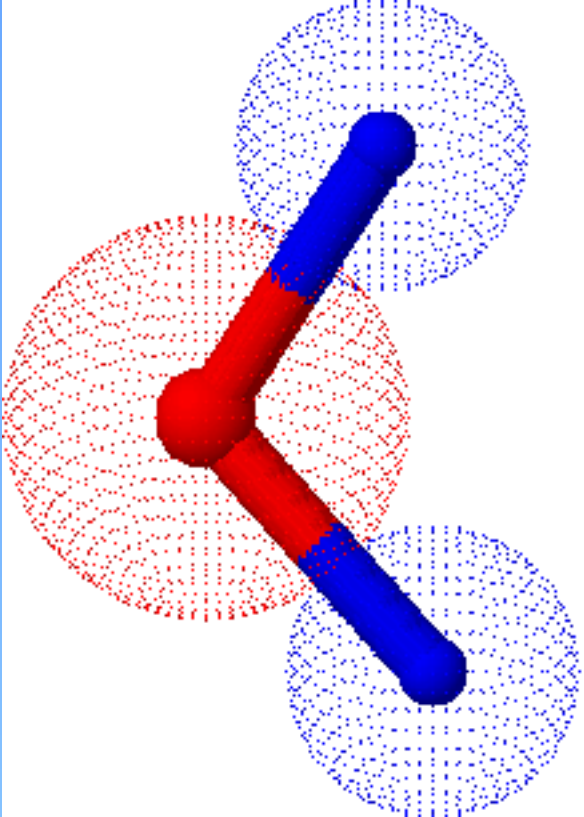


Το νερό είναι μία ιδιαίτερος ενδιαφέρουσα και πολύπλοκη ένωση που παρ' όλα ταύτα δεν είναι δύσκολο να κατανοηθεί σε πολλά σημεία της αν γίνει αντιληπτή η μοριακή της δομή.

Ήδη τίθεται το ερώτημα αν είναι κατ' αρχάς ένωση θερμοδυναμικά σταθερή. Πράγματι θερμοδυναμικά είναι σταθερότατη. Ο σχηματισμός 1 mole H_2O από τα στοιχεία του H_2 και O_2 παρέχει ελεύθερη ενέργεια $-54,507$ Kcal.



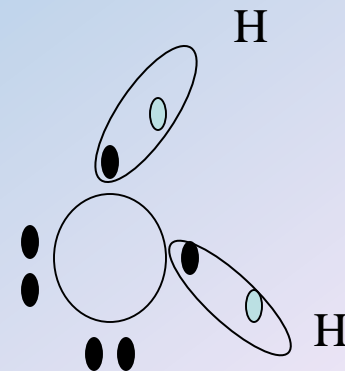
Water molecule

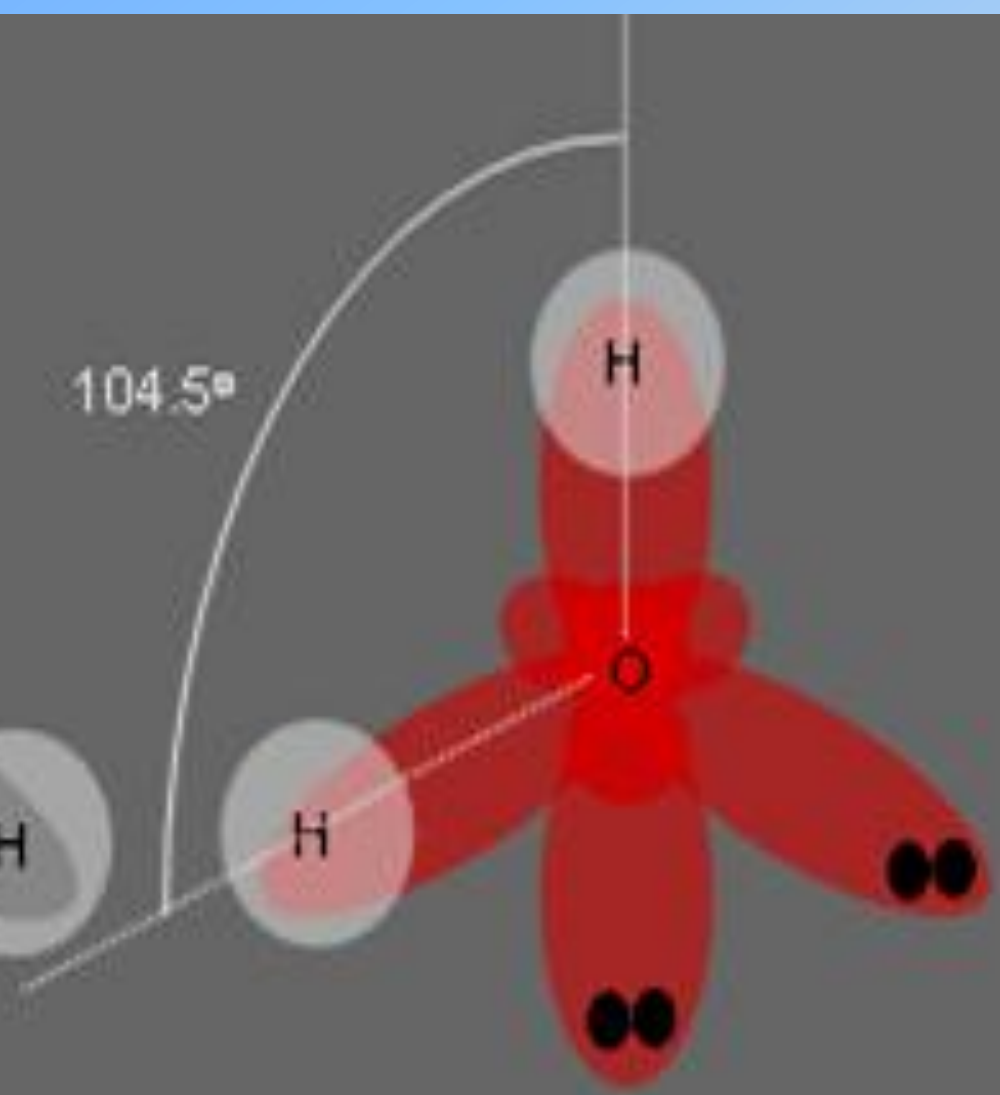
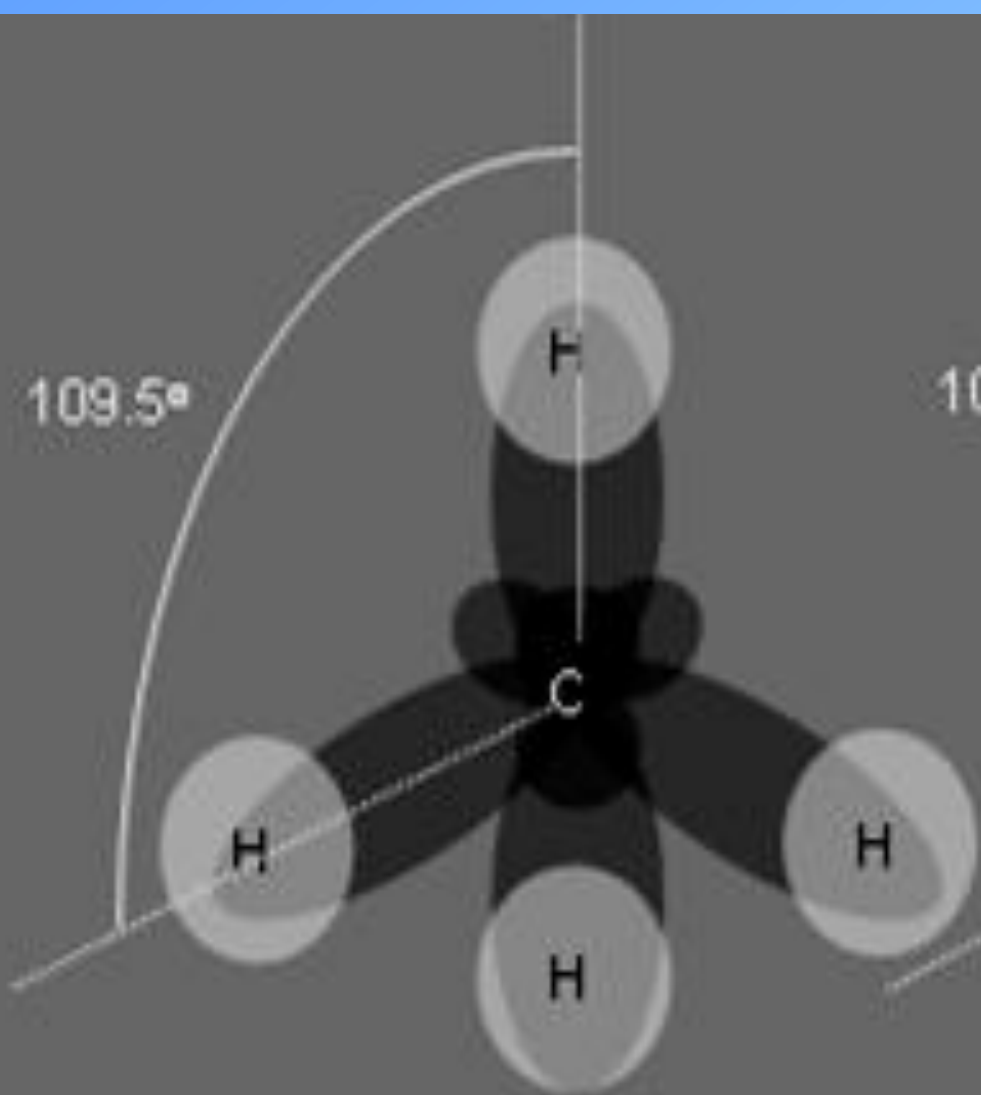


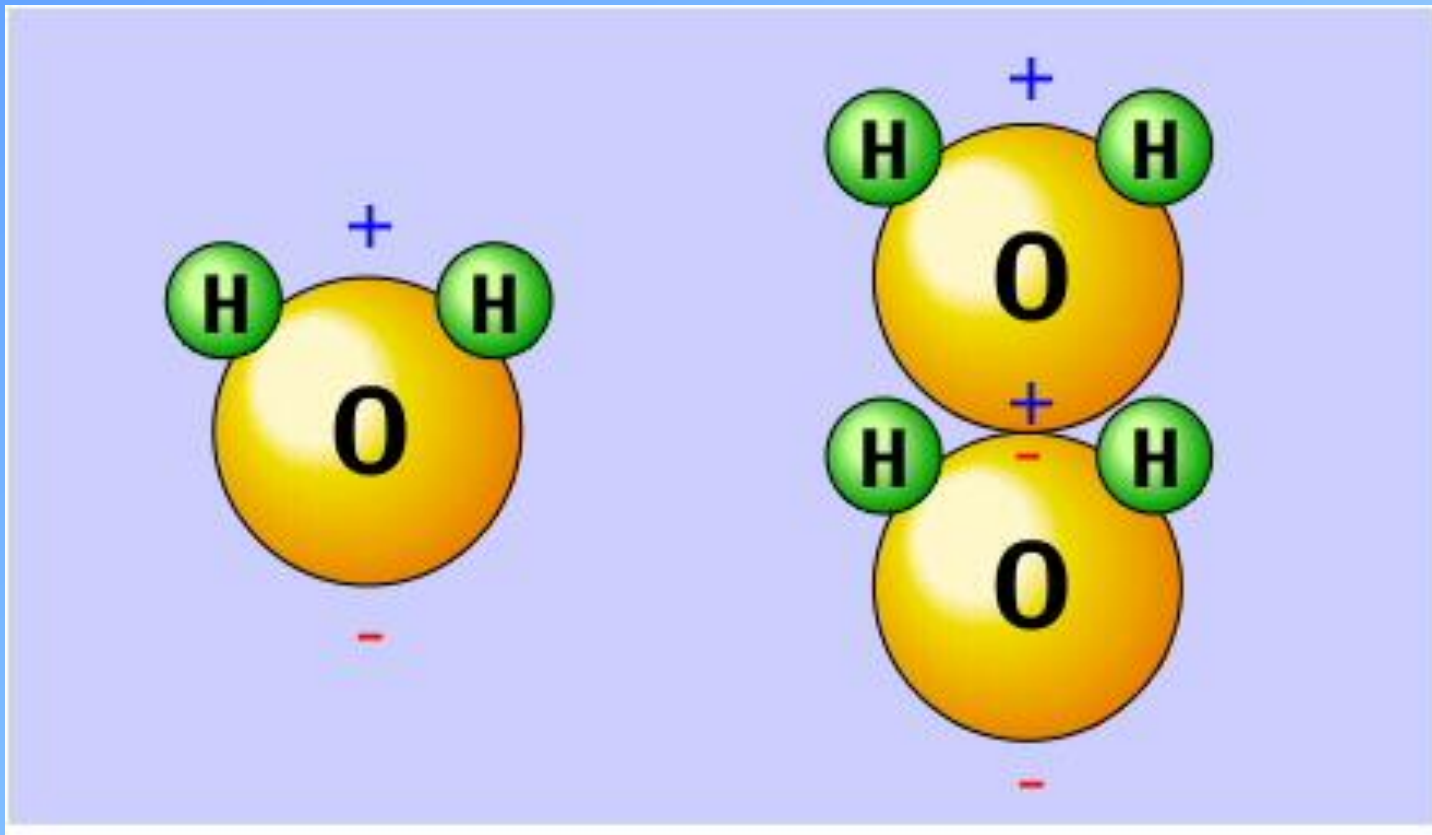
O: Has 6 electrons in the outer sphere, but 2 unpaired which make bonds.

O: $1s^2 2s^2 2p_z^2 2p_y 2p_x$

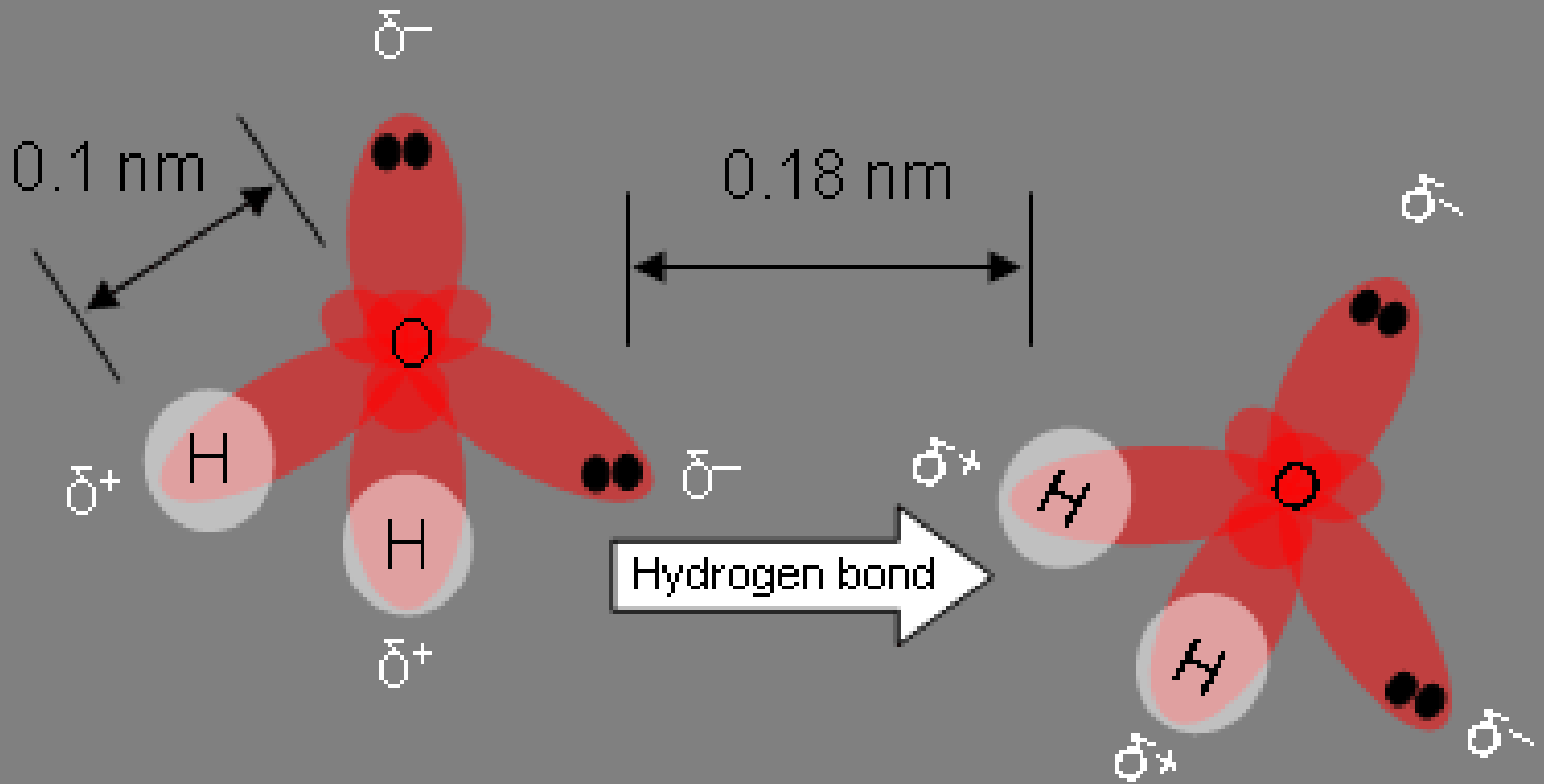
- Each one of the two unpaired electrons of the O is bounded to the one e^- of the Hydrogens => two bonds O-H







Because electrons are more attracted to the oxygen atom, the two hydrogens become slightly positively charged and the oxygen atom becomes negatively charged. This separation between negative and positive charges creates what is known as a **polar molecule**, meaning a molecule that has an electrical charge on its surface.

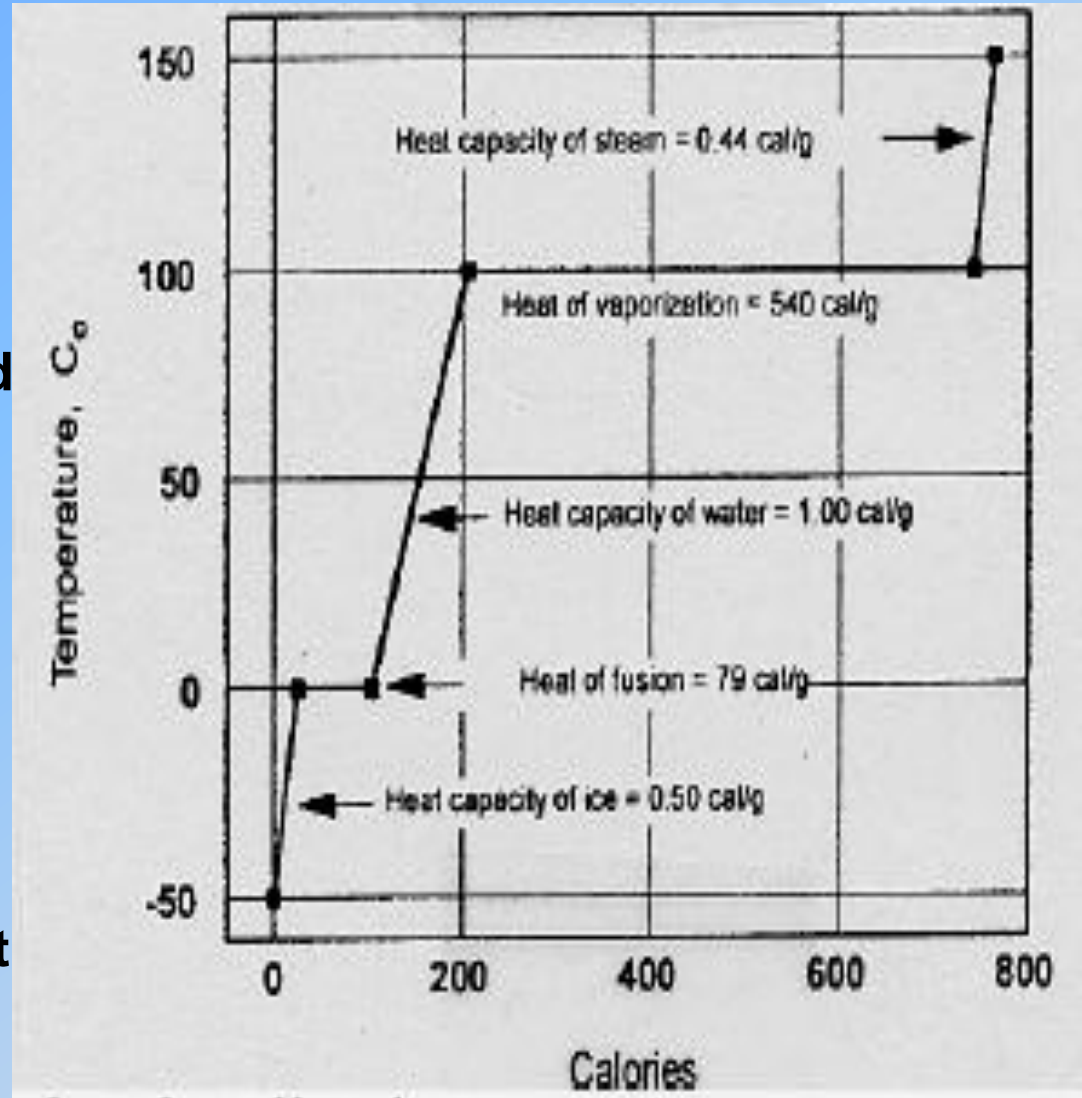


The H- Bond is the force that holds the water molecules one to another. It is a bond between H and O (or other electronegative atoms: e.g. F, N). So H- bond also occurs in substances other than water. The H-O---H bond is relatively strong and has a strength of about 4.5 kcal mol⁻¹, compared to 10-20 kcal mol⁻¹ for ionic bonds and ~0.5 kcal mol⁻¹ for van der Waals bonds.

The Results of the H-Bond -

➤ **high heat capacity.** Heat Capacity (C_p) is the thermal energy it takes to raise 1gm of a substance by 1°C . Water has the highest heat capacity of all solids and liquids except liquid NH_3 . This is because it takes a lot of energy to break the hydrogen bonds and change the structure of water. Thus water has a large thermal buffer capacity and acts as a climate buffer.

➤ **high heat of evaporation** mammals cool by sweating! - it takes energy ($\Delta H = 540 \text{ cal g}^{-1}$) to break the hydrogen bonds. In fact water has the highest heat of evaporation of all liquids.

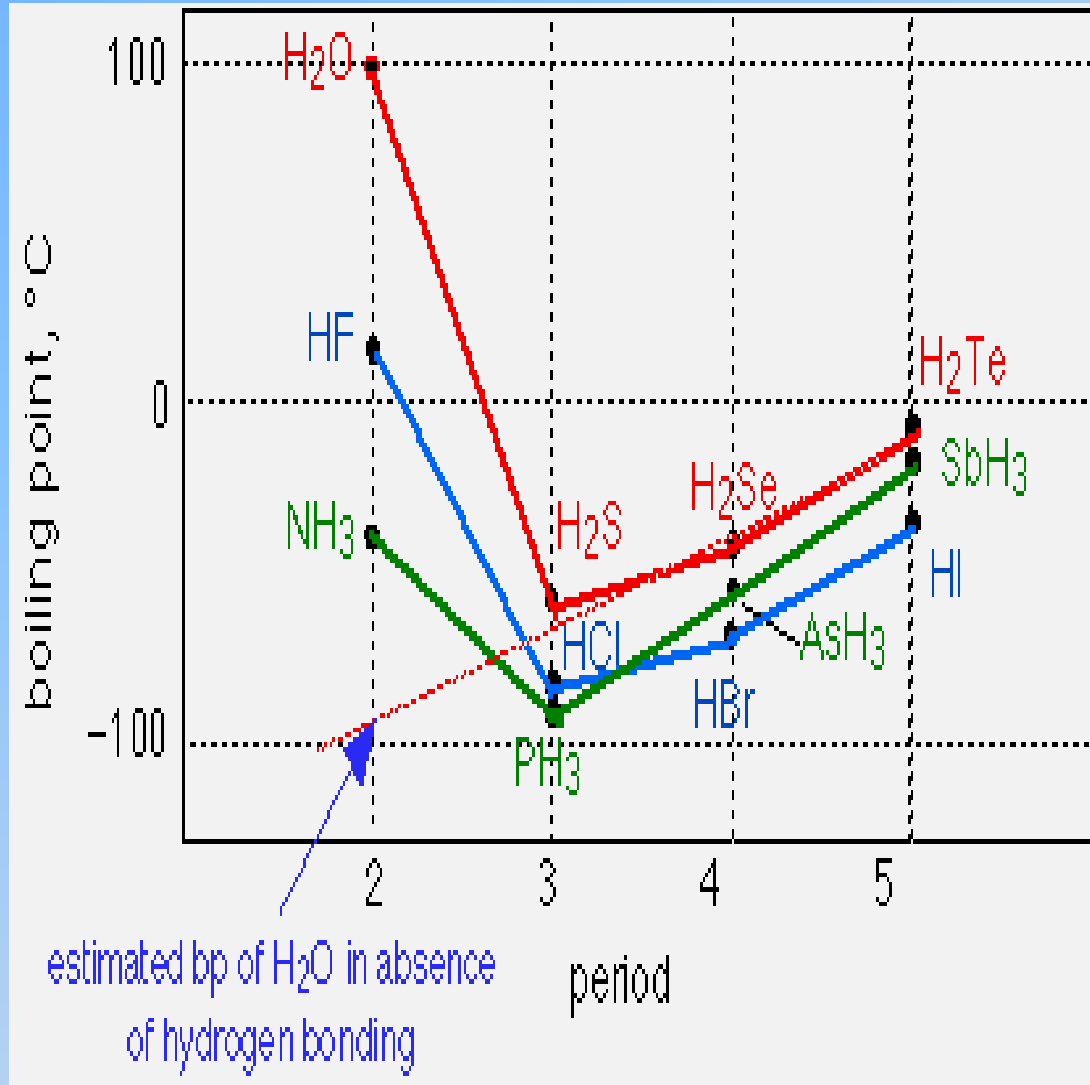


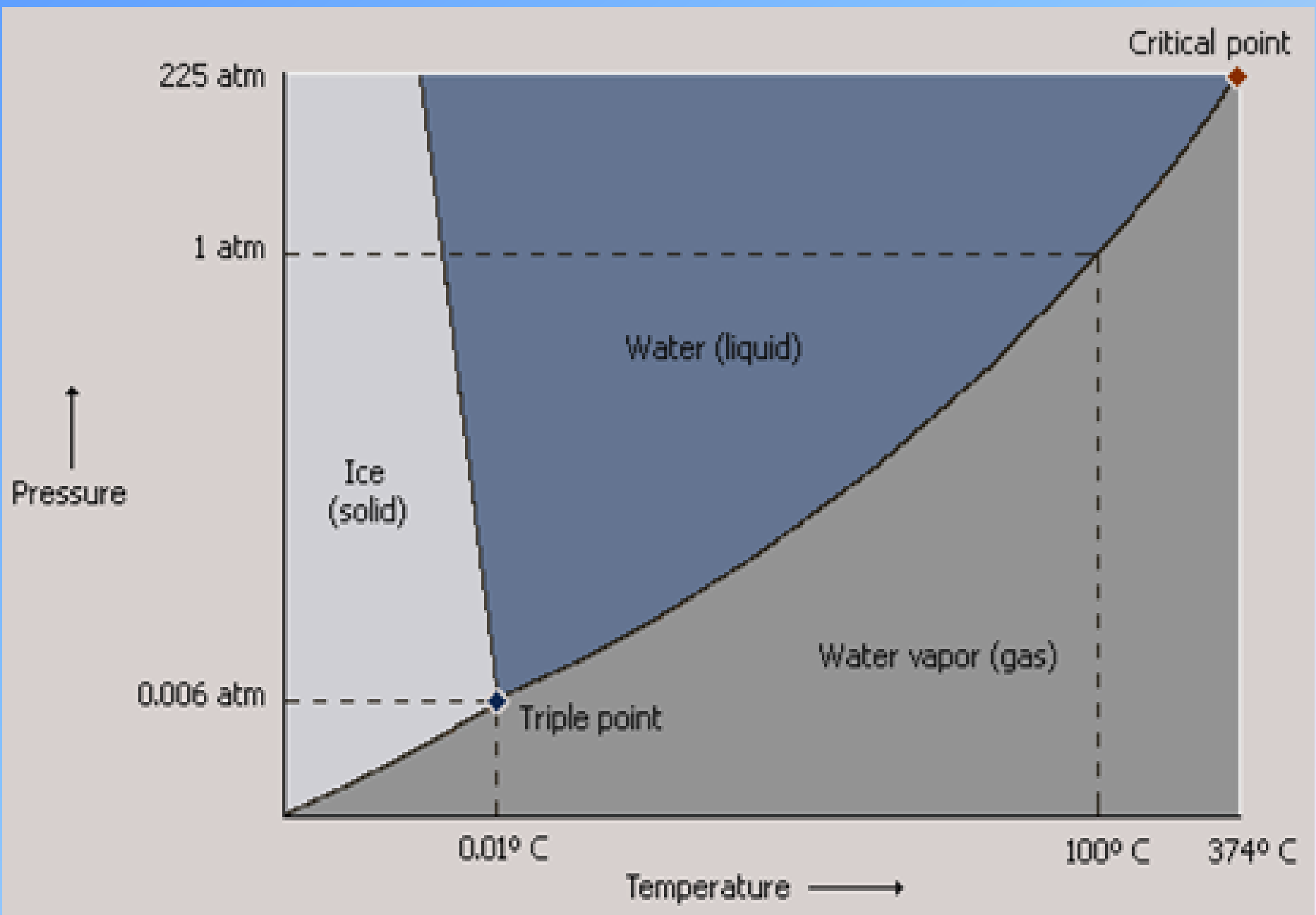
➤ **low heat of freezing** Water structure can move easily to the ice structure

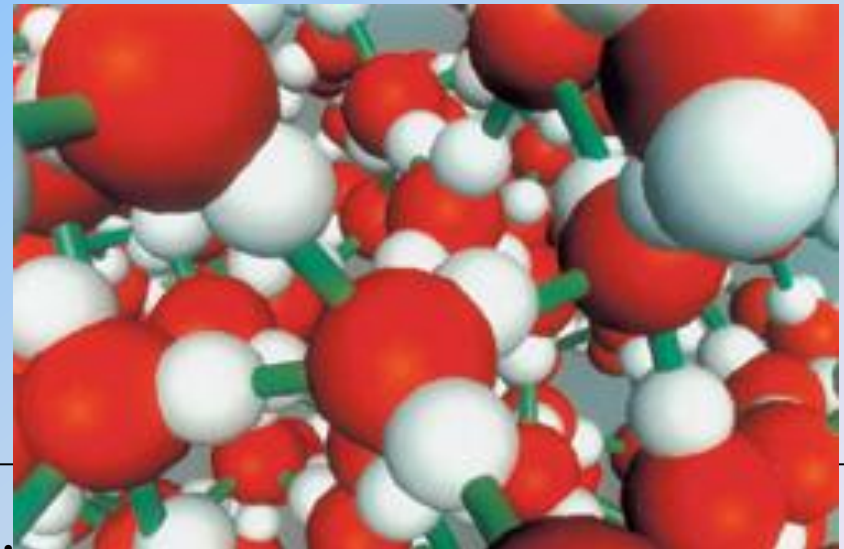
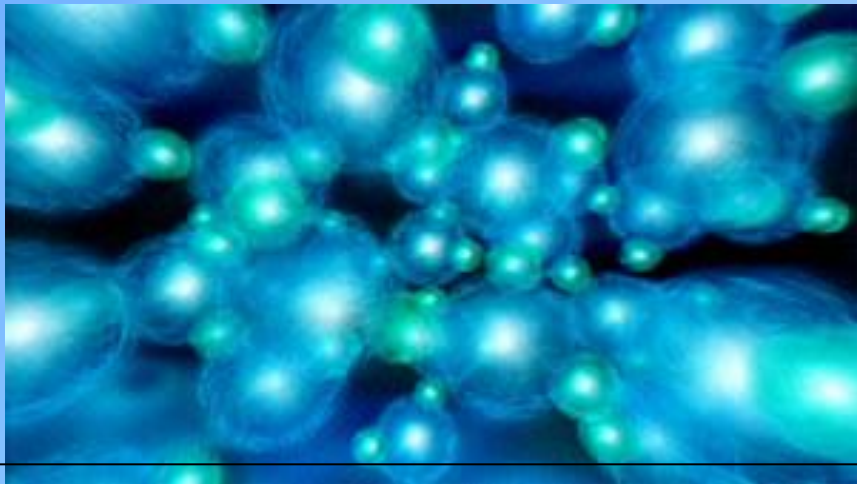
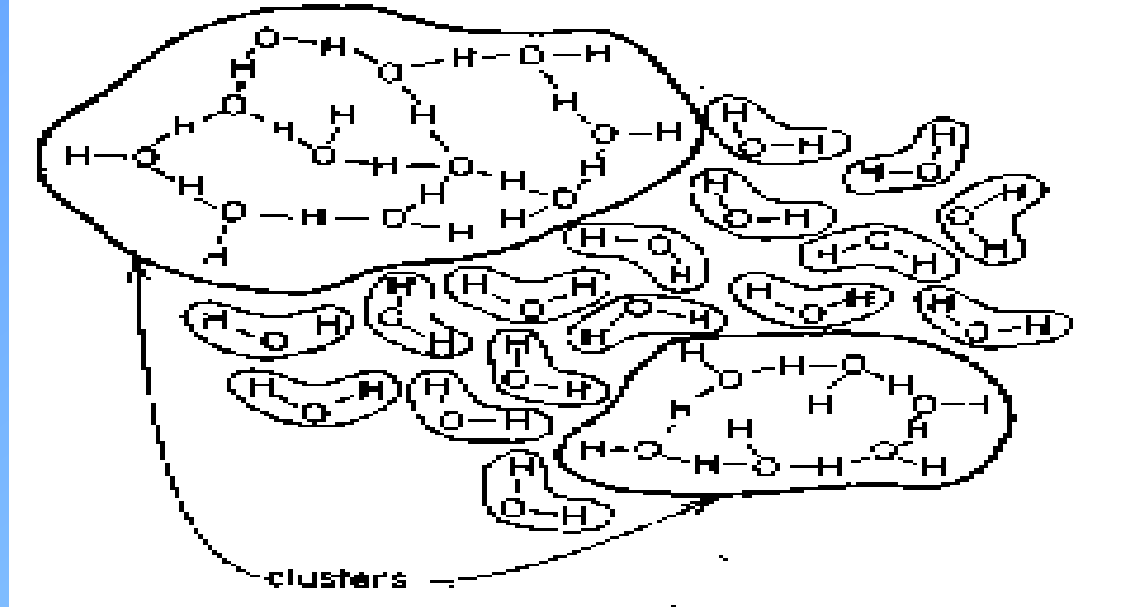
The Results of the H-Bond

➤ **high boiling point** The boiling points and freezing points of the group VIA hydrides (S, Se and Te) fall on a line of decreasing B.P./F.P. with decreasing molecular weight except water. The projected B.P. should be -68°C while the real value is 100°C .

➤ **high freezing point** Easier to freeze than convert to a gas. The freezing point 0°C is enormously high. The projected F.P. is -90°C . The heat of freezing is only $1/7$ that of evaporation implying that there is a relative small difference in the number of bonds between water and ice.

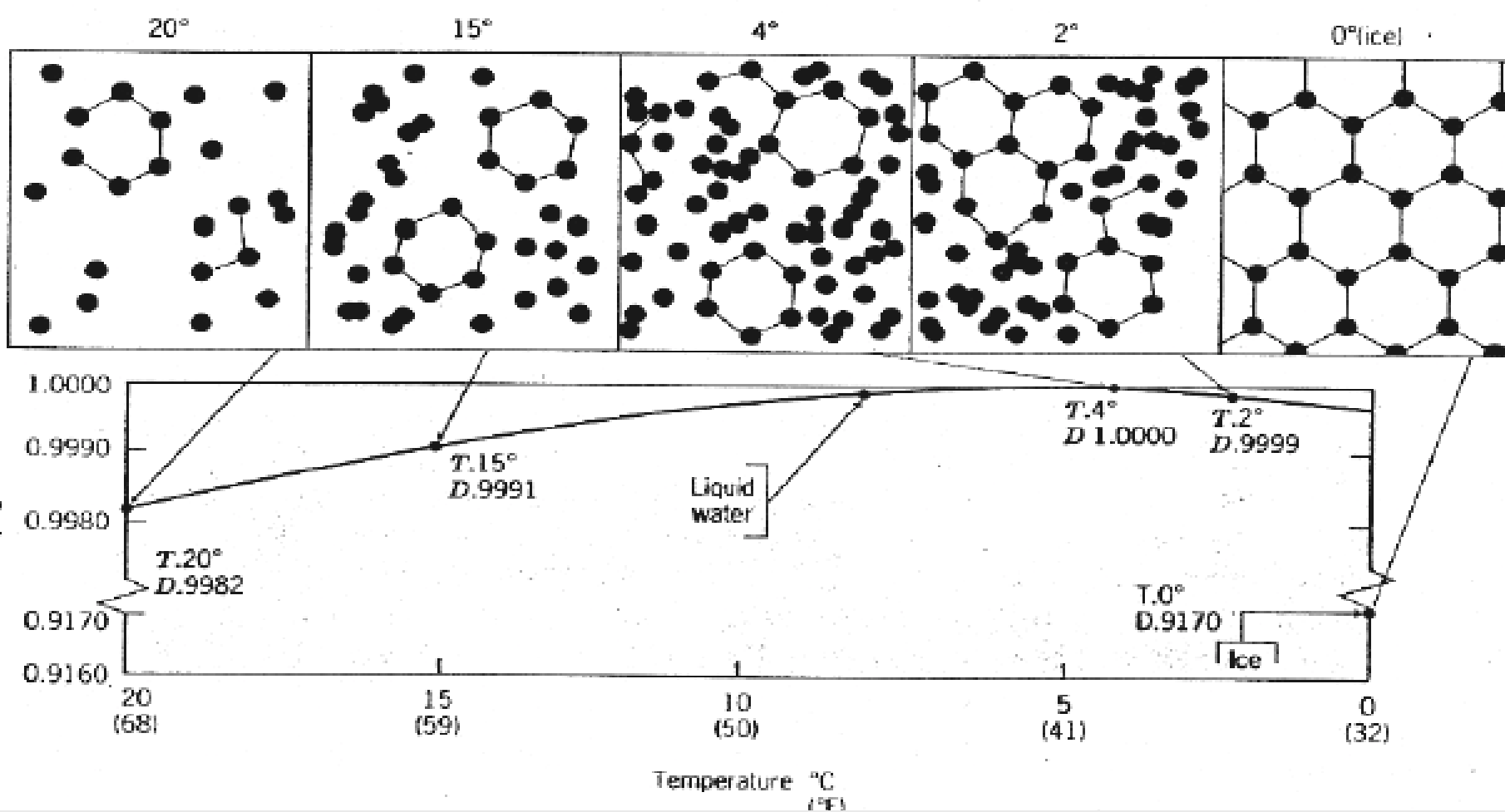




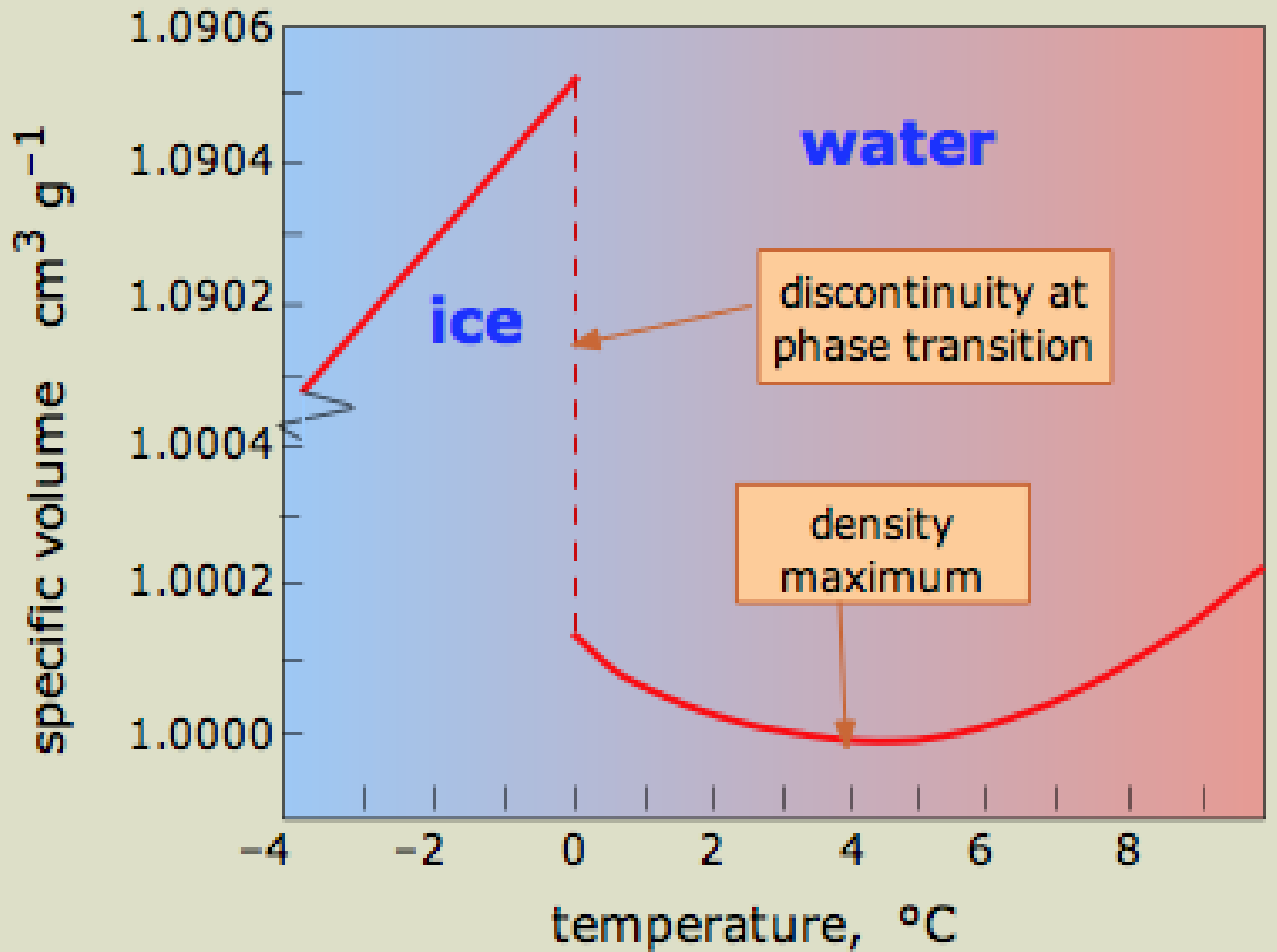


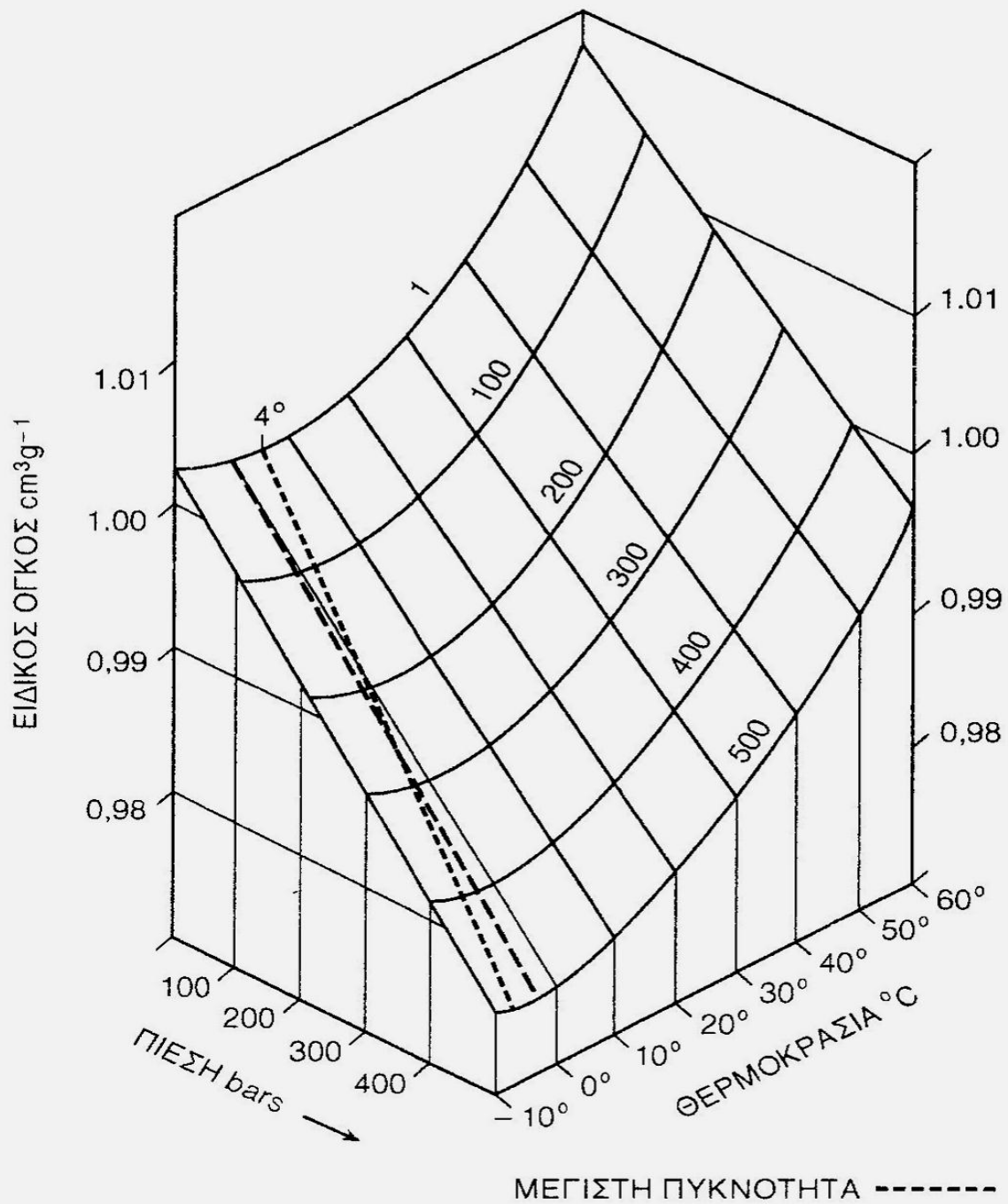
Recent work from Richard SayKally's laboratory shows that the hydrogen bonds in liquid water break and re-form so rapidly (often in distorted configurations) that the liquid can be regarded as a continuous network of hydrogen-bonded molecules.

This computer-generated nanoscale view of liquid water is from the lab of Gene Stanley of Boston University . The oxygen atoms are red, the hydrogen atoms white

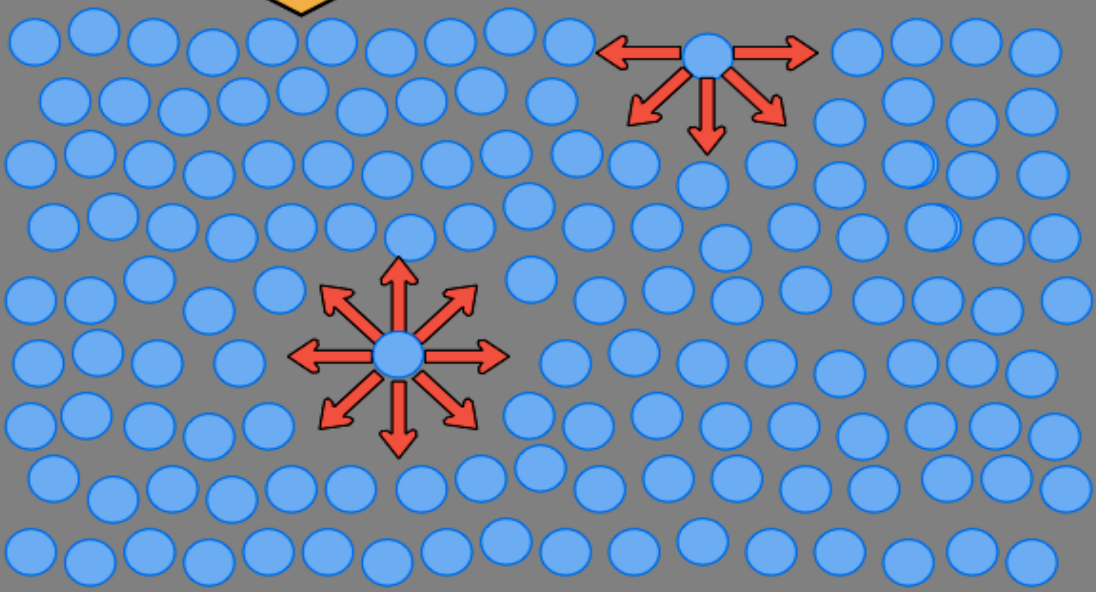


The ice contains a lot of cavities. The more cavities, the less density. When the temperature raises, some H-bonds start to break, the water molecules fill the cavities => less cavities => lower volume => higher density - water "anomaly". The normal situation is that with raising of temperature, the thermal motion of the molecules increases => the volume increases => the density decreases ($d=m/v$), so the ice should be below the liquid water. Up to 4°C. Increasing the temperature, the water follows the "normal situation", because the thermal motions are the prevailing ones.

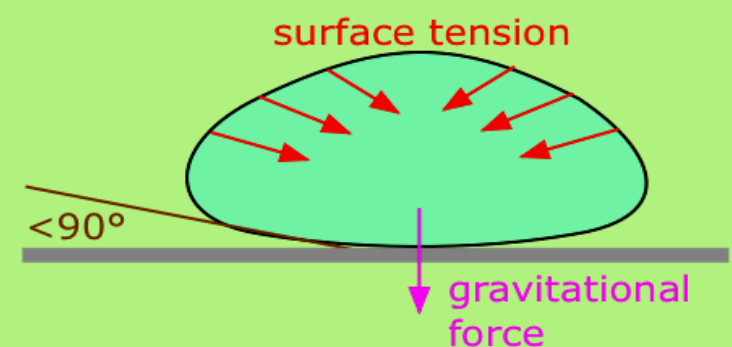




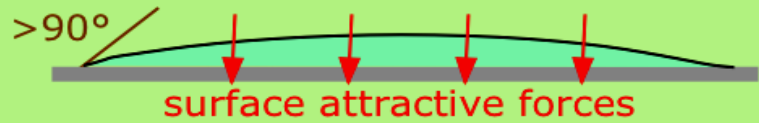
liquid surface



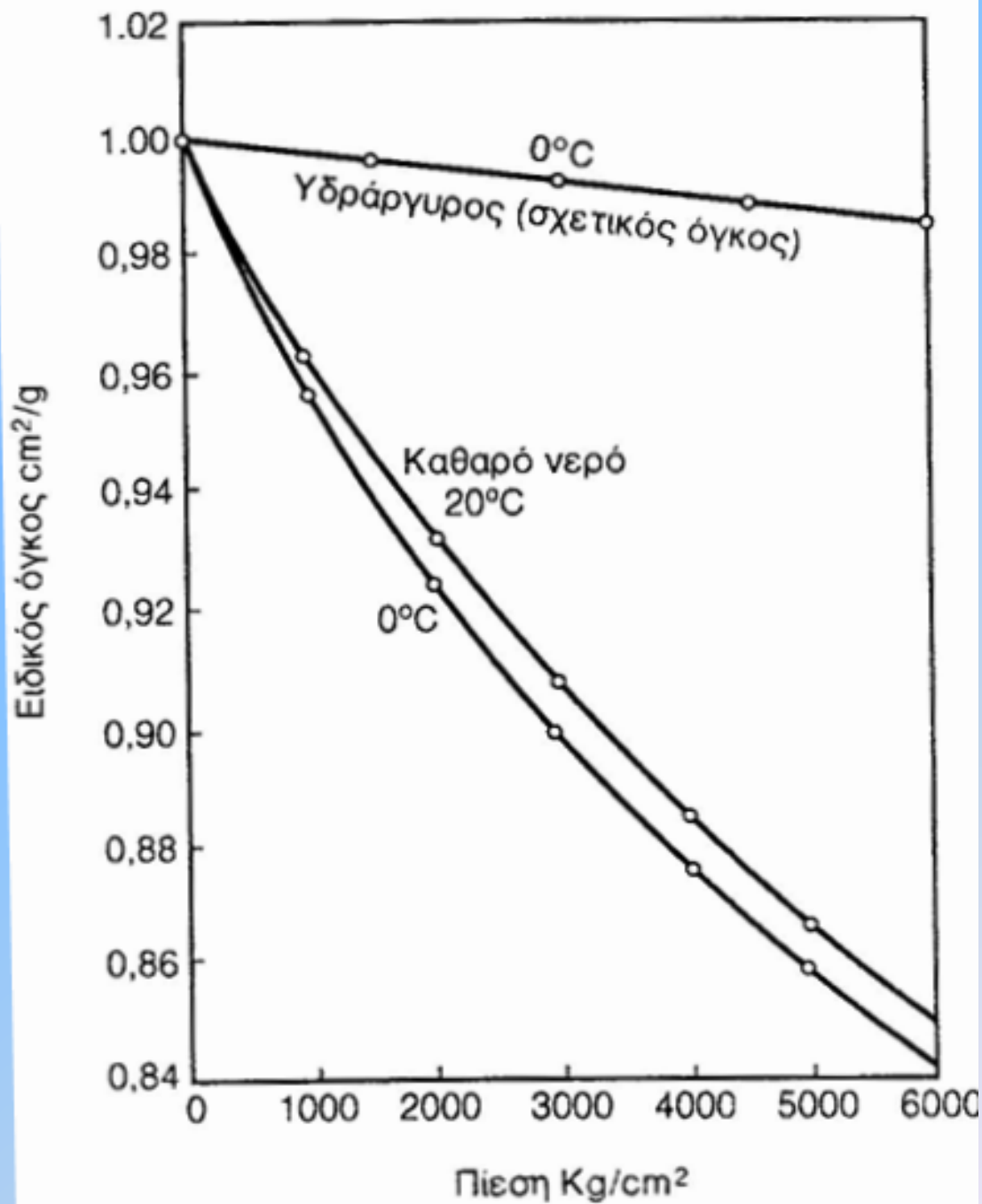
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ Είναι η τάση των υγρών να ελαττώσουν την επιφάνειά τους και οφείλεται στις ελκτικές δυνάμεις που ασκούν τα μόρια του υγρού στα μόρια της επιφάνειάς του. Γενικά: Αποτελεί μέτρο των ελκτικών δυνάμεων προς το εσωτερικό του υγρού. Όσο ισχυρότερες είναι οι διαμοριακές δυνάμεις τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφανειακή τάση. Στην επιφανειακή τάση οφείλονται το σφαιρικό σχήμα των στογόνων του νερού.

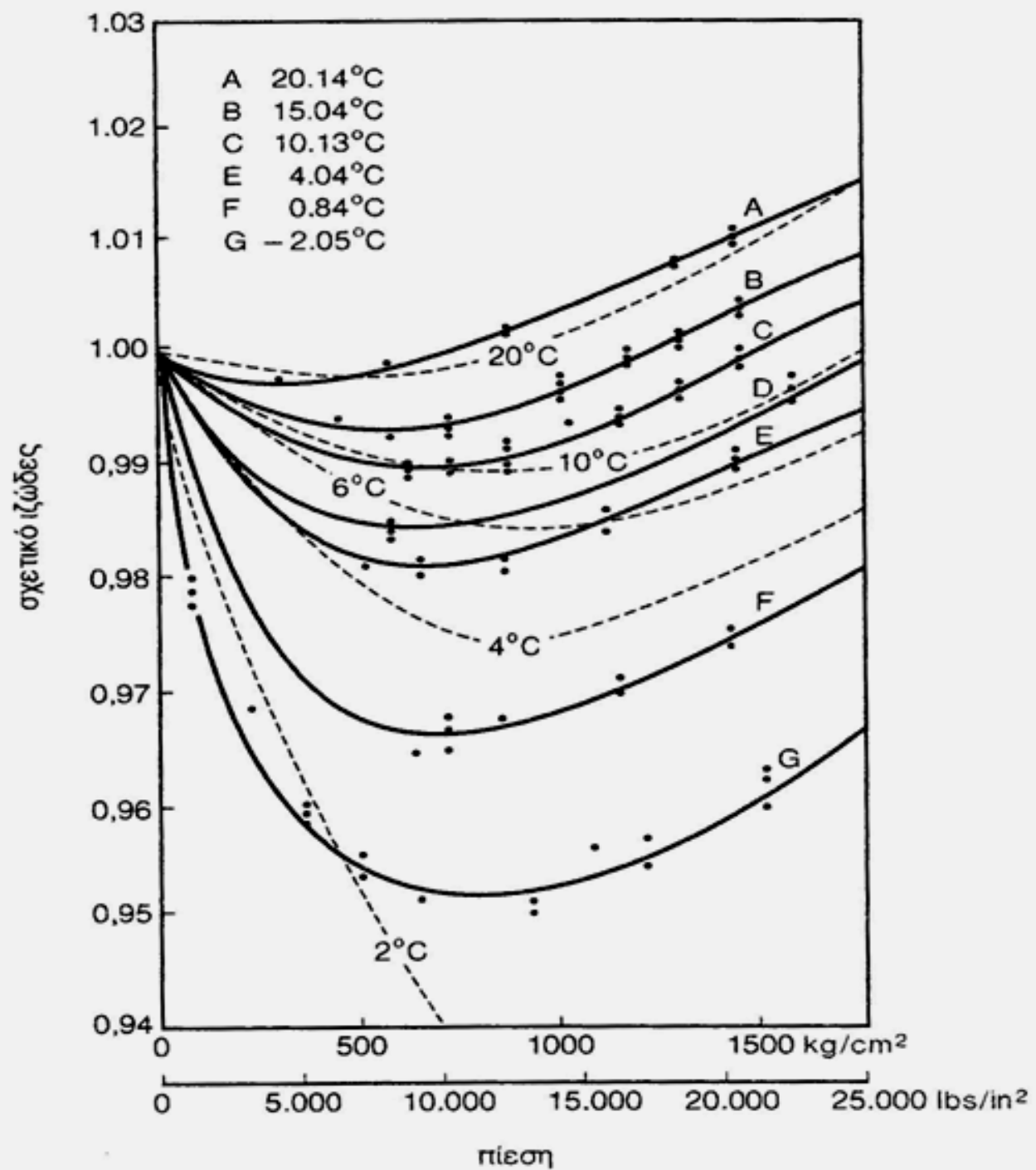


Liquid on a non-wettable surface, surface tension dominating attractive forces on surface.



When attractive forces to surface exceed surface tension, the liquid wets the surface.

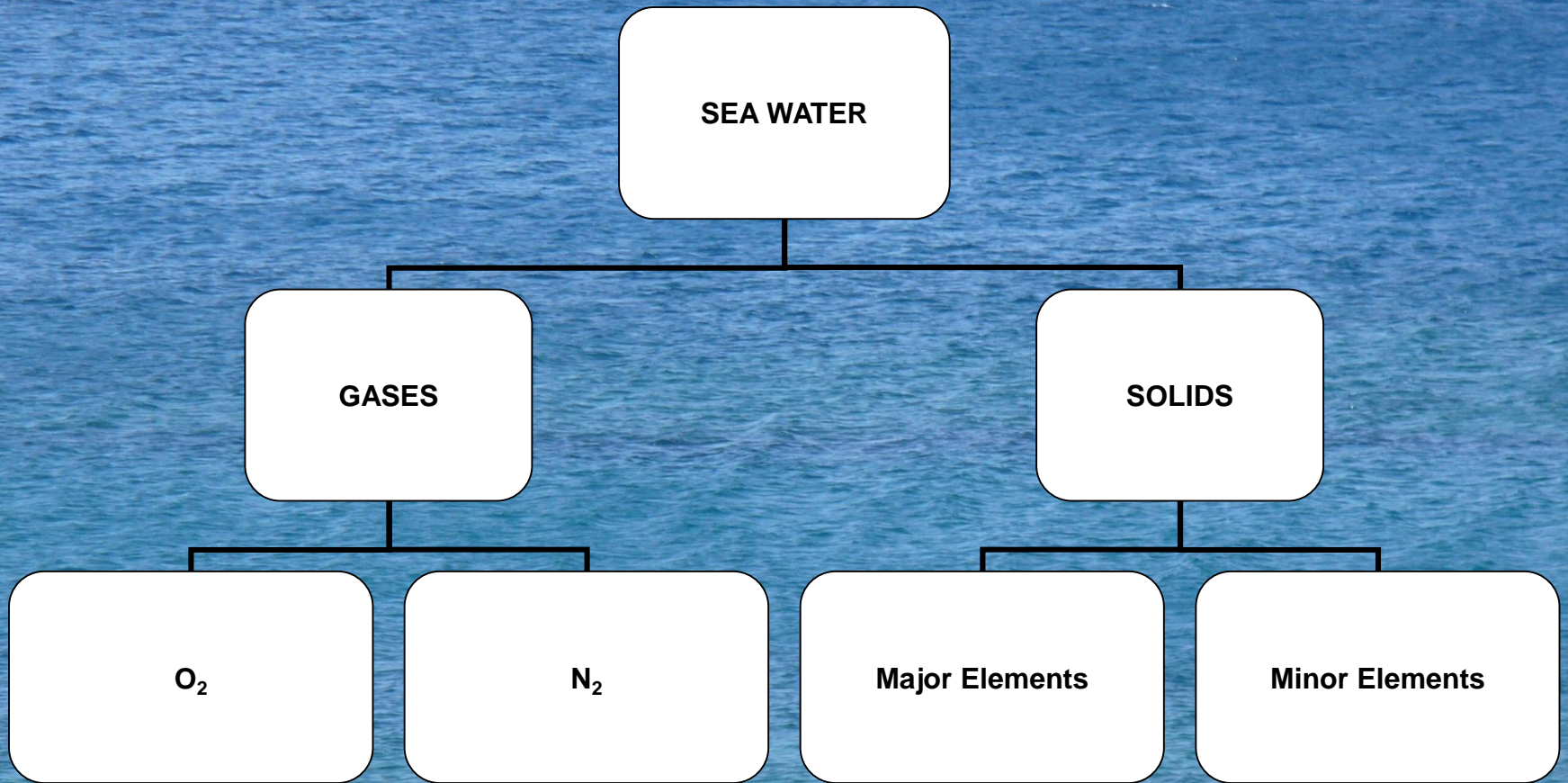




The Anomalous Properties of Water

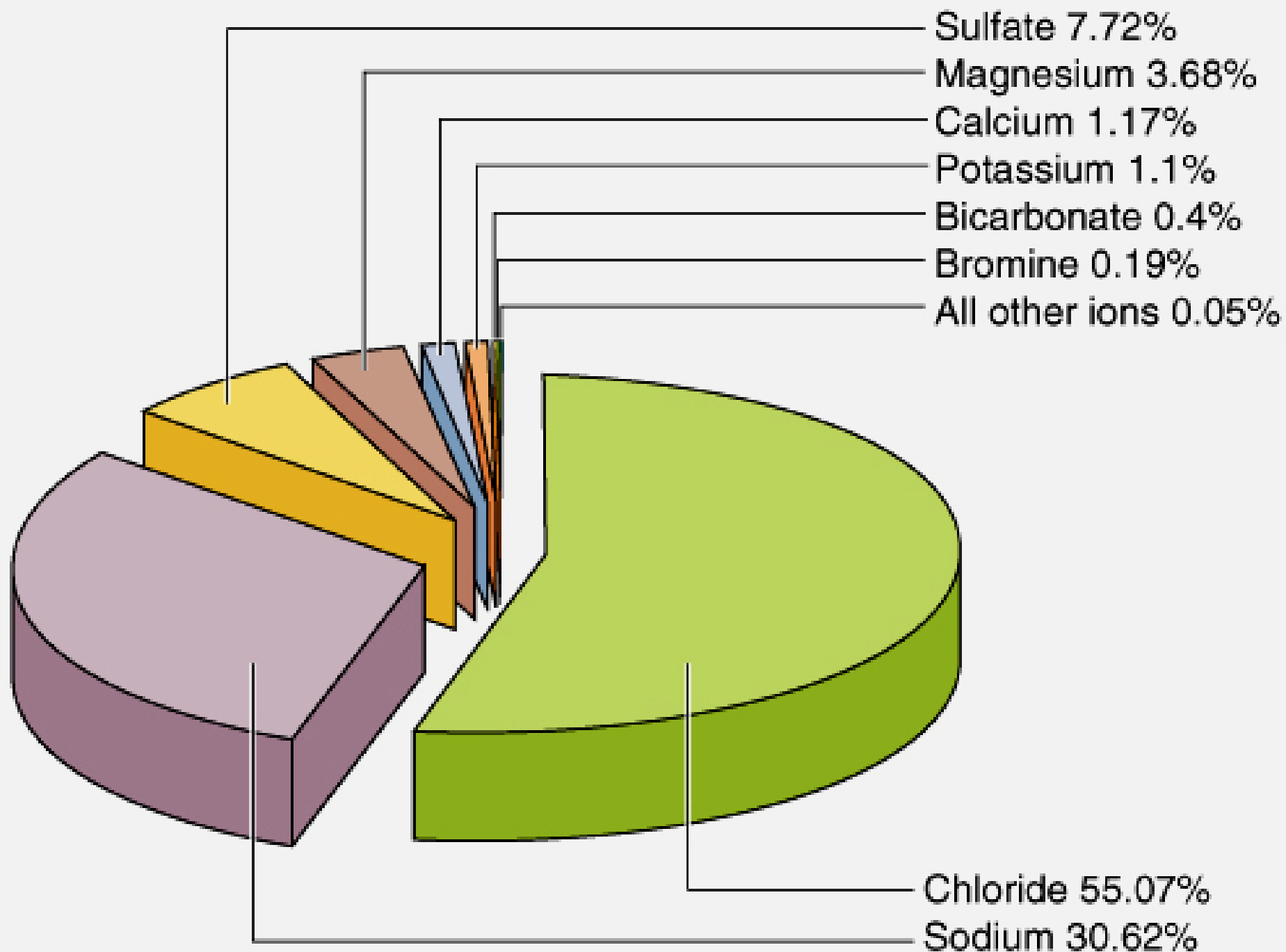
(originally presented by Sverdrup, Johnson and Fleming in 1942) include:

| Property | Comparison | Importance |
|---|--|--|
| Heat capacity (C_p ; $\text{cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) Thermal energy to raise 1 gm of a substance by 1 $^\circ\text{C}$. | Highest of all solids & liquids, except liquid NH_3 | Prevents extreme ranges in temperature; Energy transfer by water movements is large |
| Heat of fusion ($\Delta H = 79 \text{ cal g}^{-1}$) Energy needed to break the hydrogen bonds. | Highest except for NH_3 | Absorption or release of latent heat results in large thermostatic effects. Important for energy transfer and climate. |
| Heat of vaporization ($\Delta H = 540 \text{ cal g}^{-1}$) Energy needed to convert water to vapor | Highest of all liquids | Thermostatic effect; Energy transfer |
| Boiling point (100 $^\circ\text{C}$; projected -68 $^\circ\text{C}$) Freezing point (0 $^\circ\text{C}$; projected -90 $^\circ\text{C}$) | Much higher than expected (compared to other hydrides) | Water exists in 3 phases within the critical temperature range that accommodates life |
| Heat of freezing; only 1/7 that of evaporation | Low; Water structure can move easily into ice. | Implying relatively small difference in the # of bonds between water and ice |
| Surface tension; water likes itself relative to most other surfaces ($7.2 \times 10^9 \text{ N m}^{-1}$) Measure of the strength of a liquid surface | Highest of all substances | Waves, drops and aerosol sea salt formation. Cell physiology |
| Dielectric constant; Charge insulation and dissolving power as a result of ion hydration (87 at 0 $^\circ\text{C}$, 80 at 20 $^\circ\text{C}$) | Highest of all substances except H_2O_2 and HCN | Solubility of salts & ion reactions |
| Dissolving power | Highest of all liquids both # of substances and quantities | Implications for biological and physical phenomena |
| Electrolytic dissociation | Very small | A neutral substance, yet contains both H^+ and OH^- ions |
| Transparency Absorption of radiant energy is large in IR and UV; Relatively uniform in the visible. | Relatively large | Water is "colorless"; Important for photosynthetic and photochemical reactions |
| Conduction of heat (a molecular process) | Highest of all liquids | Important for small-scale heat transfer, as in living cells. |
| Molecular viscosity ($= 10^{-5} \text{ N s m}^{-2}$) Measure of resistance to distortion (flow) | Less than most other liquids at same temperature. | Water flows readily to equalize pressure differences. |
| Compressibility | Relatively low (more similar to a solid) | Large increase in presses with depth causes only slight increase in density |
| Thermal expansion (for pure water it is at 4 $^\circ\text{C}$) | Temperature of maximum density decreases with increasing salinity. | Waters with salinity less than 25 have maximum density at temperatures above the freezing point |



The twelve most common ions in the sea

| Ion | Concentration / mg dm⁻³ | % by mass of the total dissolved solids | Concentration / mol dm⁻³ |
|--|---|--|--|
| Chloride, Cl ⁻ | 19 000 | 55.04 | 0.535 |
| Sodium, Na ⁺ | 10 500 | 30.42 | 0.457 |
| Sulfate(VI), SO ₄ ²⁻ | 2 655 | 7.69 | 0.028 |
| Magnesium, Mg ²⁺ | 1 350 | 3.91 | 0.056 |
| Calcium, Ca ²⁺ | 400 | 1.16 | 0.010 |
| Potassium, K ⁺ | 380 | 1.10 | 0.009 7 |
| Carbonate, CO ₃ ²⁻ | 140 | 0.41 | 0.002 3 |
| Bromide, Br ⁻ | 65 | 0.19 | 0.000 81 |
| Borate, BO ₃ ³⁻ | 20 | 0.06 | 0.000 34 |
| Silicate, SiO ₃ ²⁻ | 8 | 0.02 | 0.000 11 |
| Strontium, Sr ²⁺ | 8 | 0.02 | 0.000 09 |
| Fluoride, F ⁻ | 1 | 0.003 | 0.000 05 |

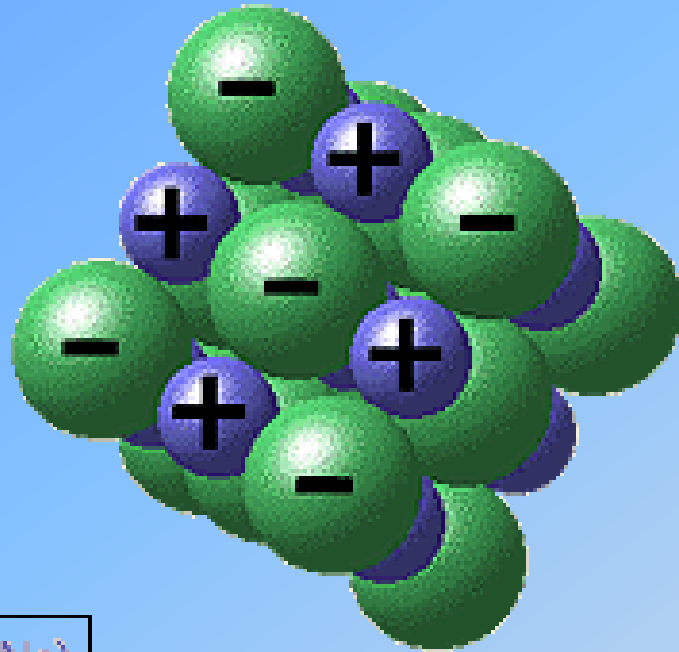


| Lyman and Fleming (1940) | | Kalle (1945) | |
|---|------------------|--------------------------------|--------|
| | (g.) | | (g.) |
| NaCl | 23.939 | NaCl | 28.566 |
| MgCl ₂ | 5.079 | MgCl ₂ | 3.887 |
| Na ₂ SO ₄ | 3.994 | MgSO ₄ | 1.787 |
| CaCl ₂ | 1.123 | CaSO ₄ | 1.308 |
| KCl | 0.667 | K ₂ SO ₄ | 0.832 |
| NaHCO ₃ | 0.196 | CaCO ₃ | 0.124 |
| KBr | 0.098 | KBr | 0.103 |
| H ₃ BO ₃ | 0.027 | SrSO ₄ | 0.0288 |
| SrCl ₂ | 0.024 | H ₃ BO ₃ | 0.0282 |
| NaF | 0.003 | | |
| Water to | 1 kg | Water to | 1 kg |
| | | | |
| Kester <i>et al.</i> (1967) | | | |
| A. Gravimetric salts | | | |
| | | g kg ⁻¹ | |
| NaCl | | 23.926 | |
| Na ₂ SO ₄ | | 4.008 | |
| KCl | | 0.667 | |
| NaHCO ₃ | | 0.196 | |
| KBr | | 0.098 | |
| H ₃ BO ₃ | | 0.026 | |
| NaF | | 0.003 | |
| B. Volumetric salts (standardized by Mohr method) | | | |
| | Approx. molarity | Use volume equivalent to | |
| Mg ₂ 6H ₂ O | 1.0 M | 1.297 g Mg kg ⁻¹ | |
| CaCl ₂ 2H ₂ O | 1.0 M | 0.406 g Ca kg ⁻¹ | |
| SrCl ₂ 6H ₂ O | 0.1 M | 0.0133 g Sr kg ⁻¹ | |
| C Water to 1 kg | | | |

Note: (i) Allowance must be made for water of crystallization of any of the salts used.

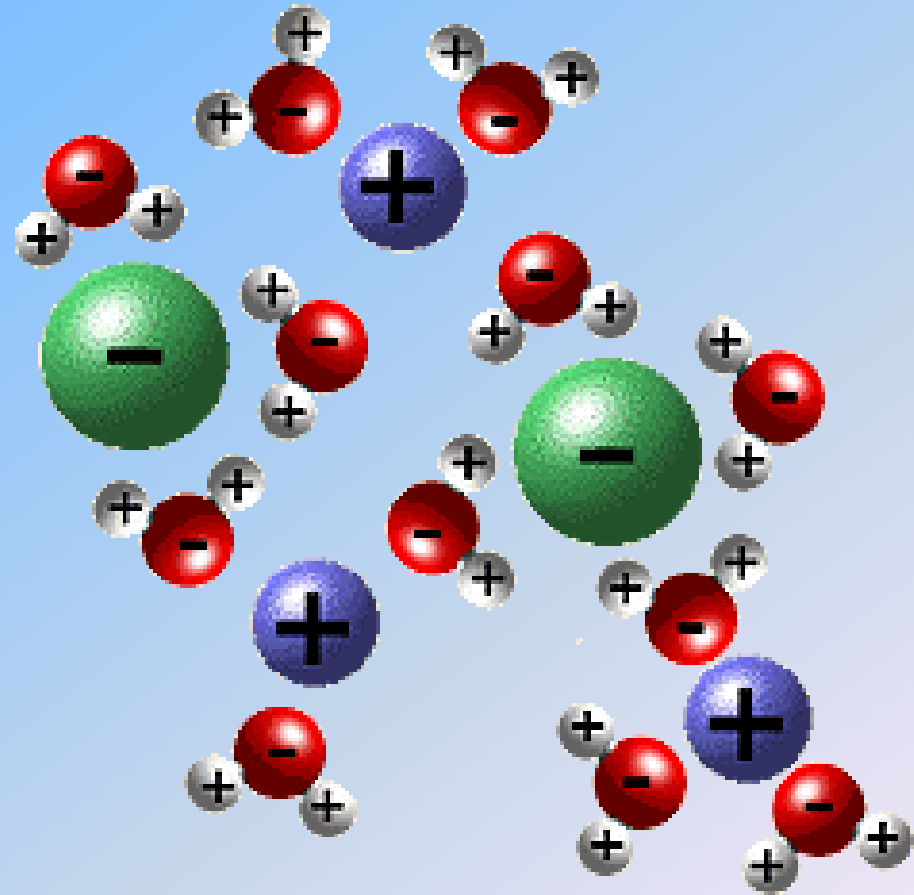
(ii) After aeration the pH should lie between 7.9 and 8.3.

NaCl crystal structure

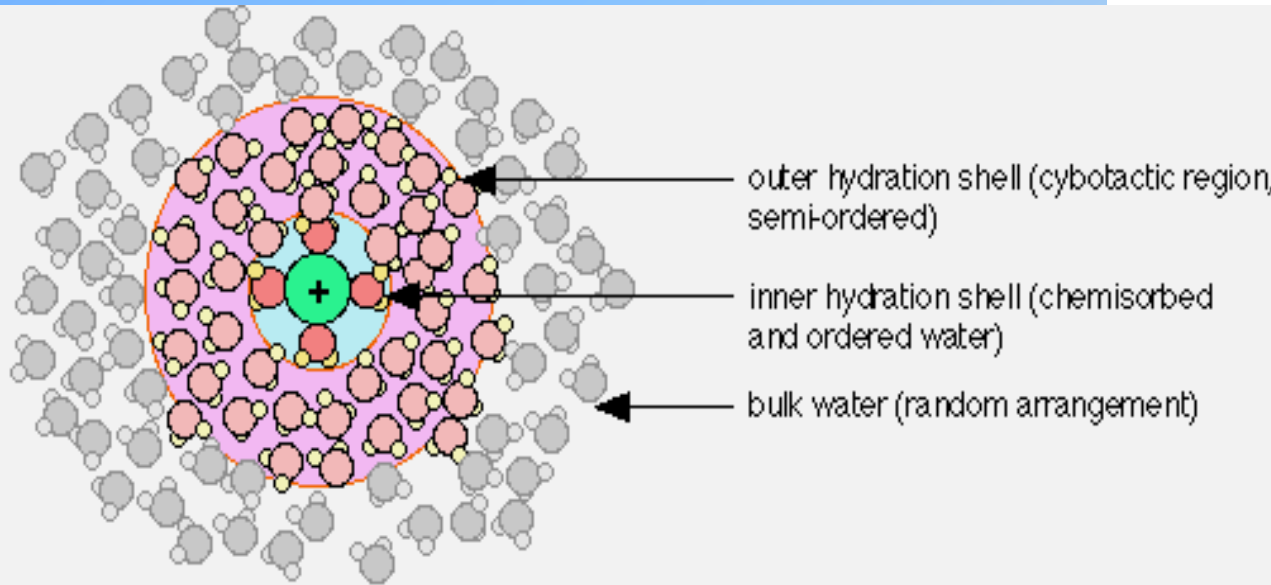
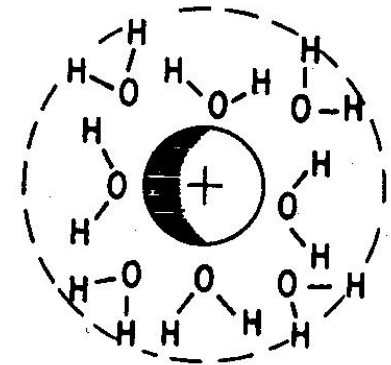
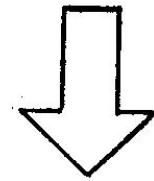
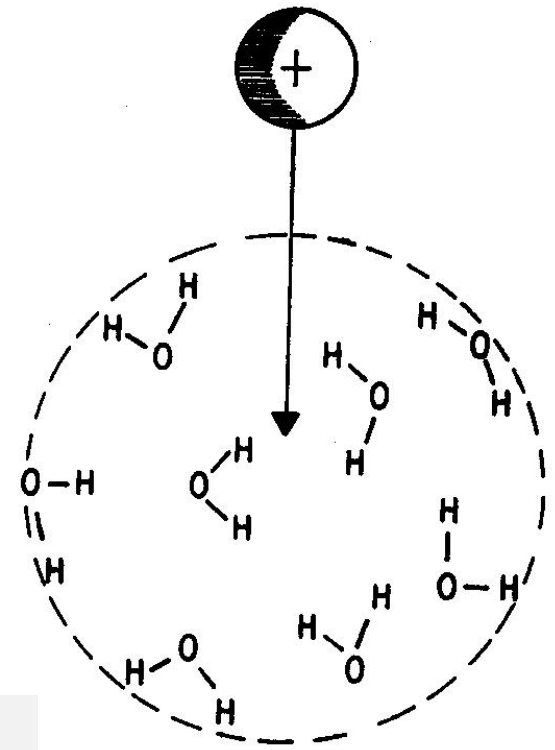


sodium (Na)
chlorine (Cl)

NaCl in water



The ions e.g. Na^+ or Cl^- interact with the partial charges of the water dipoles with sufficient strength to draw the water molecules in close to them, thus compressing the solvent in the immediate neighbourhood.



Το σημείο τήξεως του θαλάσσιου νερού (S‰, Σ.Π. σε °C)

| | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| αλατότητα | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 31 |
| σημ. πήξεως | - 0,268 | - 0,535 | - 0,801 | - 1,068 | - 1,341 | - 1,621 | - 1,678 |
| αλατότητα | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| σημ. πήξεως | - 1,734 | - 1,791 | - 1,849 | - 1,906 | - 1,964 | - 2,018 | - 2,079 |
| αλατότητα | 39 | 40 | | | | | |
| σημ. πήξεως | - 2,138 | - 2,196 | | | | | |

Η ωσμωτική πίεση του θαλάσσιου νερού (στους 25°C)

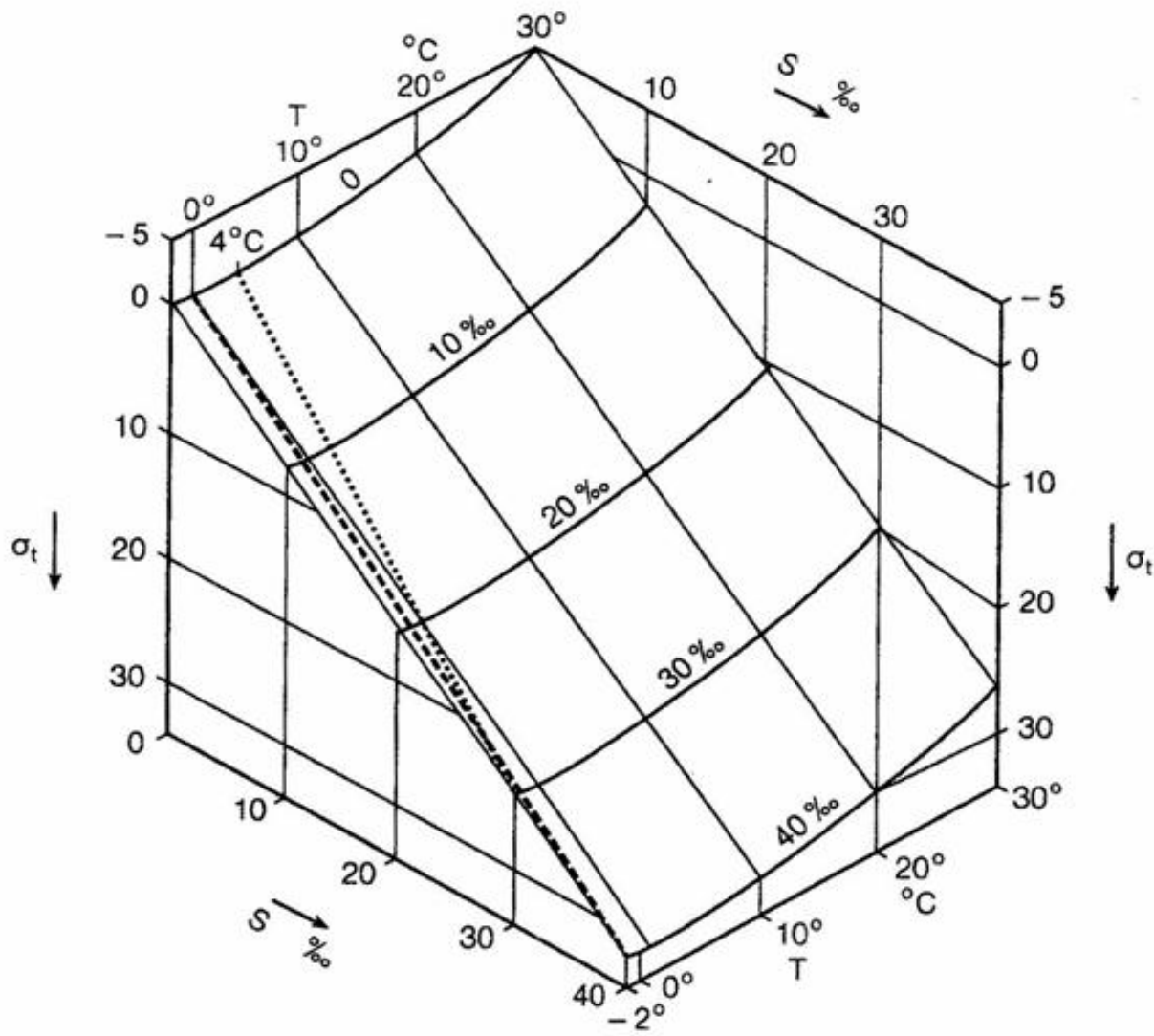
| | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| χλωριότητα | | | | | | | | | |
| % | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| ωσμ. πίεση | | | | | | | | | |
| (atm) | 15,51 | 16,85 | 18,19 | 19,55 | 20,91 | 22,28 | 23,66 | 25,06 | 25,47 |

Επί τοις ‰ ελάττωση του όγκου του θαλάσσιου νερού
σε πιέσεις 1000 db σε διάφορες θερμοκρασίες και αλατότητες

| S‰ | T (°C) | | | |
|----|--------|-------|-------|-------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| 0 | 0,500 | 0,470 | 0,451 | 0,440 |
| 10 | 0,486 | 0,459 | 0,420 | 0,432 |
| 20 | 0,474 | 0,448 | 0,432 | 0,423 |
| 30 | 0,462 | 0,438 | 0,424 | 0,415 |
| 35 | 0,457 | 0,433 | 0,419 | 0,411 |
| 40 | 0,450 | 0,428 | 0,415 | 0,407 |

Μεταβολή του ειδικού βάρους και της % ελαττώσεως όγκου θαλάσσιου νερού, αλατότητας 35‰ και θερμοκρασίας 0°C

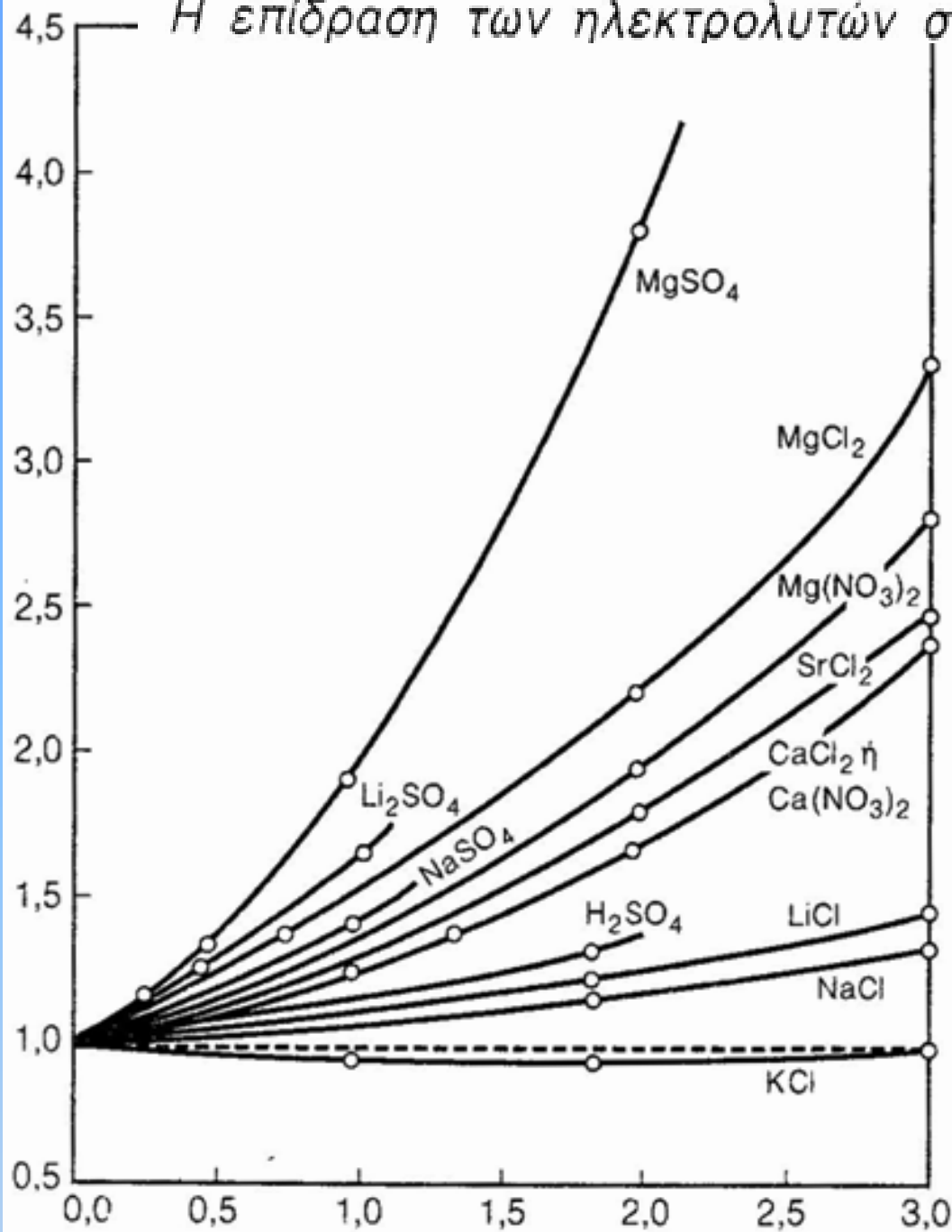
| – Πίεση (db) | Ειδικό βάρος | % Ελάττωση στον όγκο | – Πίεση (db) | Ειδικό βάρος | % Ελάττωση στον όγκο |
|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| 0 | 1,02813 | 0,000 | 4.000 | 1,04640 | 1,778 |
| 100 | 1,02860 | 0,046 | 5.000 | 1,05071 | 2,197 |
| 200 | 1,02908 | 0,093 | 6.000 | 1,05494 | 2.609 |
| 500 | 1,03050 | 0,231 | 7.000 | 1,05908 | 3,011 |
| 1.000 | 1,03285 | 0,460 | 8.000 | 1,06314 | 3,406 |
| 2.000 | 1,03747 | 0,909 | 9.000 | 1,06713 | 3,794 |
| 3.000 | 1,04199 | 1,349 | 10.000 | 1,07104 | 4,175 |



- Θερμοκρασία μεγίστης πυκνότητας
- Σημείο πήξεως

Η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της αλατότητας σε πίεση 1 ατμόσφαιρας. ($\sigma_t = (d - 1) \times 1000$).

Η επίδραση των ηλεκτρολυτών στο ιξώδες



Comparison of Seawater and Pure Water Properties

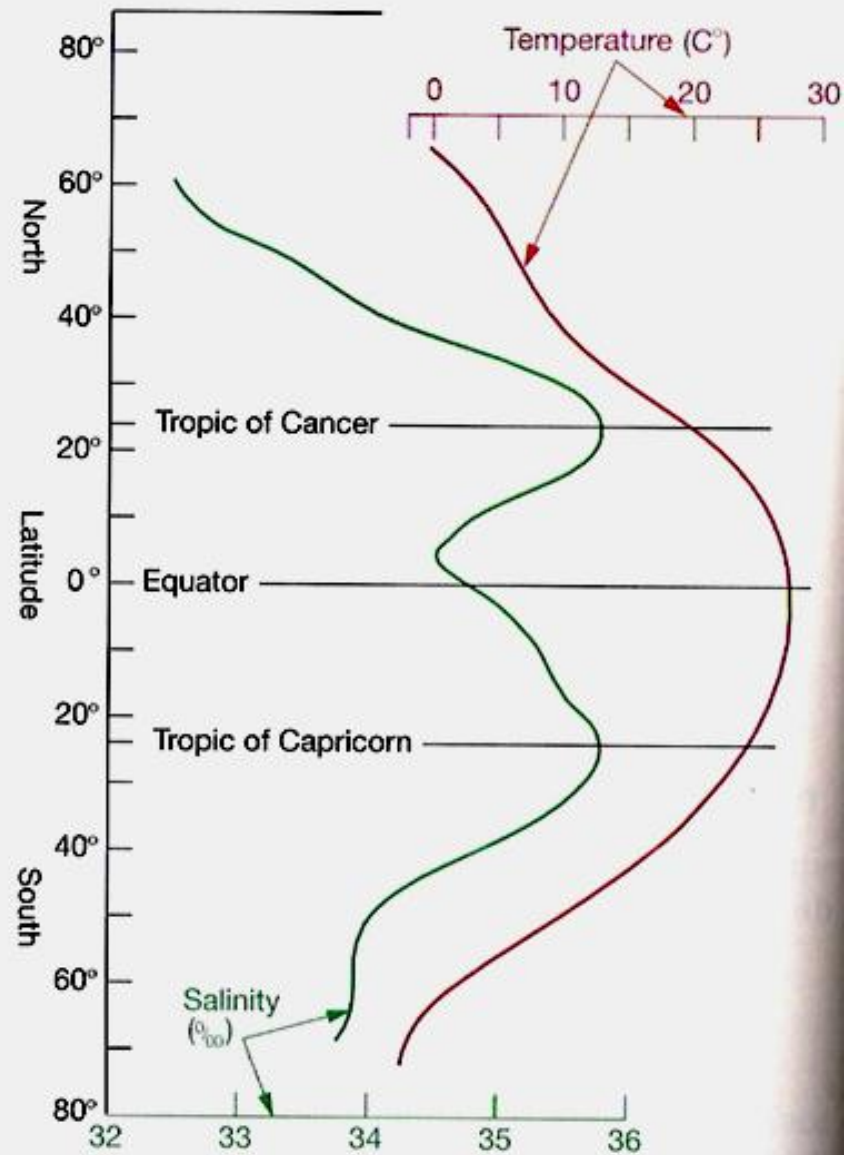
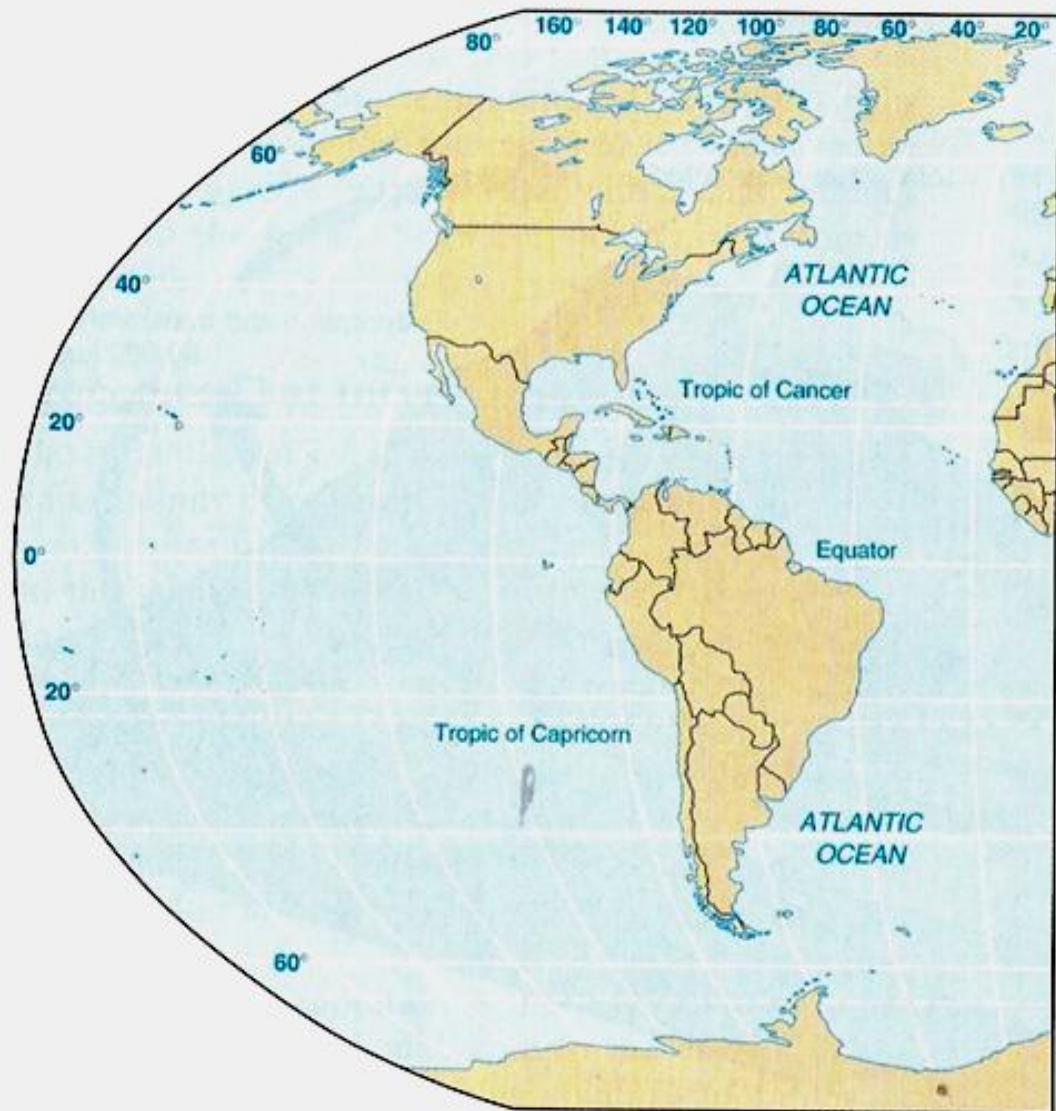
| Property | Seawater (35%) | Pure Water |
|--|-----------------------|-----------------------|
| Density, g cm^{-3} , 25 °C | 1.02412 | 1.0029 |
| Specific conductivity, $\text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$, 25 °C, | 0.0532 | - |
| Viscosity, millipoise, 25 °C | 9.02 | 8.90 |
| Vapor pressure, mm Hg, 20 °C | 17.4 | 17.34 |
| Isothermal compressibility, vol/atm , 0 °C | 46.4×10^{-6} | 50.3×10^{-6} |
| Temperature of maximum density, °C | -3.25 | 3.98 |
| Freezing point °C | -1.91 | 0.00 |
| Surface tension, dyne cm^{-1} , 25 °C | 72.74 | 71.97 |
| Velocity of sound, m s^{-1} , 0 °C | 1450 | 1407 |
| Specific heat, $\text{J g}^{-1} \text{°C}^{-1}$, 17.5 °C | 3.898 | 4.182 |

Definitions important to the concept of salinity

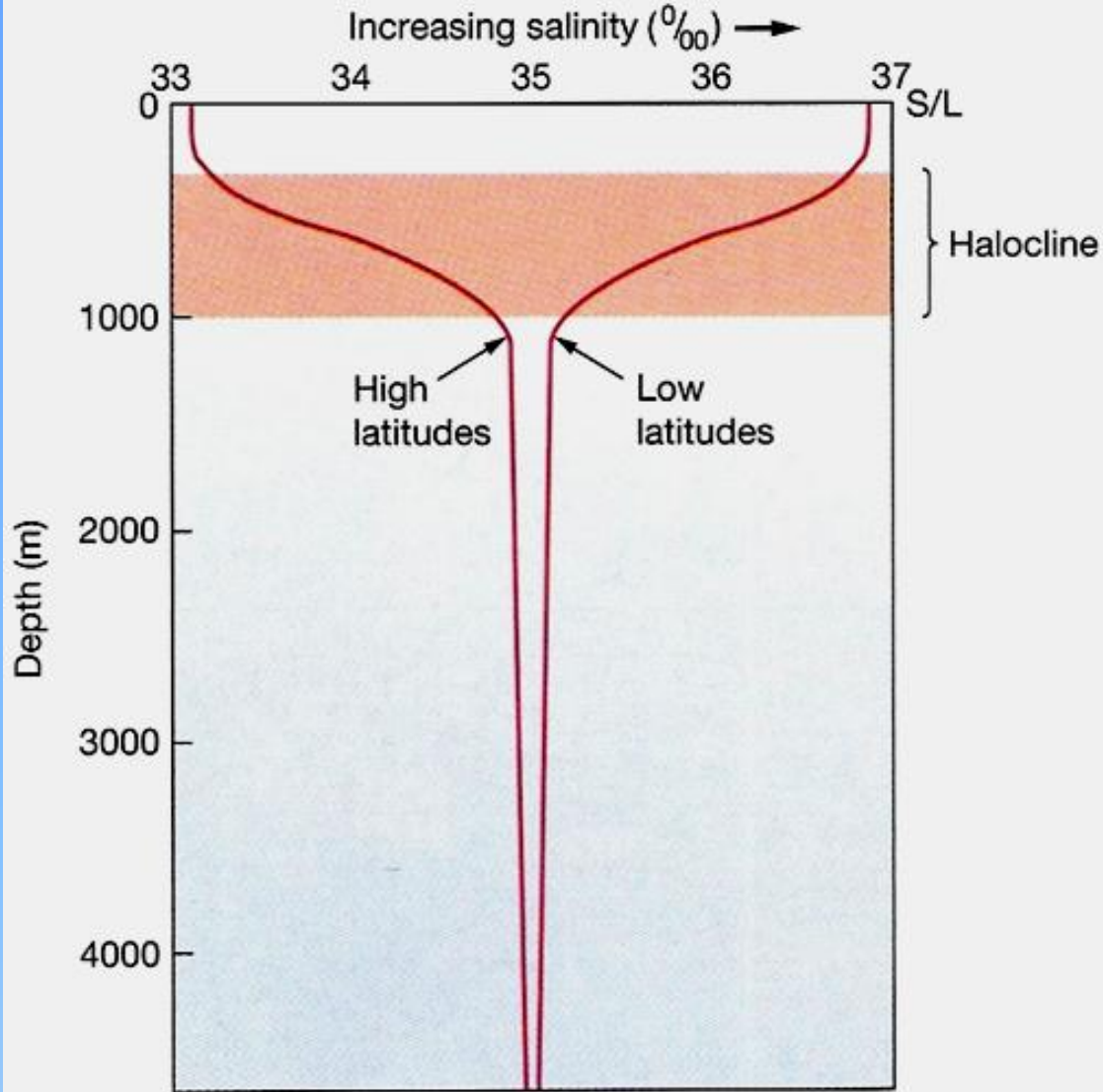
1. "*Salinity* is defined as the weight in grams of the dissolved inorganic matter in one kilogram of seawater after all the bromide and iodide have been replaced by the equivalent amount of chloride and all carbonate converted to oxide." Knudsen (1902).
2. "By *Chlorinity* is understood the mass of chlorine equivalent to the total mass of halogen contained in the mass of 1 kilogram of seawater." Sorensen (1902). Transl. by Jacobsen and Knudsen (1940).
3. "*Salinity* ‰ = 1.805 *Chlorinity* ‰ + 0.030." Sorensen (1902).
4. "The *Chlorinity* definition: $Cl = 0.3285234 Ag \text{ ‰}$."
or "The number giving the chlorinity in per mille of a sea-water sample is by definition identical with the number giving the mass with unit gram of Atomgewichtssilber just necessary to precipitate the halogens in 0.3285234 kilogram of the sea-water sample." Jacobsen and Knudsen (1940).
5. $S \text{ ‰} = 1.80655 Cl \text{ ‰}$. UNESCO (1962).

Processes affecting seawater salinity.

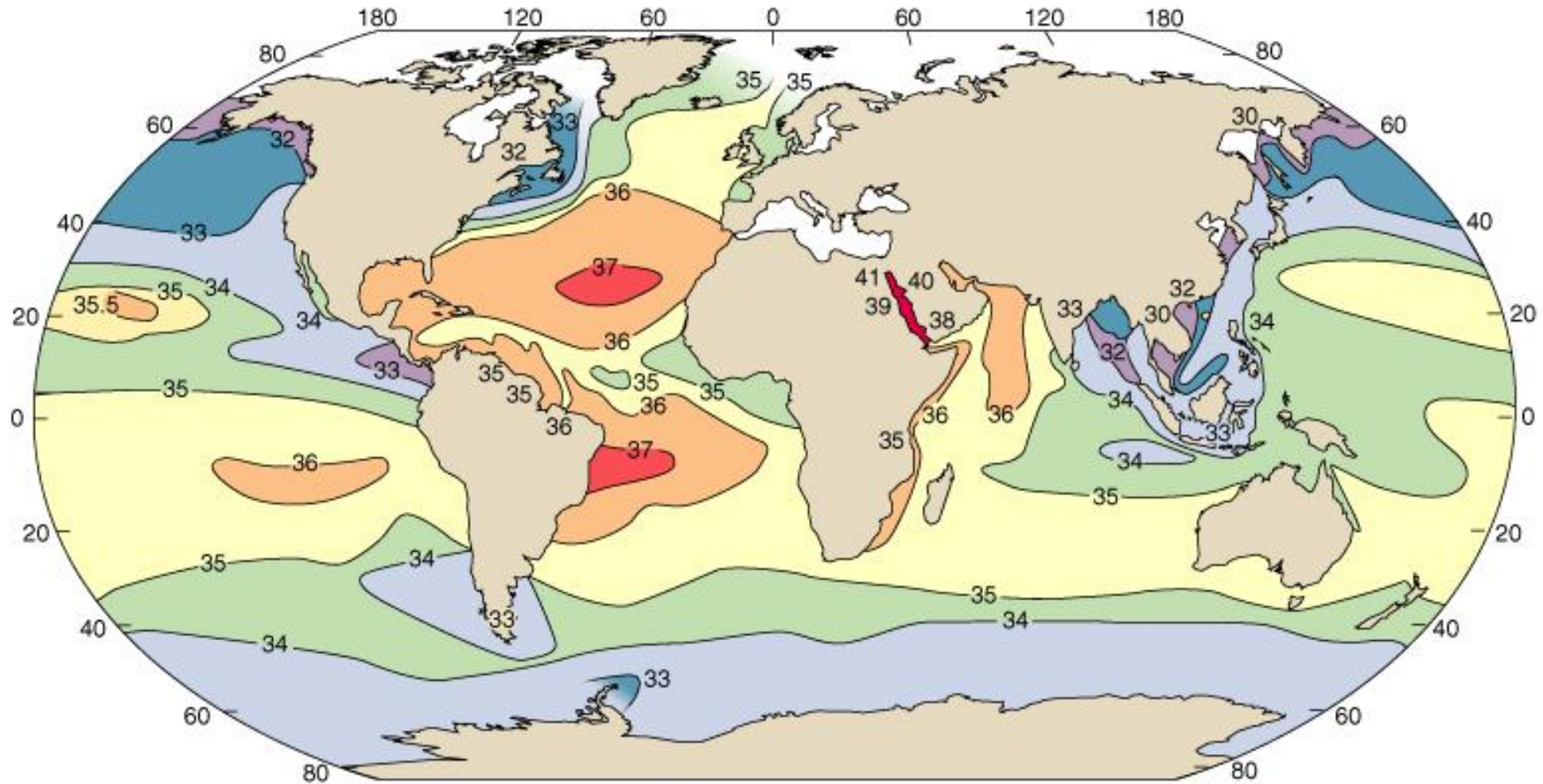
| Process | How accomplished | Adds or removes | Effect on salt in seawater | Effect on H₂O in seawater | Salinity increase or decrease? | Source of fresh water from the sea? |
|------------------|--|---------------------------------------|--|---|---------------------------------------|--|
| Precipitation | Rain, sleet, hail, or snow falls directly on the ocean | Adds very fresh water | None | More H ₂ O | Decrease | — |
| Runoff | Streams carry water to the ocean | Adds mostly fresh water | Negligible addition of salt | More H ₂ O | Decrease | — |
| Icebergs melting | Glacial ice calves into the ocean and melts | Adds very fresh water | None | More H ₂ O | Decrease | Yes, icebergs from Antarctic have been towed to South America |
| Sea ice melting | Sea ice melts in the ocean | Adds mostly fresh water and some salt | Adds a small amount of salt | More H ₂ O | Decrease | Yes, sea ice can be melted and is better than drinking seawater |
| Sea ice forming | Seawater freezes in cold ocean areas | Removes mostly fresh water | 30% of salts in seawater are retained in ice | Less H ₂ O | Increase | Yes, through multiple freezings, called <i>freeze separation</i> |
| Evaporation | Seawater evaporates in hot climates | Removes very pure water | None (essentially all salts are left behind) | Less H ₂ O | Increase | Yes, through evaporation of seawater and condensation of water vapor, called <i>distillation</i> |



Surface salinity variation. Surface seawater temperature (*red curve*) is lowest at the poles and highest at the Equator. Surface seawater salinity (*green curve*) is lowest at the poles, peaks at the Tropics of Cancer and Capricorn, and dips near the Equator.



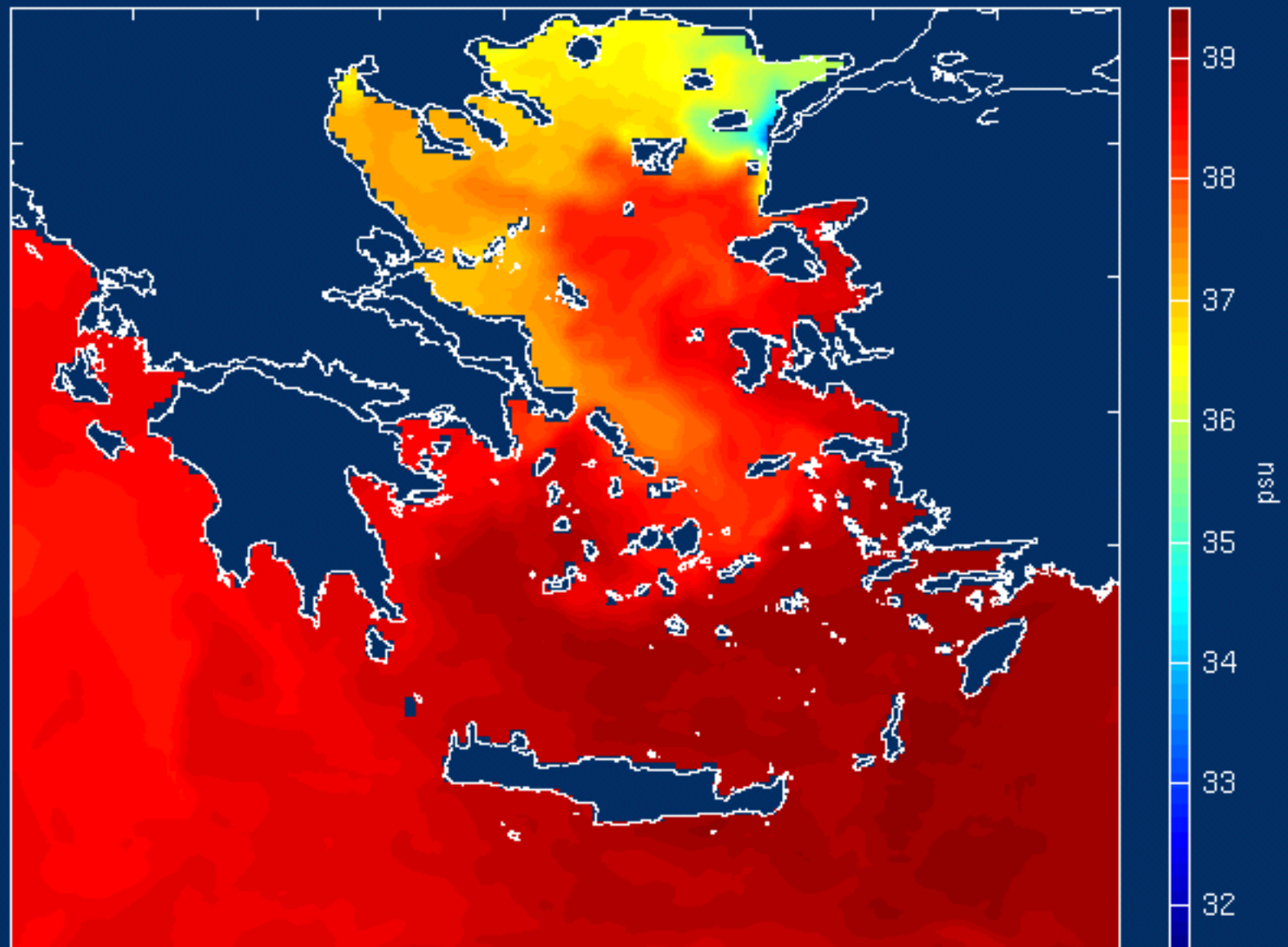
Salinity variation with depth. Vertical profile showing high- and low-latitude salinity variation (horizontal scale in ‰) with depth (vertical scale in meters with sea level at the top). The zone of rapidly changing salinity with depth is the halocline.



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Surface Salinity In August

Surface Salinity on 27/11/07 Hour:12:00 UTC



Hellenic Center for Marine Research, GR-19013, Anavissos, GREECE
POSEIDON System - <http://www.poseidon.hcmr.gr>

Η θερμοκρασία επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του θαλάσσιου νερού:

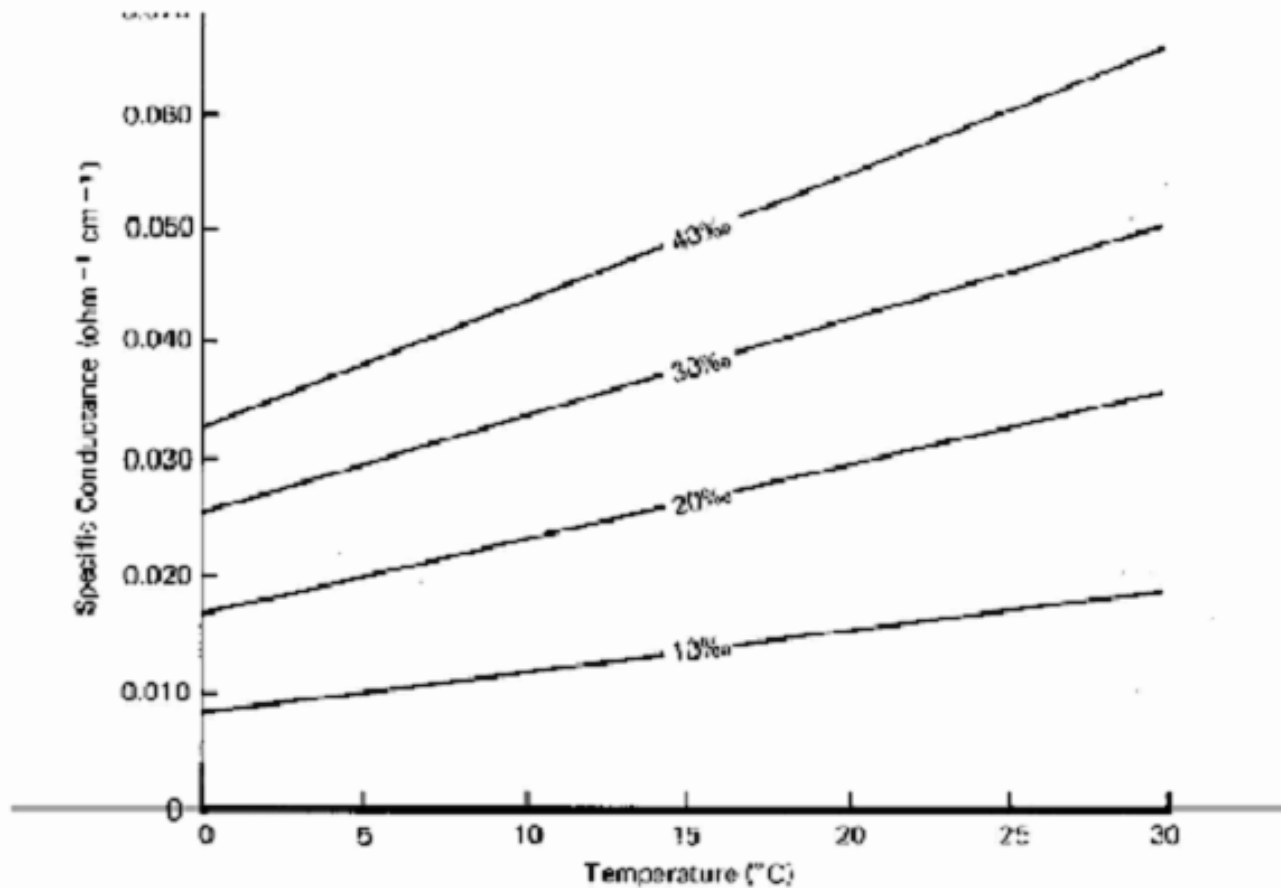


Figure 1.10. Effect of temperature on the specific electrical conductivity of seawater of various salinities at 1 atm. It increases with increasing temperature and salinity.

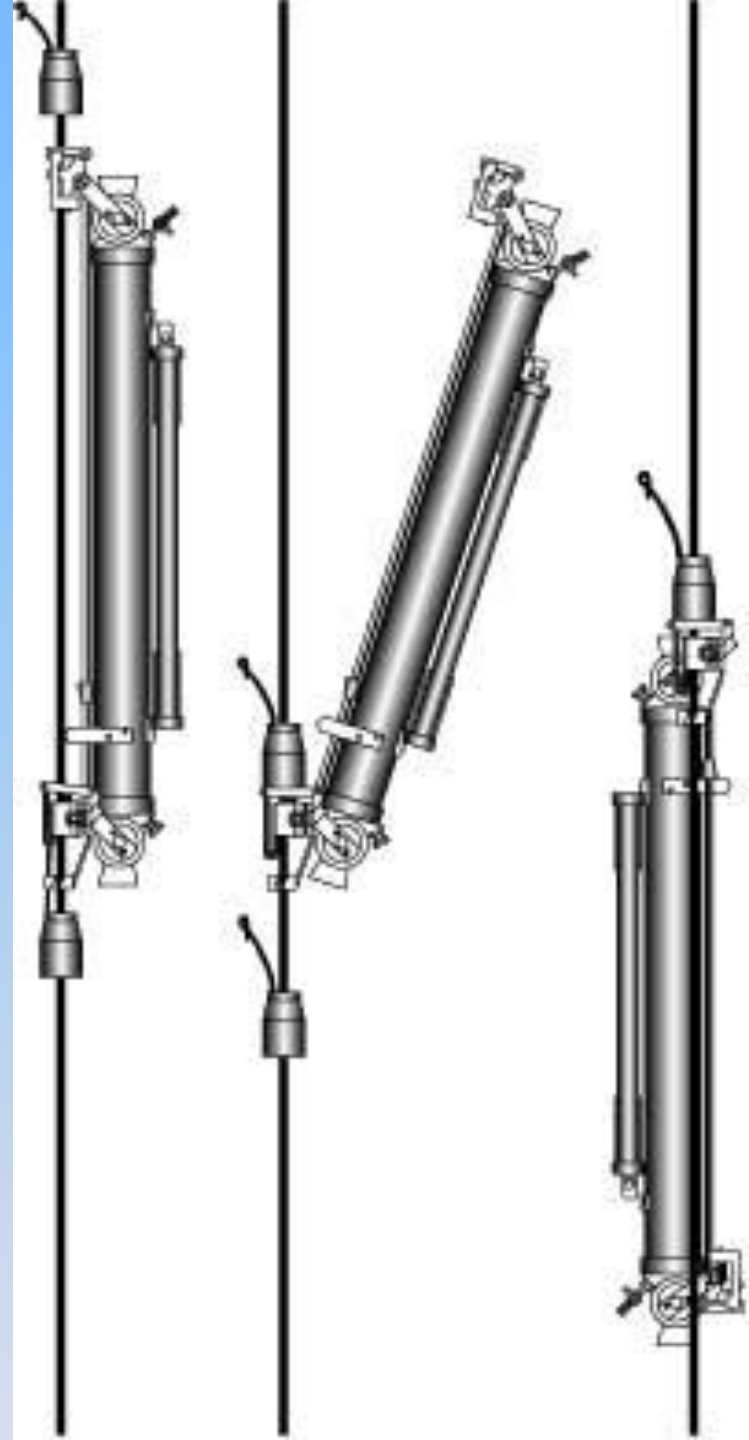
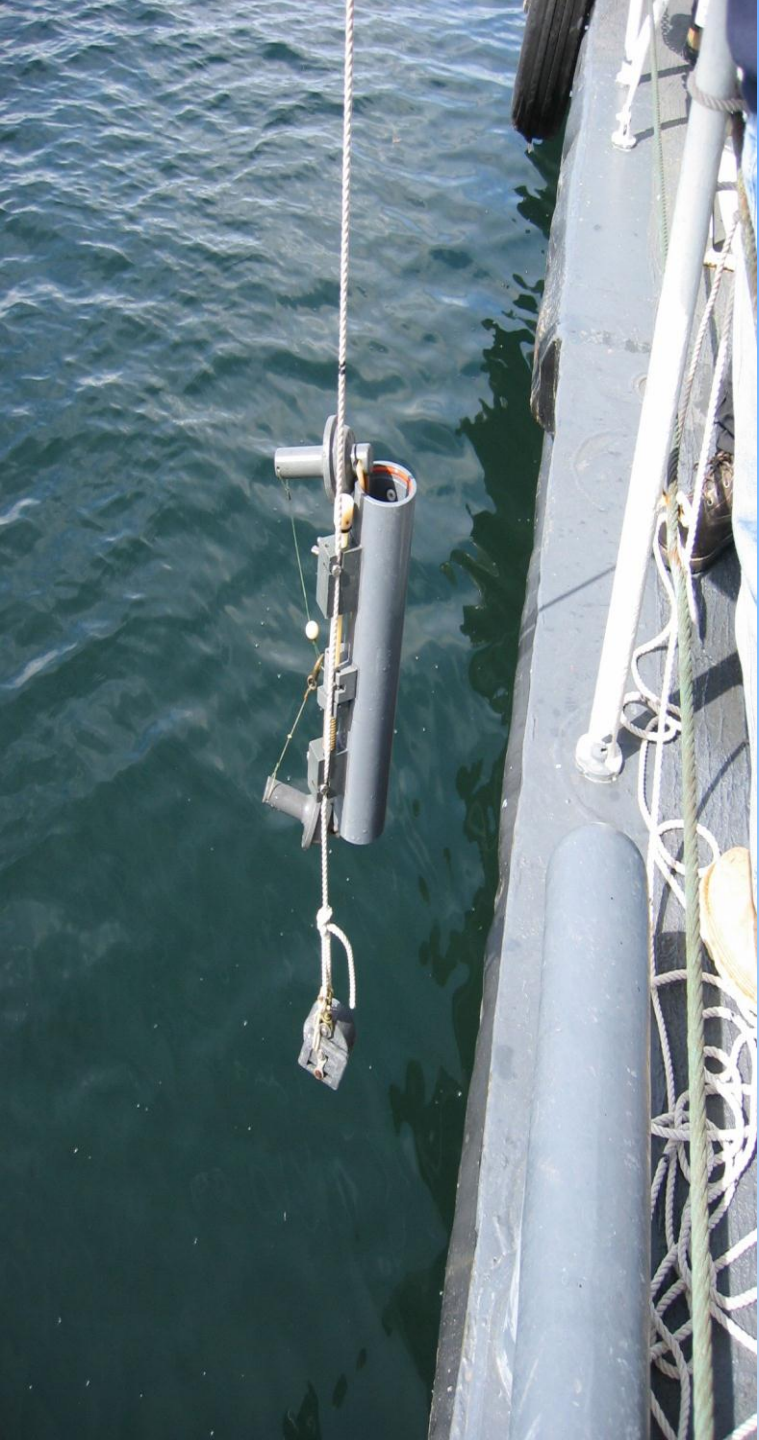
| S_{∞} | Temperature ($^{\circ}\text{C}$) | | | | | |
|--------------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 | 0 |
| 10 | 17.345 | 15.628 | 13.967 | 12.361 | 10.816 | 9.341 |
| 20 | 32.188 | 29.027 | 25.967 | 23.010 | 20.166 | 17.456 |
| 30 | 46.213 | 41.713 | 37.351 | 33.137 | 29.090 | 25.238 |
| 31 | 47.584 | 42.954 | 38.467 | 34.131 | 29.968 | 26.005 |
| 32 | 48.951 | 44.192 | 39.579 | 35.122 | 30.843 | 26.771 |
| 33 | 50.314 | 45.426 | 40.688 | 36.110 | 31.716 | 27.535 |
| 34 | 51.671 | 46.656 | 41.794 | 37.096 | 32.588 | 28.298 |
| 35 | 53.025 | 47.882 | 42.896 | 38.080 | 33.457 | 29.060 |
| 36 | 54.374 | 49.105 | 43.996 | 39.061 | 34.325 | 29.820 |
| 37 | 55.719 | 50.325 | 45.093 | 40.039 | 35.190 | 30.579 |
| 38 | 57.061 | 51.541 | 46.187 | 41.016 | 36.055 | 31.337 |
| 39 | 58.398 | 52.754 | 47.278 | 41.990 | 36.917 | 32.094 |

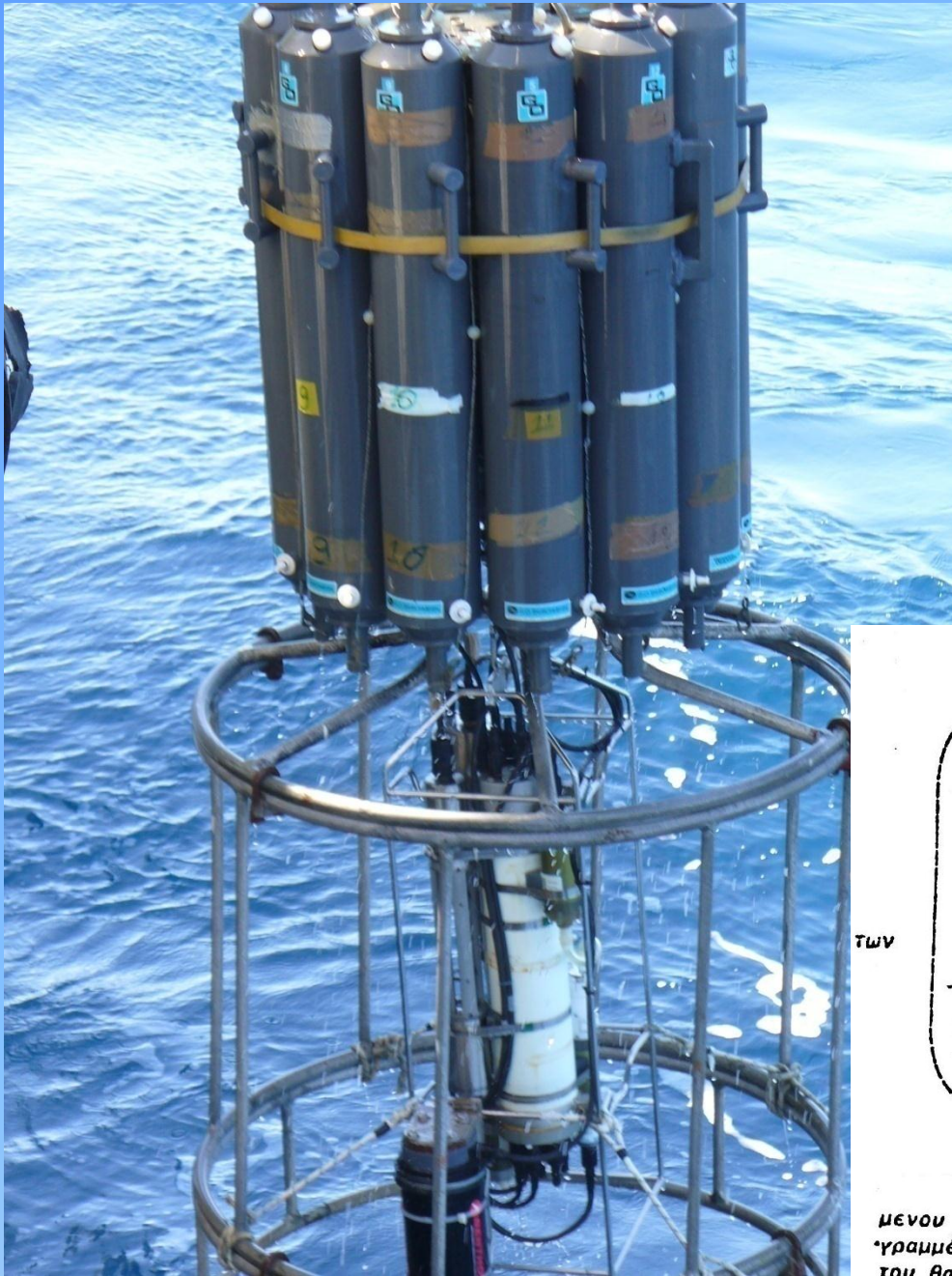
* Conductivity in millimho cm^{-1} .

Effect of pressure on the conductivity of sea water (after Bradshaw and Schleicher, 196.*

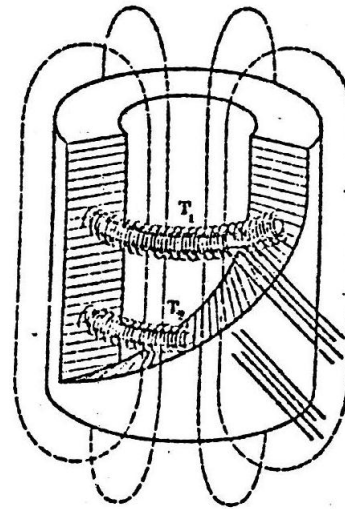
| Temp. | Pressure (db) | S‰ | | | Temp. | S‰ | | |
|-------|---------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | 31 | 35 | 39 | | 31 | 35 | 39 |
| 0°C | 1,000 | 1.599 | 1.556 | 1.512 | 15°C | 1.032 | 1.008 | 0.985 |
| | 2,000 | 3.089 | 3.006 | 2.922 | | 1.996 | 1.951 | 1.906 |
| | 3,000 | 4.475 | 4.345 | 4.233 | | 2.895 | 2.830 | 2.764 |
| | 4,000 | 5.759 | 5.603 | 5.448 | | 3.731 | 3.646 | 3.562 |
| | 5,000 | 6.944 | 6.757 | 6.569 | | 4.506 | 4.403 | 4.301 |
| | 6,000 | 8.034 | 7.817 | 7.599 | | 5.221 | 5.102 | 4.984 |
| | 7,000 | 9.031 | 8.787 | 8.543 | | 5.879 | 5.745 | 5.612 |
| | 8,000 | 9.939 | 9.670 | 9.401 | | 6.481 | 6.334 | 6.187 |
| | 9,000 | 10.761 | 10.469 | 10.178 | | 7.031 | 6.871 | 6.711 |
| | 10,000 | 11.499 | 11.188 | 10.877 | | 7.529 | 7.358 | 7.187 |
| 5°C | 1,000 | 1.368 | 1.333 | 1.298 | 20°C | 0.907 | 0.888 | 0.868 |
| | 2,000 | 2.646 | 2.578 | 2.510 | | 1.755 | 1.718 | 1.680 |
| | 3,000 | 3.835 | 3.737 | 3.639 | | 2.546 | 2.492 | 2.438 |
| | 4,000 | 4.939 | 4.813 | 4.686 | | 3.282 | 3.212 | 3.142 |
| | 5,000 | 5.960 | 5.807 | 5.655 | | 3.964 | 3.879 | 3.795 |
| | 6,000 | 6.901 | 6.724 | 6.547 | | 4.594 | 4.496 | 4.399 |
| | 7,000 | 7.764 | 7.565 | 7.366 | | 5.174 | 5.064 | 4.954 |
| | 8,000 | 8.552 | 8.333 | 8.114 | | 5.706 | 5.585 | 5.464 |
| | 9,000 | 9.269 | 9.031 | 8.794 | | 6.192 | 6.060 | 5.929 |
| | 10,000 | 9.915 | 9.661 | 9.408 | | 6.633 | 6.492 | 6.351 |
| 10°C | 1,000 | 1.183 | 1.154 | 1.125 | 25°C | 0.799 | 0.783 | 0.767 |
| | 2,000 | 2.287 | 2.232 | 2.177 | | 1.547 | 1.516 | 1.485 |
| | 3,000 | 3.317 | 3.237 | 3.157 | | 2.245 | 2.200 | 2.156 |
| | 4,000 | 4.273 | 4.170 | 4.067 | | 2.895 | 2.837 | 2.780 |
| | 5,000 | 5.159 | 5.034 | 4.910 | | 3.498 | 3.429 | 3.359 |
| | 6,000 | 5.976 | 5.832 | 5.688 | | 4.056 | 3.976 | 3.896 |
| | 7,000 | 6.728 | 6.565 | 6.402 | | 4.571 | 4.481 | 4.390 |
| | 8,000 | 7.415 | 7.236 | 7.057 | | 5.045 | 4.945 | 4.845 |
| | 9,000 | 8.041 | 7.847 | 7.652 | | 5.478 | 5.369 | 5.261 |
| | 10,000 | 8.608 | 8.400 | 8.192 | | 5.872 | 5.756 | 5.640 |

* Percentage increase compared with the conductivity at one atmosphere.





των

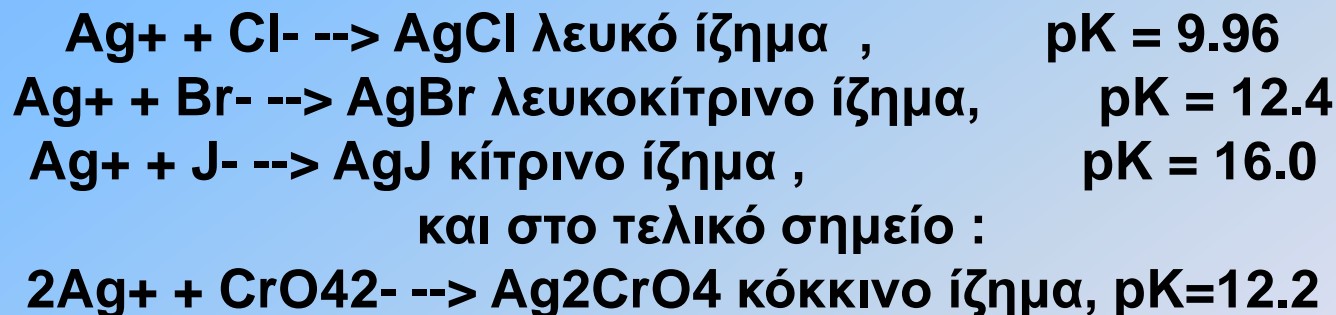


Δυναμικές γραμμές του επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου (διακεκομμένες γραμμές) που καθορίζουν το "δακτύλιο" του θαλασσινού νερού.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΜΟΗΡ - ΚΝΟΥΣΕΝ

Ο προσδιορισμός της αλατότητας γίνεται εμμέσως. Προσδιορίζεται δηλαδή αρχικά η χλωριότητα ογκομετρικά (αργυρομετρία), και κατόπιν υπολογίζεται η αλατότητα. Για τον προσδιορισμό της χλωριότητας το δείγμα ογκομετρείται με διάλυμα νιτρικού αργύρου, με δείκτη τελικού σημείου το χρωμικό κάλιο (ογκομέτρηση καθίζησης).

Οι αντιδράσεις του προσδιορισμού είναι :



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ

- Ζυγίζονται 2 στεγνές άδειες κωνικές φιάλες – καταγράφονται οι μάζες.
- Μεταφέρονται με σιφώνιο από 15 mL δείγματος σε κάθε κωνική.
- Ζυγίζονται εκ νέου ώστε να προσδιοριστεί το ακριβές βάρος κάθε δείγματος.
- Προστίθενται κατόπιν 25ml απεσταγμένου νερού και 6 σταγόνες χρωμικού καλίου.
- Το διάλυμα ογκομετρείται με το διάλυμα του νιτρικού αργύρου μέχρι να σταθεροποιηθεί το κόκκινο χρώμα του χρωμικού αργύρου. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για τον ακριβή προσδιορισμό του τελικού σημείου το οποίο πολλές φορές είναι ασαφές λόγω της ταυτόχρονης καθίζησης των AgCl , AgBr , AgI .
- Ένας φοιτητής στην αίθουσα θα πραγματοποιήσει την ίδια διαδικασία με πρότυπο θαλασσινό νερό ώστε να τιτλοδοτηθεί ο νιτρικός άργυρος.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Η χλωριότητα υπολογίζεται με βάση τον εμπειρικό ορισμό της :

"Ο αριθμός ο οποίος εκφράζει την χλωριότητα (επί τοις χιλίοις), ενός δείγματος θαλασσινού νερού, είναι ο ίδιος με τον αριθμό των γραμμαρίων αργύρου, των αναγκαίων για την πλήρη καταβύθιση των αλογόνων που περιέχονται σε 328.5234 γραμμάρια του νερού αυτού."

Η σχέση που δίνει την χλωριότητα είναι :

$$\text{Cl}\%_{\text{oo}} = 0.3285234 \times 0.635 \times v \times (b/a) = 0.2086 \times v \times (b/a)$$

όπου :

b = Τα gr νιτρικού αργύρου που περιέχονται σε ένα λίτρο προτύπου διαλύματος, όπως ζυγίστηκαν ή προσδιορίστηκαν από την τιτλοδότηση του πρότυπου θαλασσινού νερού.

a = Το βάρος του δείγματος που ογκομετρήθηκε.

v = Ο όγκος του διαλύματος νιτρικού αργύρου που καταναλώθηκε.

$$0.635 = \text{Ag}/\text{AgNO}_3$$

Η αλατότητα υπολογίζεται από τη χλωριότητα με βάση τις προαναφερθείσες σχέσεις.

ΠΡΟΧΟΙΔΑ ΚΝΟΥΣΕΝ

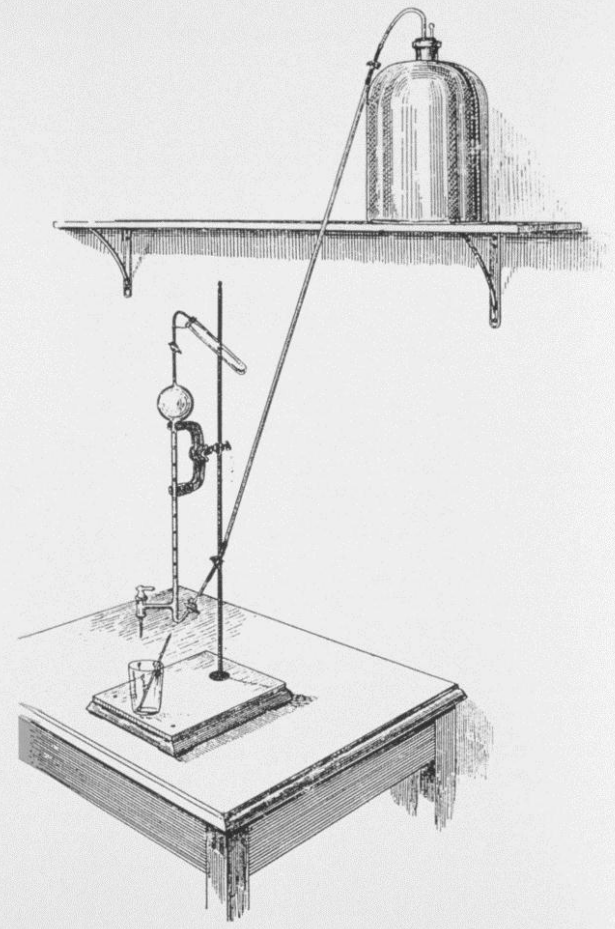
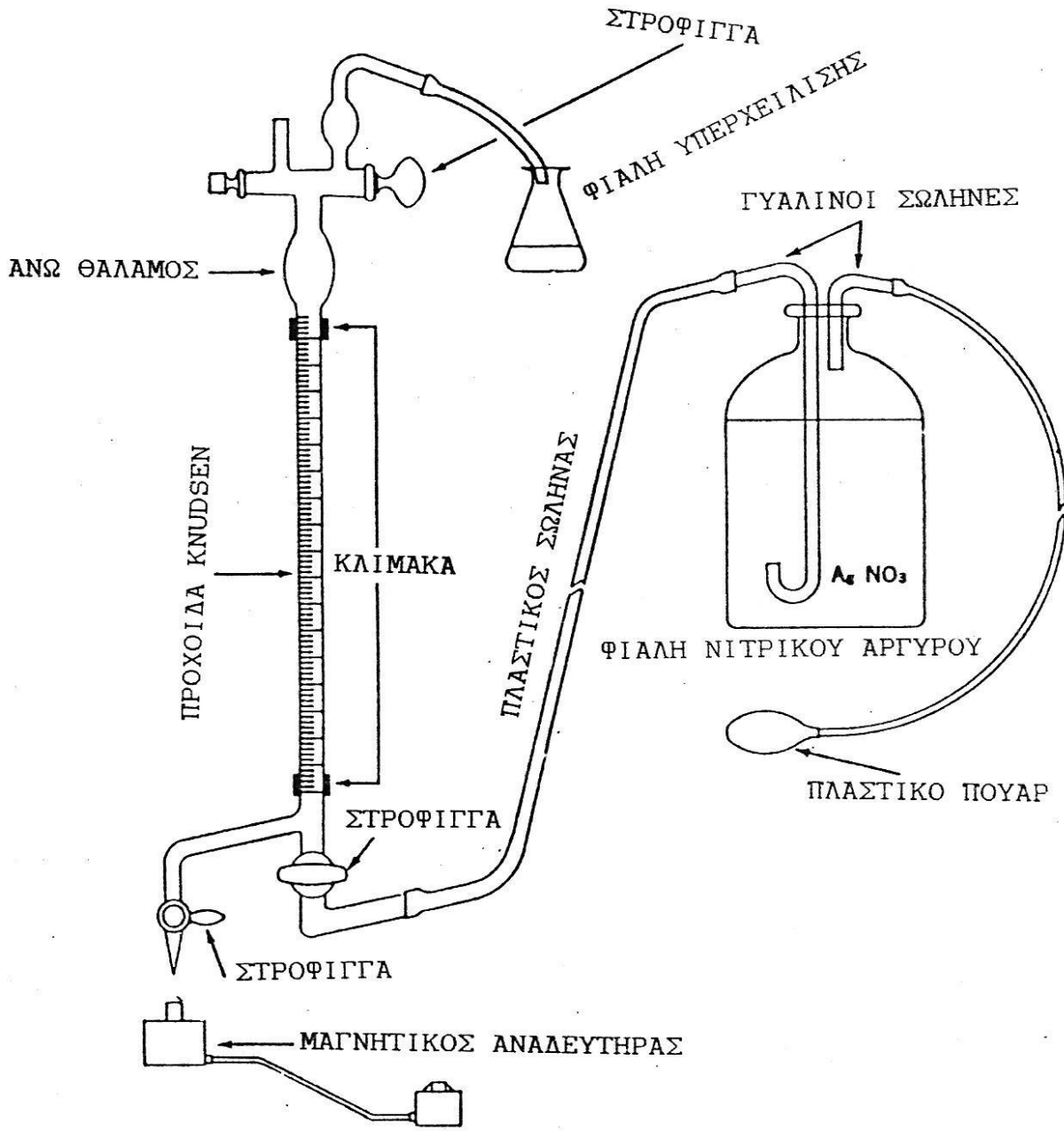


Planche 4. - Dispositif de titration de la chlorinité de KNUDSEN [d'après HELLAND-HANSEN, 1912].

Τέλος

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη εδώ <http://eclass.uoa.gr/courses/CHEM162/>



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης 2015. Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης. «Χημική Ωκεανογραφία. Ενότητα 1: Ο πλανήτης Γη». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/NOC83/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/13)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: Earth. Copyrighted.

<https://angelslightworldwide.files.wordpress.com/2012/05/earth.jpg?w=714>

Εικόνα 2: Η προέλευση του ηλιακού συστήματος. Copyrighted.

<https://ikecult.files.wordpress.com/2012/12/kant-laplace.jpg?w=593&h=385>

Εικόνα 3: A cross-sectional view of Earth showing Earth's layers classified by chemical composition along the left side of the diagram. Copyrighted.

http://www.iupui.edu/~g115/assets/mod04/earth_composition.jpg

Εικόνα 4: Copyrighted.

Εικόνα 5: Ο Κομήτης Halley. Copyrighted. http://en.es-static.us/upl/2013/05/halleys_comet.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/13)

Εικόνα 6: Σχηματισμός των ωκεανών της γης. Copyrighted.

Εικόνα 7: Copyrighted.

Εικόνα 8: Ring of Fire Tectonic Plates. Copyrighted.

<http://www.jochemnet.de/fiu/RingofFire.jpg>

Εικόνα 9: Late Paleozoic and Mesozoic early. Copyrighted.

<https://classconnection.s3.amazonaws.com/927/flashcards/68927/jpg/2-71305058701723.jpg>

Εικόνα 10: Plate Boundaries Diagrams. Copyrighted.

<http://gallerygogopix.net/plate+boundary+diagrams?image=1463591318>

Εικόνα 11: Diagram of an opening rift valley. Copyrighted.

http://wps.prenhall.com/wps/media/objects/374/382993/Fg02_20.gif

Εικόνα 12: Map with the Mid-Atlantic Ridge. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/13)

Εικόνα 13: Copyrighted.

Εικόνα 14: Sub-type of convergent plate boundaries. Pearson Prentice Hall, Inc., 2005. Copyrighted. http://images.slideplayer.com/16/5003162/slides/slide_63.jpg

Εικόνα 15: Sub-type of convergent plate boundaries. Pearson Prentice Hall, Inc., 2005. Copyrighted. http://images.slideplayer.com/16/5003162/slides/slide_68.jpg

Εικόνα 16: Sub-type of convergent plate boundaries. Pearson Prentice Hall, Inc., 2005. Copyrighted. http://images.slideplayer.com/16/5003162/slides/slide_73.jpg

Εικόνα 17: Copyrighted.

Εικόνα 18: Χάρτης με τις τεκτονικές πλάκες. Copyrighted.
http://www.agelioforos.gr/files/APortal/resized/tectonic-plate_425x.jpg

Εικόνα 19: Τεκτονικές πλάκες. Copyrighted.
http://www.ubthenews.com/images/figure_3_pangaea.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/13)

Εικόνα 20: Copyrighted.

Εικόνα 21: Copyrighted.

Εικόνα 22: Copyrighted.

Εικόνα 23: A View of the Earth's Oceans and Continents from North and South Poles. Copyrighted. http://paos.colorado.edu/~toohey/fig_51.jpg

Εικόνα 24: Copyrighted.

Εικόνα 25: The ocean depths diagram. Copyrighted.
<http://www.underwaterphotography.com/Dive-Sites/images/oceandepths.gif>

Εικόνα 26: Υψομετρική καμπύλη. Copyrighted.
https://classconnection.s3.amazonaws.com/99/flashcards/1694099/jpg/hypsometric_curve1348438223623.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/13)

Εικόνα 27: The four spheres of the earth. Copyrighted.

http://www.bounford.com/images/thumbs_illustrations/cork_tele_spheres.gif

Εικόνα 28: Copyrighted.

Εικόνα 29: Διάγραμμα υδρολογικού κύκλου. Copyrighted.

<http://water.usgs.gov/edu/graphics/greek/wcmaindiagram.jpg>

Εικόνα 30: Μόριο νερού. Copyrighted.

Εικόνα 31: Copyrighted.

Εικόνα 32: Μόριο νερού. Copyrighted.

<http://www.k12science.org/media/live/curriculum/waterproj/images/watermolecule.jpg>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/13)

Εικόνα 33: Temperature and phases of water versus energy (as calories).
Copyrighted.

http://www.ocean.washington.edu/courses/oc400/Lecture_Notes/CHPT3.pdf

Εικόνα 34: Diagrams “The Results of the H-Bond”. Copyrighted.

<http://www.chem1.com/acad/sci/aboutwater.html>

Εικόνα 35: Phase water. Copyrighted.

http://twistedphysics.typepad.com/cocktail_party_physics/images/phasewater.gif

Εικόνα 36: Copyrighted. <http://www.chem1.com/acad/sci/aboutwater.html>

Εικόνα 37: Μόρια νερού. Copyrighted. http://www.chem1.com/acad/sci/wat-images/tetrahedral_water_molecules.jpg

Εικόνα 38: Nano scale water. Copyrighted.

<http://www.chem1.com/acad/sci/nanowater.jpg>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/13)

Εικόνα 39: The change in liquid water structure and density with temperature, from Libes, 1992. Copyrighted.

http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture_02.pdf

Εικόνα 40: Water sp volume. Copyrighted.

<http://www.chem1.com/acad/sci/aboutwater.html>

Εικόνα 41: Διάγραμμα μέγιστης πυκνότητας και ειδικού όγκου. Copyrighted.

Εικόνα 42: Ιδιότητες των υγρών: επιφανειακή τάση. Copyrighted.

<http://butane.chem.uiuc.edu/pshapley/Enlist/Labs/SurfaceTen/6.png>

Εικόνα 43: Σταγονίδια νερού. Copyrighted.

https://c1.staticflickr.com/1/67/218819575_e9c8085cc9_z.jpg

Εικόνα 44: Surface tension. Copyrighted. <http://www.chem1.com/acad/sci/wat-images/wetting.png>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/13)

Εικόνα 45: Copyrighted.

Εικόνα 46: Viscosity vs Pressure & Temp. Copyrighted.

http://www.ocean.washington.edu/courses/oc400/Lecture_Notes/CHPT3.pdf

Εικόνα 47: Κύρια ιόντα στη θάλασσα. John Willey and Sons, Inc., 1999.
Copyrighted.

http://www.ic.ucsc.edu/~wxcheng/envs23/lecture6/11_4Principal_ions_sea.jpg

Εικόνα 48: Συγκέντρωση των ιόντων Η και ιονισμού του νερού. Copyrighted.

<http://3.bp.blogspot.com/-dWjDzJkHWOs/TpzmR5Vmf6I/AAAAAAAAABU/USUe529LV0/s640/nacl.gif>

Εικόνα 49: Cybotactic region of ordered water molecules around a dissolved ion.
Copyrighted. <http://www.chem1.com/acad/sci/wat-images/hydrated.gif>

Εικόνα 50: Electrostriction. Copyrighted.

http://www.ocean.washington.edu/courses/oc400/Lecture_Notes/CHPT3.pdf



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (9/13)

Εικόνα 51: Copyrighted.

Εικόνα 52: Copyrighted.

http://www.ocean.washington.edu/courses/oc400/Lecture_Notes/CHPT3.pdf

Εικόνα 53: Surface salinity variation. Copyrighted.

http://oceanography.asu.edu/Oc_Oct10_pos.pdf

Εικόνα 54: Salinity variation with depth. Copyrighted.

http://oceanography.asu.edu/Oc_Oct10_pos.pdf

Εικόνα 55: Surface salinity in August. Copyrighted.

http://oceanography.asu.edu/Oc_Oct10_pos.pdf

Εικόνα 56: Surface salinity. Hellenic Center for Marine Research. Copyrighted.

<http://www.poseidon.hcmr.gr>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (10/13)

Εικόνα 57: Διάγραμμα επιρροής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θαλάσσιου νερού από τη θερμοκρασία. Copyrighted.

Εικόνα 58: Niskin Bottle. Copyrighted.

<http://courses.washington.edu/uwtoce05/niskin.jpg>

Εικόνα 59: Nansen water bottles before (I), during (II), and after (III) reversing. (From Dietrich et al. 1980). Copyrighted.

http://oceanworld.tamu.edu/students/satellites/images/nansen_bottle_1.jpg

Εικόνα 60: Copyrighted.

Εικόνα 61: Ysi Salinity Meter. Copyrighted.

<http://www.rickly.com/wqi/images/YSI63MET.JPG>

Εικόνα 62: Προχοΐδα Knudsen. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (11/13)

Εικόνα 63: Προχοΐδα Knudsen. Copyrighted. <http://salinometry.com/wp-content/uploads/2013/09/Knudsen-burette.jpg>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (12/13)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1: The anomalous properties of water. Copyrighted.

http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture_02.pdf

Πίνακας 2: The twelve most common ions in the sea. Copyrighted.

<http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/download/res00000057/cmp00000046/pdf>

Πίνακας 3: Copyrighted.

Πίνακας 4: Το σημείο τήξεως του θαλάσσιου νερού. Copyrighted.

Πίνακας 5: Η ωσμωτική πίεση του θαλάσσιου νερού. Copyrighted.

Πίνακας 6: Επί τοις ‰ ελάττωση του όγκου του θαλάσσιου νερού σε πιέσεις 1000db σε διάφορες θερμοκρασίες και αλατότητες. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (13/13)

Πίνακας 7: Μεταβολή του ειδικού βάρους και της % ελαττώσεως όγκου θαλάσσιου νερού, αλατότητας 35‰ και θερμοκρασίας 0°C. Copyrighted.

Πίνακας 8: Comparison of seawater and pure water properties. Copyrighted.
http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture_02.pdf

Πίνακας 9: Processes affecting seawater salinity. Copyrighted.

Πίνακας 10: Relative conductivity of sea water. The Underwater Handbook: A Guide to Physiology and Performance for the Engineer, Charles W. Shilling & Margaret F. Werts & Nancy R. Schandelmeier, New York (1976). Copyrighted.

Πίνακας 11: Effect of pressure on the conductivity of sea water. The Underwater Handbook: A Guide to Physiology and Performance for the Engineer, Charles W. Shilling & Margaret F. Werts & Nancy R. Schandelmeier, New York (1976). Copyrighted.

