

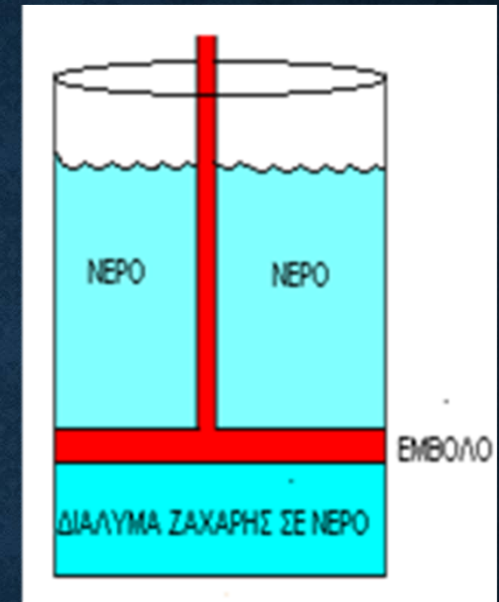
Προσθετικές (ή αθροιστικές) ονομάζονται οι ιδιότητες των διαλυμάτων των οποίων οι τιμές είναι ανεξάρτητες από τη φύση της διαλυμένης ουσίας και εξαρτώνται από τον αριθμό των σωματιδίων (μορίων ή ιόντων) της διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε ορισμένη ποσότητα διαλύματος (ή διαλύτη).

Οι τιμές των προσθετικών ιδιοτήτων είναι ανάλογες με τη συγκέντρωση του διαλύματος.

## ΩΣΜΩΣΗ

Όταν διαλυθεί σε έναν διαλύτη μία ουσία, παρατηρείται διάχυση της ουσίας στο διαλύτη και τελικά λαμβάνεται ομογενές σύστημα.

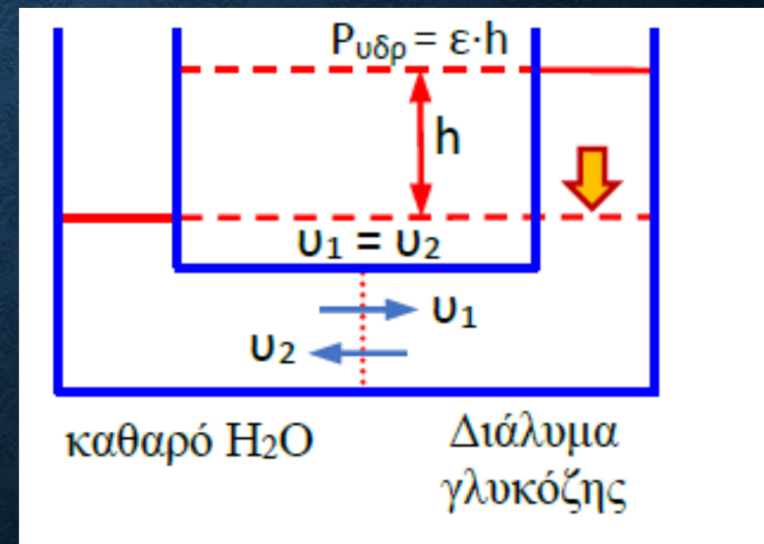
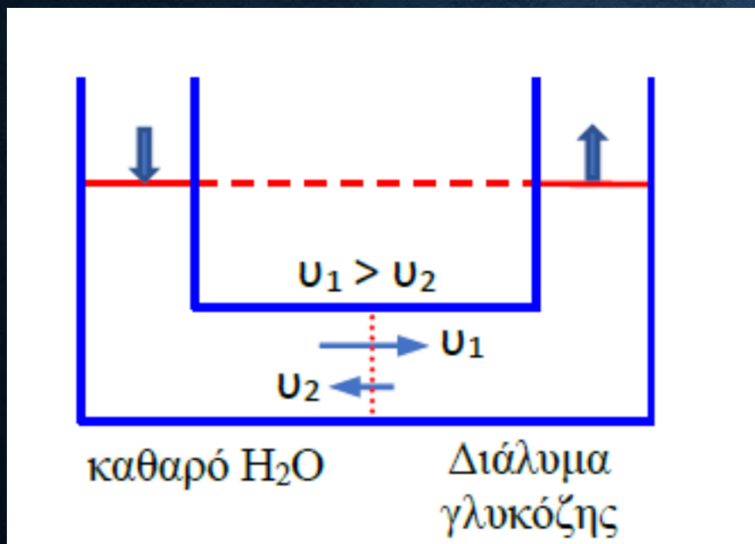
Οι ημιπερατές μεμβράνες είναι σώματα που επιτρέπουν μέσω των πόρων τους τη διέλευση του διαλύτη και όχι της διαλυμένης ουσίας σε ένα διάλυμα. Οι μεμβράνες αυτές μπορεί να είναι φυσικές, όπως οι κύστες χοίρων ή τεχνητές (π.χ.  $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$  και έχουν διαστάσεις πόρων κάτω των  $250 \cdot 10^{-7}$ .



Υδατικό διάλυμα ζάχαρης, το οποίο χωρίζεται με ημιπερατή μεμβράνη από τον καθαρό διαλύτη. Η εισροή νερού στο χώρο που βρίσκεται το διάλυμα, έχει ως συνέπεια την ανύψωση του εμβόλου.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

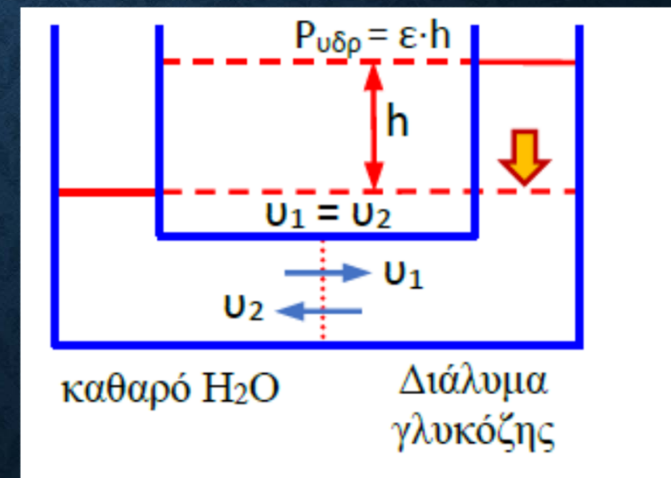
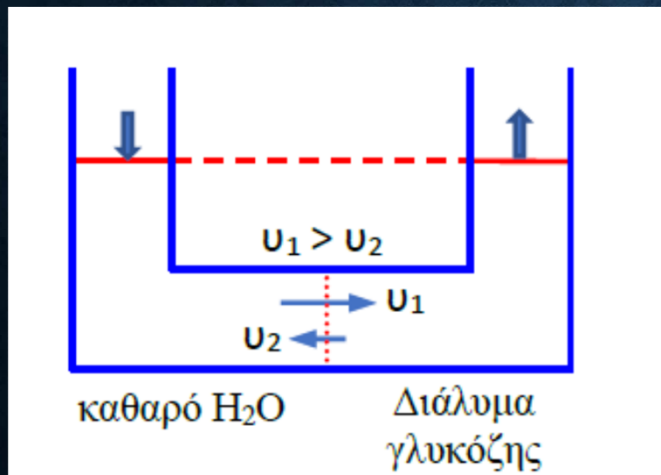
Ας θεωρήσουμε ένα υδατικό διάλυμα γλυκόζης που φέρεται σε επαφή μέσω ημιπερατής μεμβράνης με καθαρό νερό. Η ημιπερατή μεμβράνη επιτρέπει τη δίοδο μορίων νερού και προς τις δύο κατευθύνσεις αλλά όχι και τη δίοδο των μορίων της γλυκόζης.



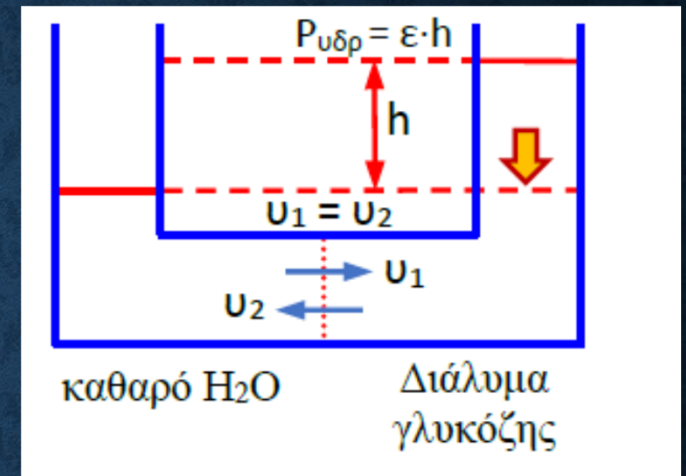
## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Αρχικά η ταχύτητα μετακίνησης ( $u_1$ ) των μορίων του νερού από τον καθαρό διαλύτη προς το διάλυμα είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα μετακίνησης ( $u_2$ ) των μορίων του νερού από το διάλυμα προς τον καθαρό διαλύτη.

Δηλαδή ισχύει  $u_1 > u_2$ . Έτσι, ο όγκος του διαλύματος της γλυκόζης αυξάνεται και παρατηρείται ανύψωση της στάθμης του διαλύματος στο δεξιό τμήμα του .

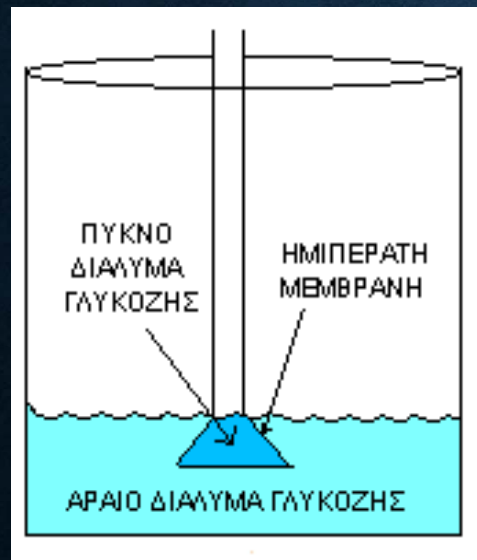


Με το πέρασμα του χρόνου, η ανύψωση της στάθμης του διαλύματος επιβραδύνεται και τελικά σταθεροποιείται σε ορισμένο ύψος ( $h$ ) οπότε και σταματά το φαινόμενο της ώσμωσης.

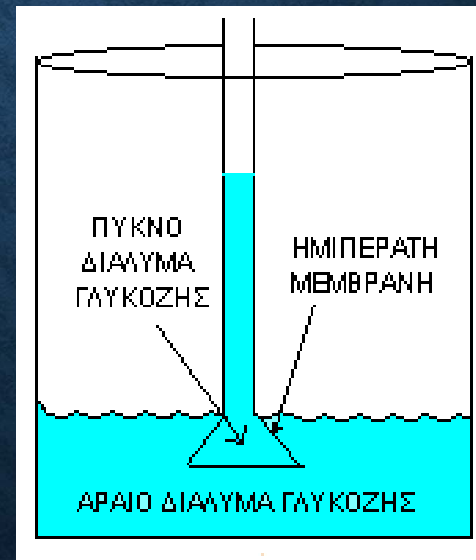


Αυτό συμβαίνει γιατί η υδροστατική πίεση που δημιουργείται, λόγω της ανύψωσης της στάθμης κατά ύψος  $h$ , εξαναγκάζει τα μόρια του διαλύτη να εξέρχονται από το διάλυμα με την ίδια ταχύτητα με την οποία εισέρχονται. Δηλαδή τελικά αποκαθίσταται δυναμική ισορροπία στην οποία ισχύει:  $U_1 = U_2$ .

Επίσης, αν στο δοχείο του σχήματος α που περιέχει αραιό διάλυμα γλυκόζης βυθίσουμε σωλήνα που φέρει στο κάτω του άκρο ημιπερατή μεμβράνη και περιέχει πυκνό διάλυμα γλυκόζης, θα παρατηρήσουμε εισροή υγρού από το αραιότερο προς το πυκνότερο διάλυμα. Αυτό έχει ως συνέπεια την ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας του διαλύματος μέσα στο σωλήνα (σχ.β).



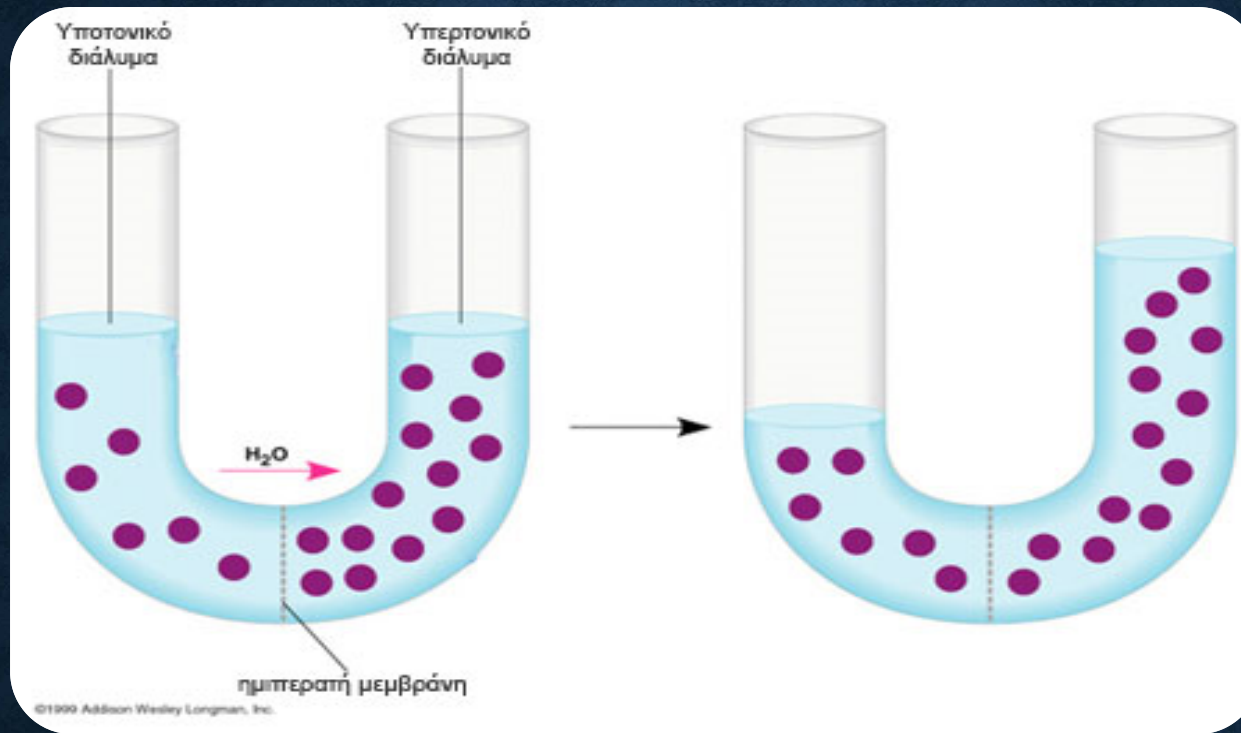
Σχήμα α



Σχήμα β

Ώσμωση ονομάζεται το φαινόμενο της διάχυσης περισσότερων μορίων διαλύτη (συνήθως  $H_2O$ ), μέσω ημιπερατής μεμβράνης, από το διάλυμα της μικρότερης συγκέντρωσης (υποτονικό διάλυμα) προς το διάλυμα της μεγαλύτερης συγκέντρωσης (υπερτονικό διάλυμα).

Ισοτονικά λέγονται δύο διαλύματα που έχουν την ίδια ωσμωτική πίεση.



## ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Όταν ένα διάλυμα μιας μοριακής μη πτητικής ουσίας και ο καθαρός διαλύτης χωρίζονται με ημιπερατή μεμβράνη τότε μέσω της μεμβράνης διέρχονται μόνο τα μόρια του διαλύτη τα οποία έχουν μικρότερες διαστάσεις.



Τα ογκώδη μόρια των διαλυμένων ουσιών δεν μπορούν να διέλθουν από τους πόρους της μεμβράνης.

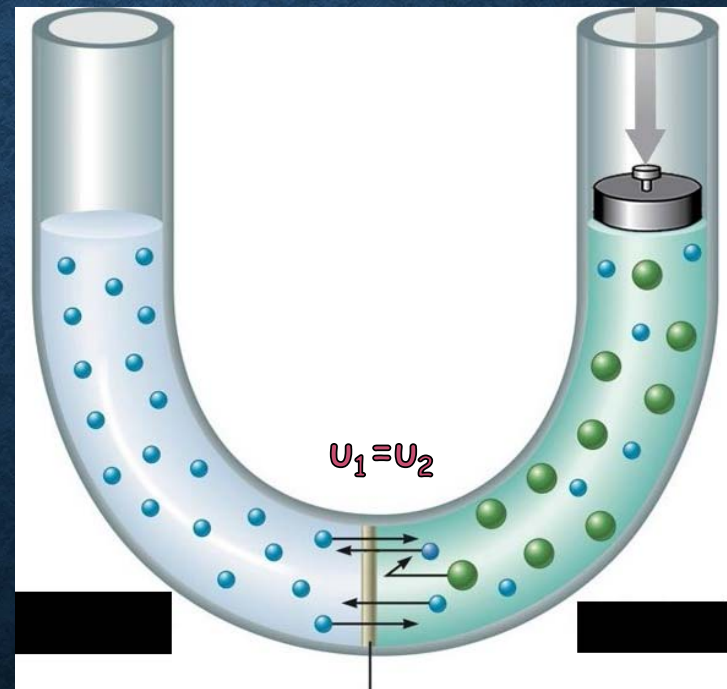
Στο διάλυμα, όμως, ο αριθμός των μορίων διαλύτη ανά μονάδα όγκου είναι μικρότερος του αντίστοιχου αριθμού στον καθарό διαλύτη, γιατί τις θέσεις ορισμένων μορίων διαλύτη έχουν καταλάβει μόρια της διαλυμένης ουσίας.

Αυτό σημαίνει ότι μέσω της μεμβράνης διέρχονται περισσότερα μόρια διαλύτη ανά μονάδα χρόνου από τον καθарό διαλύτη προς το διάλυμα, παρά κατά την αντίθετη φορά.

Η ώσμωση σταματά όταν εξισωθούν τα μόρια του διαλύτη και από τις δύο όψεις της μεμβράνης, κάτι βέβαια που δεν είναι εφικτό, όταν έχουμε διάλυμα χωρισμένο με καθарό διαλύτη.

Ωσμωτική πίεση διαλύματος, το οποίο χωρίζεται με ημιπερατή μεμβράνη από τον καθαρό διαλύτη, είναι η πίεση που πρέπει να ασκηθεί στο διάλυμα εξωτερικά, ώστε να μη λάβει χώρα ώσμωση, χωρίς μεταβολή του όγκου του διαλύματος.

Καθαρό νερό



$$P_{\text{εξ.}} = \Pi$$

υδατικό  
διάλυμα  $\Delta 1$   
 $c_1$

Ημιπερατή μεμβράνη

Με βάση πειραματικά αποτελέσματα, ο van't Hoff διαπίστωσε ότι για την ωσμωτική πίεση στην περίπτωση αραιών μοριακών διαλυμάτων, ισχύει:

$$\Pi = c \cdot R \cdot T$$

$$\Pi \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

(αφού  $c = n/V$ )

$\Pi$  η ωσμωτική πίεση του διαλύματος (σε atm),

$c$  η συγκέντρωσή του,

$R = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  η σταθερά των ιδανικών αερίων,

$T = 273 + \theta \text{ }^\circ\text{C}$  η απόλυτη θερμοκρασία (K),

$V$  ο όγκος του διαλύματος (σε L) και

$n$  ο αριθμός mol της διαλυμένης ουσίας

Οι σχέσεις ισχύουν με την προϋπόθεση ότι:  
το διάλυμα είναι αραιό,  
το διάλυμα είναι μοριακό (μη ηλεκτρολυτικό), δηλαδή η διαλυμένη ουσία βρίσκεται αποκλειστικά με τη μορφή μορίων.

## Ωσμωμετρία

Ωσμωμετρία ονομάζεται η μέθοδος προσδιορισμού της σχετικής μοριακής μάζας ( $M_r$ ) με βάση τον πειραματικό προσδιορισμό της ωσμωτικής πίεσης, κάνοντας χρήση της εξίσωσης:

$$\Pi \cdot V = n \cdot R \cdot T, \quad \Pi \cdot V = \frac{m}{M_r} \cdot R \cdot T, \quad M_r = \frac{m \cdot R \cdot T}{\Pi \cdot V}$$

Η ωσμωμετρία εφαρμόζεται με την προϋπόθεση ότι το διάλυμα είναι αραιό και μοριακό.

Ισοτονικά διαλύματα ονομάζονται τα διαλύματα που έχουν την ίδια τιμή ωσμωτικής πίεση ( $\Pi_1 = \Pi_2$ ).

Έστω δύο ισοτονικά διαλύματα με ωσμωτικές πιέσεις  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$ . Ισχύει:  $\Pi_1 = c_1RT_1$  και  $\Pi_2 = c_2RT_2$

Επειδή τα διαλύματα είναι ισοτονικά, ισχύει  $\Pi_1 = \Pi_2$ , οπότε έχουμε:  $c_1T_1 = c_2T_2$

Από τη σχέση αυτή προκύπτει ότι:

Αν  $T_1 = T_2$ , τότε και  $c_1 = c_2$ , δηλαδή στην ίδια θερμοκρασία τα ισοτονικά διαλύματα έχουν ίσες συγκεντρώσεις.

Αν  $T_1 \neq T_2$ , τότε δύο διαλύματα με διαφορετικές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι ισοτονικά, αρκεί οι θερμοκρασίες τους να έχουν κατάλληλη σχέση.

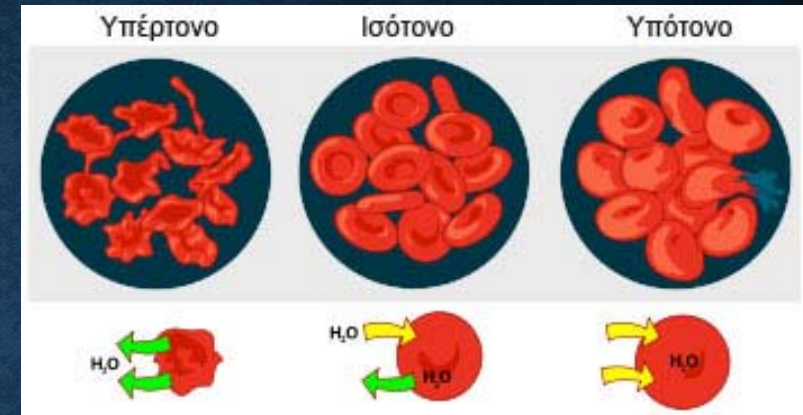
## ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Η ώσμωση έχει μεγάλη σημασία για τους ζωντανούς οργανισμούς. Τα κύτταρα διαχωρίζονται από το περιβάλλον τους με την κυτταρική μεμβράνη η οποία είναι ημιπερατή. Στο εσωτερικό τους βρίσκονται διαλυμένα διάφορα άλατα.

Αυτό έχει ως συνέπεια αν βυθισθεί το κύτταρο σε καθαρό νερό ή σε υποτονικό διάλυμα, να εισρεύσει νερό στο εσωτερικό του κυττάρου, να διογκωθεί ή ακόμα και να διαρραγεί.

Επίσης, αν βυθισθεί το κύτταρο σε υπερτονικό περιβάλλον, τότε μόρια νερού θα μεταφερθούν από το κύτταρο στον εξωκυτταρικό χώρο με αποτέλεσμα τη συρρίκνωση του πρωτοπλάσματος και τελικά την αποκόλλησή του από την κυτταρική μεμβράνη.

Τα ερυθρά αιμοσφαίρια εντός καθαρού νερού υφίστανται διόγκωση και διάρρηξη, με συνέπεια τη διάχυση της αιμοσφαιρίνης στο νερό. Η διάρρηξη των ερυθρών αιμοσφαιρίων λέγεται **αιμόλυση**.



Όλα τα ενέσιμα υγρά είναι ισοτονικά προς το αίμα.

Ο φυσιολογικός ορός που χορηγείται ενδοφλέβια σε περιπτώσεις αφυδάτωσης του οργανισμού, είναι διάλυμα NaCl περιεκτικότητας 0,9% κ.β ή διάλυμα γλυκόζης περιεκτικότητας 5%.

Ένα φαινόμενο, επίσης, που είναι συνέπεια της ώσμωσης είναι η μεταφορά των χυμών στους κορμούς των φυτών



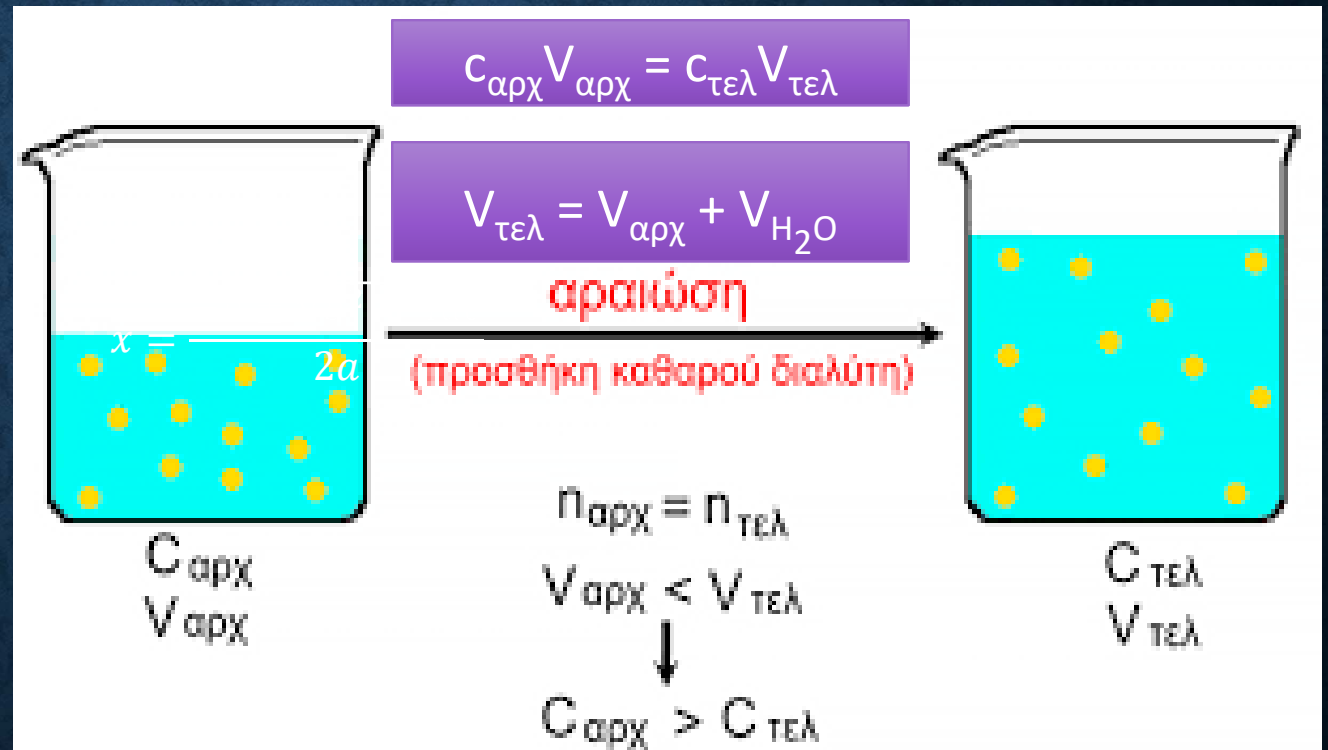
## Μεταβολή της ωσμωτικής πίεσης κατά την αραίωση ή συμπύκνωση ενός διαλύματος

Η αραίωση ενός διαλύματος πραγματοποιείται με προσθήκη ποσότητας καθαρού διαλύτη (νερού) στο διάλυμα.

Κατά την αραίωση η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή, ενώ αυξάνεται ο όγκος του διαλύματος.

$$c = \frac{n}{V}$$

Η συγκέντρωση του διαλύματος ελαττώνεται οπότε ελαττώνεται η ωσμωτική πίεση του διαλύματος, γιατί  $n = \text{σταθερό}$  και  $V \uparrow$ , άρα  $c \downarrow$





$$P_{\alpha\rho\chi} V_{\alpha\rho\chi} = nRT$$

$$P_{\tau\epsilon\lambda} V_{\tau\epsilon\lambda} = nRT$$

$$P_{\alpha\rho\chi} V_{\alpha\rho\chi} = P_{\tau\epsilon\lambda} V_{\tau\epsilon\lambda}$$

Για παράδειγμα, αν το διάλυμα αραιωθεί σε διπλάσιο όγκο ( $V_{\tau\epsilon\lambda} = 2V_{\alpha\rho\chi}$ ), ενώ η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή, τότε:

$$c_{\alpha\rho\chi} V_{\alpha\rho\chi} = c_{\tau\epsilon\lambda} V_{\tau\epsilon\lambda}$$

$$c_{\tau\epsilon\lambda} = c_{\alpha\rho\chi} / 2$$

$$P_{\alpha\rho\chi} V_{\alpha\rho\chi} = P_{\tau\epsilon\lambda} V_{\tau\epsilon\lambda}$$

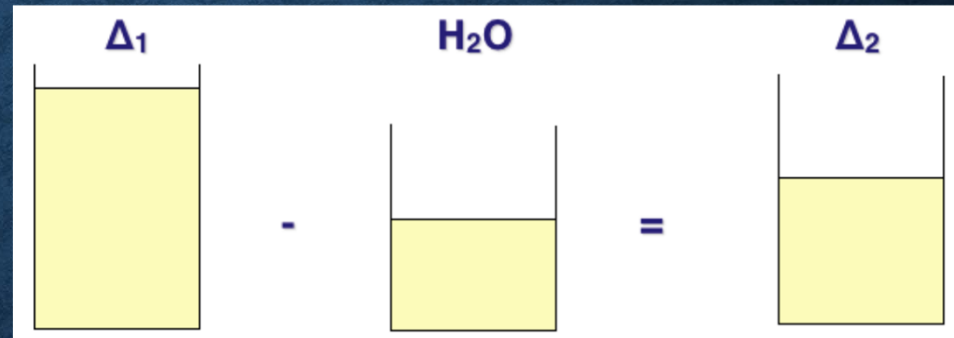
$$P_{\tau\epsilon\lambda} = P_{\alpha\rho\chi} / 2$$

Η συμπύκνωση ενός διαλύματος πραγματοποιείται με δύο τρόπους.

α) Με αφαίρεση ποσότητας διαλύτη από το διάλυμα.

Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι σχέσεις:

Στην περίπτωση αυτή, η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή, ενώ μειώνεται ο όγκος του διαλύματος.



$$c = \frac{n}{V}$$

$$n_{\delta.o}(\Delta_1) = n_{\delta.o}(\Delta_2)$$

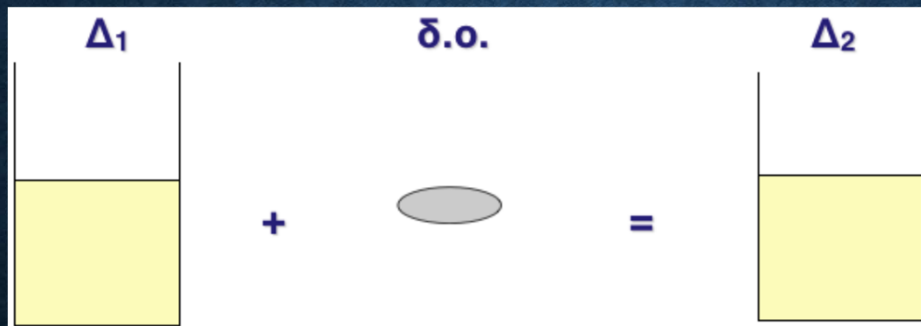
$$c_1 V_1 = c_2 V_2$$

Κατά τη συμπύκνωση αυξάνεται η συγκέντρωση του διαλύματος ( $c_2 > c_1$ ),  
οπότε αυξάνεται και η οσμωτική πίεση του διαλύματος ( $\Pi_2 > \Pi_1$ ).

β) Με προσθήκη στο διάλυμα ποσότητας καθαρής διαλυμένης ουσίας.

Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας αυξάνεται, ενώ ο όγκος του διαλύματος δεν μεταβάλλεται πρακτικά ( $V_2 \approx V_1$ ). Ισχύει:

$$n_{\delta.o}(\Delta_1) + n_{\text{προσθ}} = n_{\delta.o}(\Delta_2)$$

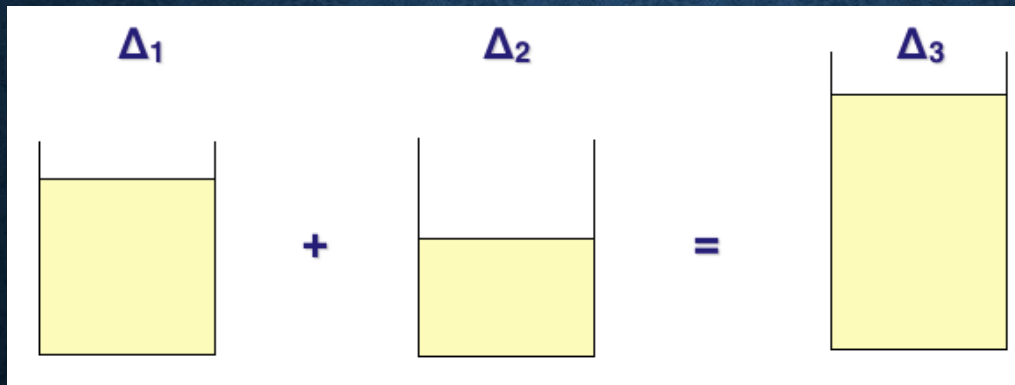


Όταν η καθαρή ουσία που προστίθεται στο διάλυμα είναι στερεό ή αέριο και η ποσότητά της είναι σχετικά μικρή, τότε ο όγκος του διαλύματος πρακτικά δε μεταβάλλεται

## Ανάμειξη διαλυμάτων της ίδιας διαλυμένης ουσίας

Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας στο διάλυμα  $\Delta_3$  είναι ίση με το άθροισμα των ποσοτήτων της διαλυμένης ουσίας Α στα διαλύματα  $\Delta_1$  και  $\Delta_2$  που αναμειγνύονται, δηλαδή:

$$n_{\delta.o}(\Delta_1) + n_{\delta.o}(\Delta_2) = n_{\delta.o}(\Delta_3)$$



$$n_{\delta.o.(1)} + n_{\delta.o.(2)} = n_{\delta.o.(3)} \quad \eta. \quad \frac{\Pi_1 V_1}{RT} + \frac{\Pi_2 V_2}{RT} = \frac{\Pi_3 V_3}{RT} \quad \eta. \quad \Pi_1 V_1 + \Pi_2 V_2 = \Pi_3 V_3$$

Η τιμή της συγκέντρωσης ( $c_3$ ) της ουσίας Α στο διάλυμα  $\Delta_3$  που προκύπτει είναι μεταξύ των τιμών των συγκεντρώσεων ( $c_1$  και  $c_2$ ) των διαλυμάτων  $\Delta_1$  και  $\Delta_2$  αντίστοιχα που αναμειγνύονται.

Επομένως και η ωσμωτική πίεση ( $\Pi_3$ ) του διαλύματος  $\Delta_3$  που προκύπτει είναι μεταξύ των τιμών των ωσμωτικών πιέσεων ( $\Pi_1$  και  $\Pi_2$ ) των διαλυμάτων  $\Delta_1$  και  $\Delta_2$  αντίστοιχα που αναμειγνύονται.

Για παράδειγμα, αν αναμείξουμε δύο υδατικά διαλύματα γλυκόζης με συγκεντρώσεις  $c_1 < c_2$  και ωσμωτικές πιέσεις  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  αντίστοιχα, για το τελικό διάλυμα ισχύει:

$$c_1 < c_3 < c_2, \text{ άρα } \Pi_1 < \Pi_3 < \Pi_2 \text{ (T σταθερή)}$$

Όταν αναμειγνύουμε διαλύματα διαφορετικών ουσιών και οι διαλυμένες ουσίες δεν αντιδρούν μεταξύ τους, ο αριθμός mol κάθε διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερός ( $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  σταθερά), ενώ αυξάνεται ο όγκος του διαλύματος ( $V_3 = V_1 + V_2$ ).

Ο αριθμός mol ( $n_1$ ) και ( $n_2$ ) στα διαλύματα  $\Delta_1$  και  $\Delta_2$  είναι αντίστοιχα:

$$n_1 = \frac{\Pi_1 V_1}{RT}$$

- Στο διάλυμα  $\Delta_3$  που προκύπτει ο συνολικός αριθμός mol των διαλυμένων ουσιών είναι:

$$n_2 = \frac{\Pi_2 V_2}{RT}$$

$$n_1 + n_2 = \frac{\Pi_1 V_1}{RT} + \frac{\Pi_2 V_2}{RT}$$

Η ωσμωτική πίεση του διαλύματος είναι ανεξάρτητη από τη φύση των διαλυμένων ουσιών, οπότε στο διάλυμα  $\Delta_3$  ισχύει:

$$\Pi_3 V_3 = (n_1 + n_2)RT = \left(\frac{\Pi_1 V_1}{RT} + \frac{\Pi_2 V_2}{RT}\right)RT = \Pi_1 V_1 + \Pi_2 V_2$$

Η οσμωτική πίεση είναι προσθετική ιδιότητα, οπότε είναι ανεξάρτητη από τη φύση των διαλυμένων ουσιών.

$$\Pi_3 (V_1 + V_2) = \Pi_1 V_1 + \Pi_2 V_2$$