

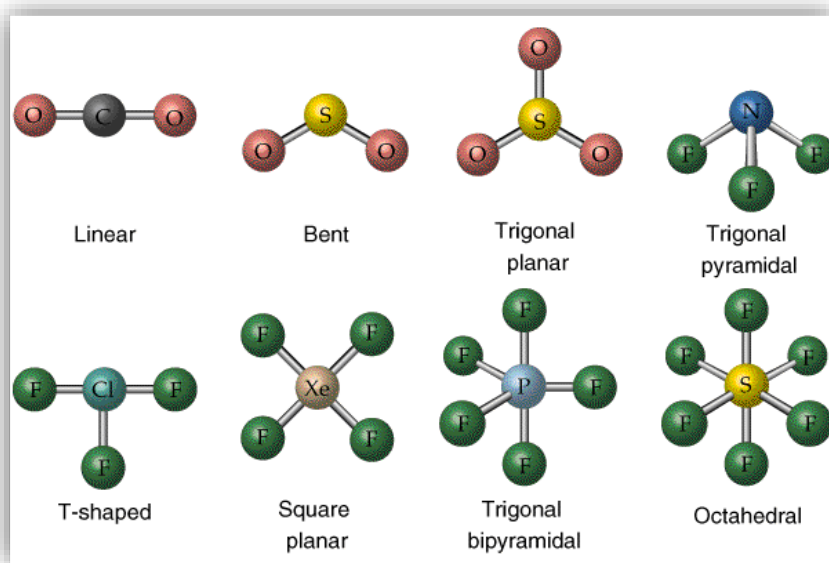
ΔΙΑΜΟΡΙΑΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ – ΟΣΜΩΣΗ

χημεία κατεύθυνσης γ' λυκείου

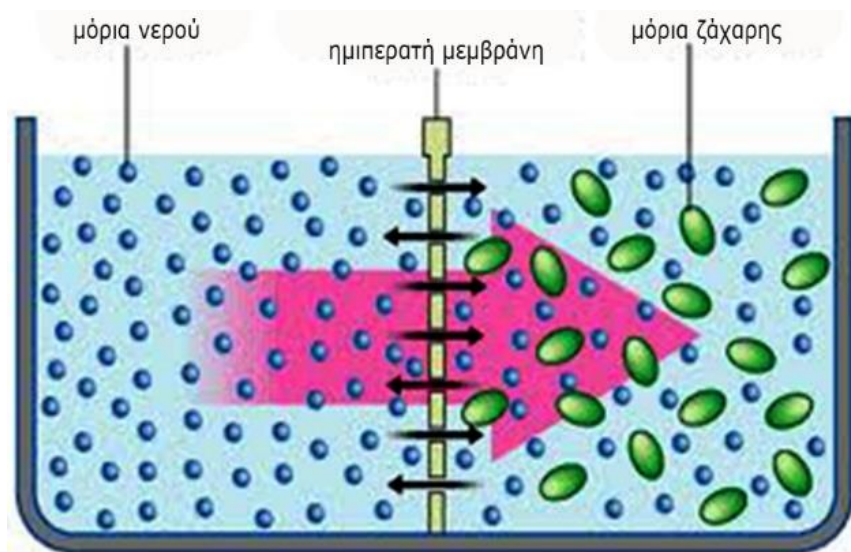
επιμέλεια: Σαπουνά Χριστίνα

ΕΙΔΗ ΔΙΑΜΟΡΙΑΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Van der Waals (διασποράς και διπόλου – διπόλου), δεσμός υδρογόνου, διπόλου – ιόντος



ΌΣΜΩΣΗ ΚΑΙ ΟΣΜΩΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ



1. Ενδομοριακές δυνάμεις – Διπολική ροπή – Πολικά και μη πολικά μόρια

Όταν τα άτομα που ενώνονται με ομοιοπολικό δεσμό έχουν **διαφορετική ηλεκτραρνητικότητα**, το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων **έλκεται** από το πιο ηλεκτραρνητικό άτομο.

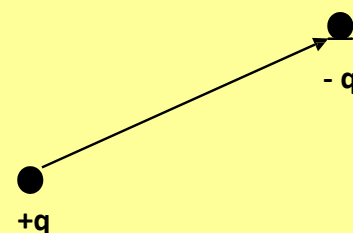
Έτσι, δημιουργείται μια **ασύμμετρη κατανομή του ηλεκτρικού φορτίου** μέσα στο μόριο (**πολικότητα**) και εμφανίζεται μια μικρή περίσσεια αρνητικού φορτίου (δ^-) στην πλευρά του ηλεκτραρνητικότερου ατόμου και συνεπώς μια μικρή περίσσεια θετικού φορτίου (δ^+) στην πλευρά του άλλου ατόμου και ο **δεσμός** ονομάζεται **πολωμένος**

Μέτρο της πολικότητας ενός χημικού δεσμού αποτελεί η διπολική ροπή (μ)

Η **διπολική ροπή** είναι **διάνυσμα** που έχει **φορά** από το θετικό προς το αρνητικό άκρο του διπόλου και μέτρο που δίνεται από τη σχέση :

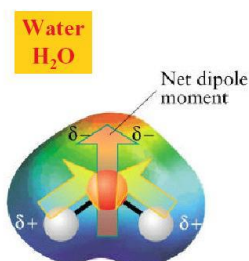
$$\mu = Q \cdot r,$$

όπου Q : το φορτίο και r : η απόσταση μεταξύ των δύο φορτίων.

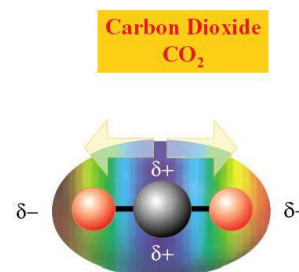


Σε ένα πολυατομικό μόριο κάθε δεσμός μπορεί να είναι δίπολο.

Ο προσανατολισμός αυτών των επιμέρους δίπολων καθορίζει εάν υπάρχει και πόση είναι η διπολική ροπή για όλο το μόριο συνολικά.



Στο H₂O, οι διπολικές ροπές H – O δεν αναιρούνται επειδή το μόριο “**λυγίζει**”, το οξυγόνο διαθέτει 2 αδέσμευτα ζεύγη e^- στην εξωτερική του στιβάδα. Στο CO₂, οι ηλεκτρικές ροπές των δεσμών C – O είναι **αντίθετες** και αναιρούνται επειδή το μόριο είναι **γραμμικό**



πολικό ή μη πολικό;;;

Πολικά μόρια:

εκείνα που εμφανίζουν διπολική ροπή και:

→ Είτε αποτελούνται από **διαφορετικά άτομα**,

π.χ. HBr, H₂S, PH₃, H₂SO₃

→ Είτε έχουν τέτοια **γεωμετρία**, $\Sigma\mu \neq 0$ στο μόριο,

π.χ. CHCl₃, CO, COCl₂

Μη πολικά μόρια:

εκείνα που δεν εμφανίζουν διπολική ροπή και:

→ Είτε αποτελούνται από **τα ίδια άτομα**,

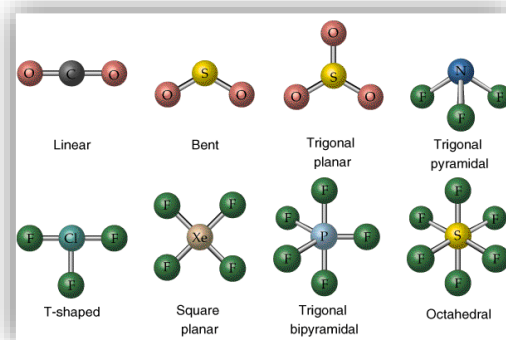
π.χ. H₂, O₂, N₂, I₂

→ Είτε έχουν τέτοια **γεωμετρία**, $\Sigma\mu = 0$ στο μόριο,

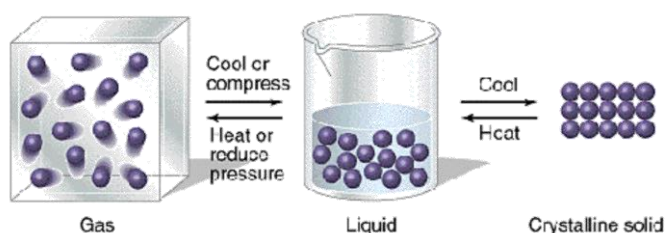
π.χ. CH₄, CO₂, CCl₄

Για να προβλέψουμε τη **γεωμετρία** του μορίου στηρίζομαστε στην υπόθεση ότι τα **ηλεκτρόνια σθένους απωθούνται** μεταξύ τους. Γι' αυτό το μόριο αποκτά τέτοια γεωμετρία, ώστε να ελαχιστοποιεί αυτήν την άπωση.

Ενα **μη πολικό μόριο**, που δεν παρουσιάζει μόνιμη ηλεκτρική ροπή, όταν βρεθεί στο **ηλεκτρικό πεδίο** κάποιου μόνιμου ηλεκτρικού διπόλου, εμφανίζει ηλεκτρική ροπή **εξ επαγωγής**.



2. Διαμοριακές δυνάμεις – Διαλυτότητα – Σημείο ζέσης



Οι δυνάμεις μεταξύ μορίων που συγκρατούν τα στερεά και τα υγρά ονομάζονται **διαμοριακές δυνάμεις**.

- Οι **διαμοριακές** δυνάμεις είναι **πολύ ασθενέστερες** από τις **ενδομοριακές** (π.χ. 16 kJ/mol έναντι 431 kJ/mol για το HCl). Όταν ένα υλικό τήκεται ή βράζει οι διαμοριακές δυνάμεις σπάνε (συνήθως όχι οι ομοιοπολικοί δεσμοί)
- Ελκτικές διαμοριακές δυνάμεις εμφανίζονται τόσο μεταξύ **ομοειδών** όσο και **ετεροειδών μορίων**.
- Για να **σπάσει** ο δεσμός που συνδέει **δύο μόρια** πρέπει να προσφερθεί αρκετή ενέργεια, ώστε τα μόρια αυτά να βρεθούν σε άπειρη απόσταση το ένα από το άλλο, δηλαδή σε τέτοια απόσταση ώστε οι **διαμοριακές δυνάμεις** να είναι **μηδενικές**.

Είδη διαμοριακών δυνάμεων:

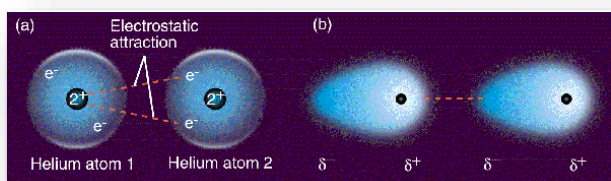
1. Van der Waals (διασποράς και διπόλου – διπόλου),
2. δεσμός υδρογόνου,
3. διπόλου – ιόντος

1. Van der Waals

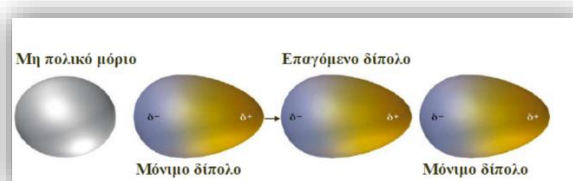
α. Διασποράς (London): μεταξύ μη πολικών μορίων ($\mu=0$) (παροδικά δίπολα)

- **Διατομικά** μόρια αποτελούμενα από **ίδια άτομα** (π.χ. O_2 , Cl_2) ή
- **πολυατομικά** μόρια με **πολωμένους δεσμούς** και την **κατάλληλη** στερεοχημική δομή, **συμμετρία** (π.χ. CO_2 , CH_4 , CCl_4 , C_2H_6 , C_3H_8 κ.λ.π.).

Ένα μη πολικό άτομο ή μόριο μπορεί να μετατραπεί σε **στιγμιαίο** (παροδικό) δίπολο λόγω:

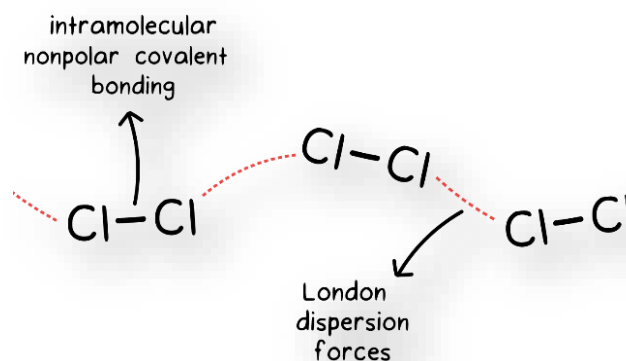


α) Της **τυχαίας μετακίνησης** των ηλεκτρονίων του

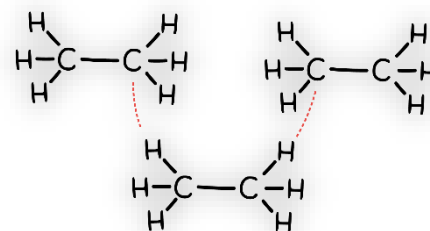


β), της παρουσίας ενός πολικού σωματιδίου (μονίμου ή παροδικού διπόλου), **επαγωγικά**.

Μεταξύ **παροδικών διπόλων** ή **μονίμου διπόλου** και **παροδικού διπόλου** ασκούνται διαμοριακές δυνάμεις που χαρακτηρίζονται ως **δυνάμεις διασποράς** ή **δυνάμεις London**. Θεωρείται ότι οι **δυνάμεις London** εμφανίζονται σε όλα τα μόρια, ανεξάρτητα αν είναι πολικά μόρια ή όχι. Έχουμε λοιπόν στιγμιαία δίπολα και οι δυνάμεις ονομάζονται διασποράς επειδή **δεν έχουν μια ορισμένη κατεύθυνση**.



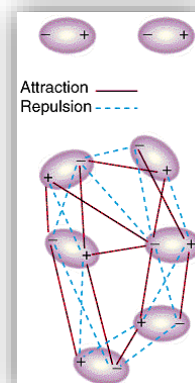
- Όσο **μεγαλύτερο** είναι το άτομο ή το μόριο τόσο **ευκολότερο** είναι να **μετατραπεί** σε **παροδικό** δίπολο και τόσο **ισχυρότερες** οι **δυνάμεις διασποράς**. Παράδειγμα οι δυνάμεις μεταξύ γειτονικών μορίων I_2 στο στερεό ιώδιο.
- Τα **ευθύγραμμα** μη πολικά μόρια εμφανίζουν **ισχυρότερους** **διαμοριακούς δεσμούς** από τα **σφαιρικά** (διακλαδισμένα) μη πολικά μόρια.



β. Διπόλου-διπόλου : μεταξύ πολικών μορίων ($\mu \neq 0$)

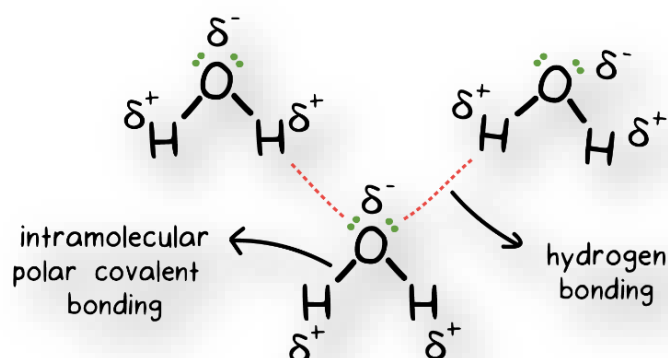
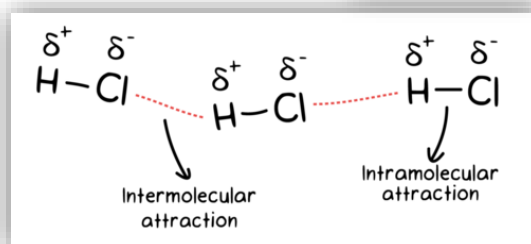
- Μεταξύ διατομικών μορίων που αποτελούνται από διαφορετικά άτομα (δηλ. με διαφορετική ηλεκτραρνητικότητα) π.χ. HCl, CO κ.λ.π. αλλά και
- μεταξύ πολυατομικών μορίων με πολωμένους δεσμούς και την κατάλληλη στερεοχημική δομή, γεωμετρία π.χ. H₂O, NH₃, HCH=O, CH₃OH κ.λ.π.

Εμφανίζονται **ελκτικές** και **απωστικές** δυνάμεις καθώς ο **προσανατολισμός** των διπόλων είναι **τυχαίος** και τα μόρια κινούνται συνεχώς. Όσο **ισχυρότερες** είναι αυτές οι δυνάμεις, τόσο ευκολότερα **υγροποιείται** ένα αέριο. Όσο **μεγαλύτερη** είναι η **διπολική ροπή** των μορίων, τόσο **ισχυρότερες** είναι οι **δυνάμεις** διπόλου-διπόλου, με την προϋπόθεση τα μόρια να έχουν την ίδια μάζα και όγκο.



παράδειγμα διπόλου – διπόλου: Μόριο HCl

Στο μόριο του HCl το ζευγάρι ηλεκτρονίων του ομοιοπολικού δεσμού ανάμεσα στο H και το Cl είναι μετατοπισμένο προς τη μεριά του **ηλεκτραρνητικότερου Cl**, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται στη μεριά του H περίσσεια θετικού συμβολισμού φορτίου (δ^+), ενώ αντίθετα στη μεριά του Cl περίσσεια αρνητικού φορτίου (δ^-), μετατρέποντας το μόριο σε **δίπολο** (πολικό μόριο). Μεταξύ γειτονικών μορίων (π.χ. στο υγρό υδροχλώριο) ασκούνται ηλεκτροστατικές ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των δ^+ και δ^- .

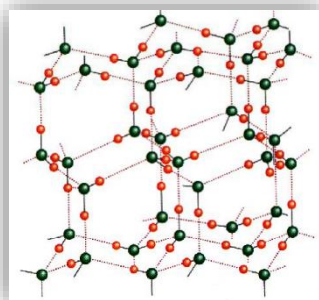


2. Δεσμός υδρογόνου

Πρόκειται για την έλξη **ανάμεσα στο H ενός μορίου και στο ηλεκτραρνητικό στοιχείο (F, O, N) ενός γειτονικού μορίου**. Συνήθως δηλώνεται με τρεις τελείες (...). Είναι ειδική μορφή δύναμης διπόλου-διπόλου και εμφανίζεται στις ενώσεις, όπου άτομο H είναι ενωμένο ομοιοπολικά με άτομο ενός πολύ ηλεκτραρνητικού στοιχείου με μικρό μέγεθος (**F, O, N**).

Συνέπειες δεσμού υδρογόνου

1. Οι **ιδιομορφίες** που παρουσιάζει το **νερό** π.χ το γεγονός ότι **ο πάγος επιπλέει στο νερό**, το **υψηλό σ.β.** .



Τα στερεά είναι συνήθως περισσότερο συμπιεσμένα από τα υγρά, γι' αυτό τα στερεά είναι πυκνότερα από τα υγρά

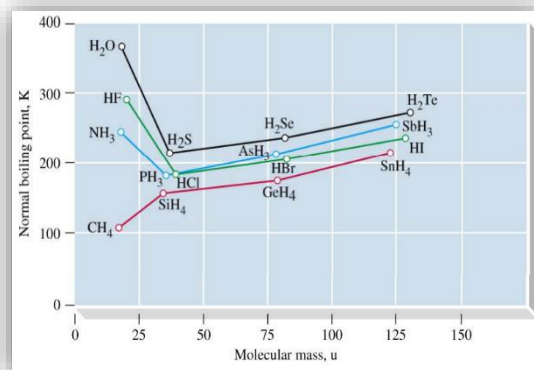
Στον πάγο τα μόρια νερού διατάσσονται έτσι ώστε να βελτιστοποιούνται ενεργειακά οι δεσμοί υδρογόνου.

Κάθε άτομο οξυγόνου στον πάγο περιβάλλεται **τετραεδρικά από 4 άλλα**. Δεσμοί υδρογόνου συνδέουν κάθε ζευγάρι ατόμων οξυγόνου. **Η διάταξη αυτή δημιουργεί μια "ανοικτή" δομή** και γι' αυτό το λόγο ο πάγος είναι λιγότερο πυκνός από το νερό και επιπλέει σε αυτό. Όταν ο πάγος

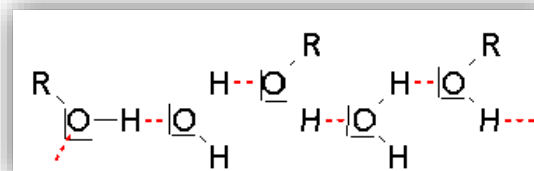
εικόνα 1: δεσμοί H στον πάγο

λιώνει, το κανονικό πλέγμα αποσυντίθεται και **τα μόρια νερού έρχονται εγγύτερα** το ένα με το άλλο με αποτέλεσμα το υγρό να εμφανίζει **μεγαλύτερη πυκνότητα**. Τα μόρια βρίσκονται συνεχώς σε κίνηση. Στο νερό το μήκος του δεσμού H-O είναι 1.0 Å, ενώ του δεσμού υδρογόνου O...H είναι 1.8 Å.

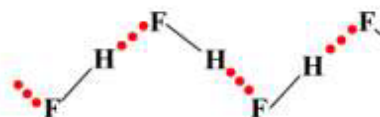
Σημείο ζέσεως έναντι μοριακού βάρους υδριδίων (κάθε γραμμή αναφέρεται στα υδρίδια μιας κύριας ομάδας του ΠΠ)



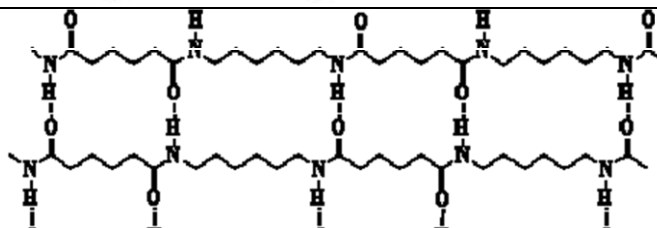
2. Η **μεγάλη διαλυτότητα** που έχουν τα κατώτερα μέλη των **αλκοολών** και **καρβοξυλικών οξέων** στο νερό.



3. Τα **υψηλά σημεία βρασμού** που παρουσιάζουν τα κατώτερα μέλη των **αλκοολών** σε σύγκριση με τους αιθέρες με ίδιες ή παραπλήσιες σχετικές μοριακές μάζες.
4. Ο **ασθενής όξινος χαρακτήρας** του HF.



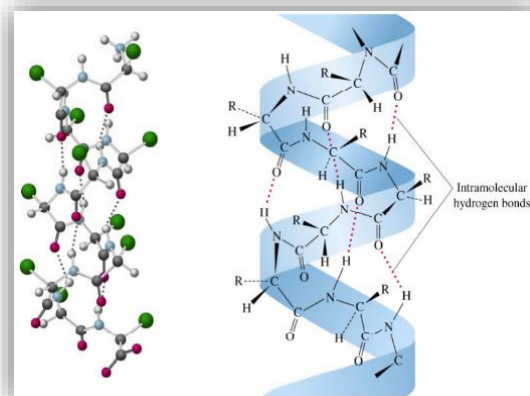
5. Η **μεγάλη αντοχή** του **ναύλον**.



2. Η ελικοειδής δομή των πρωτεϊνών και του DNA.

Δεσμοί υδρογόνου εμφανίζονται στις πρωτεϊνικές δομές, τους υδρογονάνθρακες και τα νουκλεϊκά οξέα. Οι ιδιότητες και οι λειτουργίες αυτών των βιολογικών μορίων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τους δεσμούς υδρογόνου.

Μικροί υδρογονάνθρακες, όπως η γλυκόζη είναι ιδιαίτερα **διαλυτά** στο **νερό** εξαιτίας της ικανότητας τους να σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου με τα μόρια του νερού.

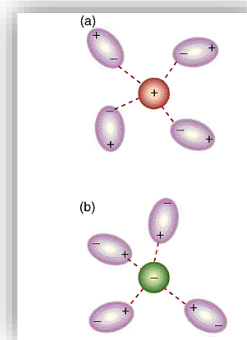


3. Δεσμός ιόντος-διπόλου

Εμφανίζονται μεταξύ ενός κατιόντος (π.χ. Na^+) ή ανιόντος (π.χ. Cl^-) και ενός πολικού μορίου (π.χ. H_2O ή NH_3).

Η ισχύς τους εξαρτάται από το **μέγεθος** και το **φορτίο** του **ιόντος** καθώς και από το **μέγεθος** και τη **διπολική ροπή** του **μορίου**.

Παραδείγματα τέτοιου είδους δεσμών αποτελούν τα **εφυδατωμένα ιόντα** και τα **σύμπλοκα ιόντα**



Συνέπειες των διαμοριακών δυνάμεων στις ιδιότητες των ουσιών:

- i. **Διαλυτότητα:** Μία ουσία διαλύεται σε μία άλλη, όταν η ισχύς των διαμοριακών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ διαλυμένης ουσίας και διαλύτη υπερβαίνει την αντίστοιχη αυτών των μορίων διαλύτη- διαλύτη και διαλυμένης ουσίας-διαλυμένης ουσίας. Έτσι, **τα όμοια διαλύουν όμοια**, δηλαδή :
 - οι πολικές ενώσεις διαλύονται σε πολικούς διαλύτες (π.χ. αιθανόλη σε νερό) και
 - οι μη πολικές σε μη πολικούς διαλύτες (π.χ. εξάνιο σε τετραχλωράνθρακα).
- ii. **Σημείο βρασμού:** Για ενώσεις με ίδιο ή παραπλήσιο μοριακό βάρος, **όσο αυξάνει η ισχύς των διαμοριακών δυνάμεων τόσο αυξάνει και το σημείο βρασμού**. Π.χ. το σημείο βρασμού του H_2O ($M_r=18$) είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό του CH_4 ($M_r=16$).
 - Μεταβολή σημείο βρασμού για τα αλογόνα: $\text{F}_2 < \text{Cl}_2 < \text{Br}_2 < \text{I}_2$
 - Μεταβολή σημείο βρασμού για τα αλκάνια σε σχέση με τον αριθμό ατόμων άνθρακα (M_r) :

$$\text{CH}_4 < \text{C}_2\text{H}_6 < \text{C}_3\text{H}_8 < \text{C}_4\text{H}_{10} < \text{C}_5\text{H}_{12} < \text{C}_8\text{H}_{18}$$

- Μεταβολή **σημείο βρασμού** για **δίπολα** σε σχέση με τη **συνολική διπολική τους ροπή** :

ΕΝΩΣΗ	Mr	μ/D	Σ.Ζ./Κ
προπάνιο	44	0,1	231
διμεθυλαιθέρας	46	1,3	248
χλωρομεθάνιο	50	1,9	249
ακεταλδεΐδη	44	2,7	294
αιθανονιτρίλιο	41	3,9	355

Αύξηση διπολικής ροπής

Αύξηση σ.ζ.

Όσο αυξάνει η ισχύς των διαμοριακών δυνάμεων:

- Τόσο πιο **ισχυρά έλκονται** τα μόρια των χημικών ενώσεων μεταξύ τους.
- Τόσο **περισσότερη ενέργεια** απαιτείται για την απομάκρυνσή τους.
 - Τόσο **υψηλότερο** το **σημείο ζέσης** τους.
 - Τόσο πιο **δύσκολα εξατμίζονται** τα υνρά.

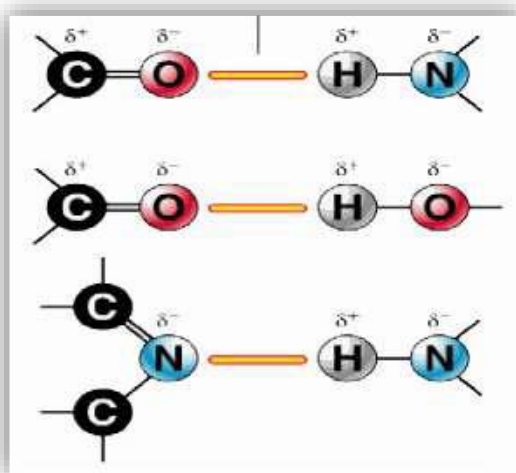
αύξηση σημείου ζέσεως

μη πολικά μόρια:

πολικά μόρια:

↑ Mr

↑ διπολική ροπή



εικόνα: άλλοι δεσμοί υδρογόνου

Παρατηρήσεις:

1. **Ιοντικές** ενώσεις είναι τα **οξείδια** των **μετάλλων**, M_2O_x , π.χ. CaO , τα **υδροξείδια** των μετάλλων, $M(OH)_x$, π.χ. KOH , και τα **άλατα**, π.χ. $NaCl$.
2. **Ομοιοπολικές** ενώσεις είναι τα **οξέα**, H_xA , π.χ. HCl , τα **οξείδια** των **αμετάλλων**, A_2O_x , π.χ. SO_2 , και οι **οργανικές** ενώσεις, π.χ. CH_4 .
3. Η ύπαρξη των δυνάμεων **διασποράς** εξηγεί την **υγροποίηση** των **μη πολικών αερίων**.
4. Ο ομοιοπολικός δεσμός του **υδρογόνου** με τα πολύ ηλεκτραρνητικά **N, O, F**, είναι πολύ πολωμένος. Στο γεγονός αυτό οφείλεται η μεγάλη ισχύς του δεσμού υδρογόνου.
5. Τα **στερεά** και τα **υγρά** είναι πρακτικά **ασυμπίεστα**, δηλαδή, ο όγκος τους μεταβάλλεται ελάχιστα με την εφαρμογή υψηλής πίεσης. Αυτό συμβαίνει γιατί οι αποστάσεις των δομικών μονάδων τους είναι πολύ μικρές.
6. Τα **αέρια** μπορούν να **συμπιεστούν** με αύξηση της πίεσης. Αυτό συμβαίνει γιατί οι αποστάσεις των δομικών μονάδων τους είναι πολύ μεγάλες, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος του όγκου που καταλαμβάνει ένα αέριο να είναι κενό.
7. Στα **αέρια** οι δομικές μονάδες έχουν **μεγαλύτερη κινητική ενέργεια** σε σχέση με τα στερεά και τα υγρά.

A. Ασκήσεις όπου εξετάζουμε: το είδος των διαμοριακών δυνάμεων:

Αρχικά βλέπουμε αν τα μόρια είναι **πολικά ή μη πολικά**.

- **Μη πολικά** είναι όλα τα μόρια των χημικών στοιχείων και τα μόρια των χημικών ενώσεων με **πολωμένους δεσμούς** στα οποία γεωμετρία είναι τέτοια ώστε να μην εμφανίζεται διπολική ροπή $\Sigma\mu=0$, π.χ.: CO_2 , CH_4 .
- **Πολικά** είναι τα διατομικά μόρια των χημικών ενώσεων και τα πολυατομικά μόρια με πολωμένους δεσμούς όπου η γεωμετρία είναι τέτοια ώστε η διπολική ροπή να είναι διαφορετική από μηδέν $\Sigma\mu\neq 0$, π.χ.: H_2O , NH_3 .

!!! Όταν έχουμε **πολικά μόρια** προσέχουμε αν περιέχουν άτομα **υδρογόνου, H**, ενωμένα με **φθόριο, F, οξυγόνο, O, ή άζωτο, N**, γιατί στη περίπτωση αυτή έχουμε **δεσμό υδρογόνου !!!**

B. Ασκήσεις που συγκρίνουμε:

τα σημεία βρασμού ή τα σημεία τήξης ορισμένων ουσιών:

Αρχικά ελέγχουμε αν η ουσία είναι **ιοντική** ή **μοριακή**.

- Οι **ιοντικές ουσίες** έχουν γενικά **υψηλότερα σημεία βρασμού και τήξης** από τις μοριακές.
- Για τις **μοριακές ουσίες** εξετάζουμε το **είδος των διαμοριακών δυνάμεων** που υπάρχει σε κάθε μία και τη **σχετική τους μοριακή μάζα, M_r** .
- Σε ουσίες με **παραπλήσιες** σχετικές μοριακές μάζες, M_r , όσο **ισχυρότερες** είναι οι **διαμοριακές δυνάμεις**, τόσο **μεγαλύτερο** είναι το **σημείο βρασμού ή τήξης**.

Γ. Ασκήσεις που προβλέπουμε:

ποιες ουσίες διαλύονται και ποιες όχι, σε ορισμένο διαλύτη:

Εξετάζουμε πρώτα αν ο διαλύτης είναι **πολικός** ή **μη πολικός**.

- Αν ο διαλύτης είναι **πολικός**, σε αυτόν διαλύονται **πολικές και ιοντικές ενώσεις**.
- Αν ο διαλύτης είναι **μη πολικός**, σε αυτόν διαλύονται **μη πολικές ενώσεις**.

Δηλαδή, εφαρμόζουμε τον κανόνα: **“Τα όμοια διαλύουν όμοια”**.

ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ**1 . Ποιο είδος διαμοριακών δυνάμεων έχουμε:****α. Σε υδατικό διάλυμα CaCl_2** **β. Σε αέριο μίγμα HCl και HBr** **γ. Σε αέριο μίγμα CO_2 και HCl**

α. Στο υδατικό διάλυμα CaCl_2 υπάρχουν μόρια H_2O και ιόντα Ca^{2+} και Cl^- . Οι διαμοριακές δυνάμεις είναι:

- Δεσμός υδρογόνου μεταξύ των μορίων H_2O .
- Δυνάμεις ιόντος - διπόλου στα ζεύγη: $\text{Ca}^{2+} - \text{H}_2\text{O}$ και $\text{Cl}^- - \text{H}_2\text{O}$.

β. Τα μόρια HCl και HBr είναι πολικά, συνεπώς εμφανίζονται δυνάμεις διπόλου - διπόλου στα ζεύγη:

$\text{HCl} - \text{HCl}$, $\text{HBr} - \text{HBr}$ και $\text{HCl} - \text{HBr}$.

γ. Το μόριο του CO_2 είναι μη πολικό, ενώ το μόριο του HCl είναι πολικό. Οι διαμοριακές δυνάμεις στο μίγμα είναι:

- Δυνάμεις διασποράς μεταξύ των μορίων του CO_2 .
- Δυνάμεις διπόλου - στιγμιαίου διπόλου στο ζεύγος $\text{HCl} - \text{CO}_2$.
- Δυνάμεις διπόλου - διπόλου μεταξύ των μορίων του HCl .

2. Τι είδους διαμοριακές δυνάμεις ασκούνται μεταξύ των επόμενων ζευγών:**α. $\text{Cl}_2 - \text{Cl}_2$ β. $\text{HCl} - \text{HCl}$** **γ. $\text{CO}_2 - \text{CO}_2$ δ. $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$** **ε. $\text{HCl} - \text{He}$**

α. Το μόριο του Cl_2 αποτελείται από δύο όμοια άτομα, συνεπώς ο δεσμός είναι μή πολωμένος άρα και το μόριο μη πολικό. Μεταξύ μη πολικών μορίων έχουμε δυνάμεις διασποράς.

β. Ο δεσμός μεταξύ του υδρογόνου και του χλωρίου στο μόριο του HCl είναι πολωμένος, άρα και το μόριο HCl είναι πολικό. Μεταξύ πολικών μορίων ασκούνται δυνάμεις διπόλου - διπόλου.
γ. Στο μόριο του CO_2 οι δεσμοί μεταξύ άνθρακα και οξυγόνου είναι πολωμένοι, όμως η γεωμετρία του μορίου είναι τέτοια ώστε η διπολική ροπή του να είναι μηδέν. Οι δυνάμεις που ασκούνται είναι διασποράς.

δ. Στα μόρια της NH_3 και του H_2O έχουμε πολωμένους δεσμούς και η γεωμετρία τους είναι τέτοια ώστε η διπολική τους ροπή να είναι διάφορη του μηδέν.

Παρατηρούμε ότι έχουμε δεσμούς αζώτου - υδρογόνου και υδρογόνου - οξυγόνου. Συνεπώς, στη περίπτωση αυτή έχουμε δεσμούς υδρογόνου.

ε. Το HCl είναι πολικό ενώ το He είναι μη πολικό, άρα, οι δυνάμεις που αναπτύσσονται θα είναι διπόλου - στιγμιαίου διπόλου

3. Ισχυρότερες δυνάμεις διασποράς (London) αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων:**α. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$** **β. Διμέθυλο προπάνιο****γ. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$** **δ. $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$**

Η ισχύς των δυνάμεων διασποράς εξαρτάται από τη σχετική μοριακή μάζα και από το σχήμα του μορίου.

Οι ενώσεις α. και β. έχουν μεγαλύτερη σχετική μοριακή μάζα (M_r) από τις γ. και δ., συνεπώς παρουσιάζουν ισχυρότερες δυνάμεις London.

Οι α. και β. έχουν την ίδια M_r (ισομερείς ενώσεις), όμως η α. έχει ευθύγραμμο

σχήμα και η β. σφαιρικό, συνεπώς ισχυρότερες δυνάμεις διασποράς εμφανίζονται στην α.

4. Για κάθε είδος διαμοριακών δυνάμεων της στήλης Α να αντιστοιχίσετε το ζεύγος της στήλης Β, που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

στήλη Α	στήλη Β
	α. $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$
1. δυνάμεις διασποράς	β. $\text{J}_2 - \text{J}_2$
2. δυνάμεις διπόλου - διπόλου	γ. $\text{HCl} - \text{HCl}$
3. δεσμός υδρογόνου	δ. $\text{Br}_2 - \text{H}_2\text{O}$
4. δυνάμεις ιόντος - διπόλου	ε. $\text{CH}_4 - \text{H}_2\text{O}$

1. δυνάμεις διασποράς: Αναπτύσσονται μεταξύ μη πολικών μορίων. Άρα β.
2. δυνάμεις διπόλου - διπόλου: Αναπτύσσονται μεταξύ διπόλων μορίων. Άρα γ.
3. δεσμός υδρογόνου: Αναπτύσσεται μεταξύ πολικών μορίων που περιέχουν ομοιοπολικό δεσμό του υδρογόνου με άζωτο, οξυγόνο ή φθόριο (N, O, F). Άρα α.
4. δυνάμεις ιόντων διπόλου: Αναπτύσσονται μεταξύ ενός ιόντος και ενός πολικού μορίου. Άρα δ.
Στο ζεύγος ε. οι δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι διπόλου – στιγμιαίου διπόλου.

5. Να συγκρίνετε τα σημεία βρασμού των ουσιών στα παρακάτω ζεύγη:
 α. $\text{Cl}_2 - \text{KCl}$ β. $\text{HCl} - \text{HF}$ γ. $\text{NO} - \text{O}_2$
Δίνονται: $M_{\text{rNO}} = 30$, $M_{\text{rO}_2} = 32$.

α. Το KCl είναι ιοντική ένωση, ενώ μεταξύ των μορίων του Cl_2 , εμφανίζονται δυνάμεις διασποράς. Ο ιοντικός δεσμός είναι ισχυρότερος από τις δυνάμεις διασποράς, άρα το KCl έχει υψηλότερο σημείο βρασμού.

β. Οι διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι:

Ανάμεσα σε μόρια HCl : Δυνάμεις διπόλου - διπόλου

Ανάμεσα σε μόρια HF : Δεσμός υδρογόνου
 Ο δεσμός υδρογόνου είναι ισχυρότερος από τις δυνάμεις διπόλου - διπόλου, για αυτό το HF έχει υψηλότερο σημείο βρασμού.

γ. Οι διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι:

Ανάμεσα σε μόρια NO : Δυνάμεις διπόλου - διπόλου

Ανάμεσα σε μόρια O_2 : Δυνάμεις διασποράς

Οι δυνάμεις διπόλου - διπόλου είναι ισχυρότερες από τις δυνάμεις διασποράς, για αυτό το NO έχει υψηλότερο σημείο βρασμού.

6. Να συγκρίνετε τα σημεία βρασμού των παρακάτω σωμάτων:

α. Cl_2 β. HCl γ. NaCl δ. HF

Το NaCl είναι ιοντική ένωση, συνεπώς θα παρουσιάζει υψηλότερο σημείο βρασμού από τα υπόλοιπα σώματα που είναι μοριακά. Οι διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται στα υπόλοιπα σώματα είναι:

- Ανάμεσα σε μόρια Cl_2 : δυνάμεις διασποράς
- Ανάμεσα σε μόρια HCl : δυνάμεις διπόλου - διπόλου

- Ανάμεσα σε μόρια HF: δεσμός υδρογόνου

Παρατηρούμε ότι η ισχύς των διαμοριακών δυνάμεων αυξάνεται με τη σειρά: Cl_2 , HCl , HF .

Συνεπώς, θα αυξάνονται αντίστοιχα και τα σημεία βρασμού.

Άρα τα σώματα κατά αύξουσα σειρά σημείου βρασμού είναι: Cl_2 , HCl , HF , NaCl .

7. Να εξηγήσετε γιατί η NH_3 ($M_r = 17$) έχει σημαντικά υψηλότερο σημείο βρασμού από την PH_3 ($M_r = 34$) αν και έχει μικρότερη σχετική μοριακή μάζα.

Μεταξύ των μορίων της NH_3 αναπτύσσονται δεσμοί υδρογόνου, ενώ μεταξύ των μορίων της PH_3 δυνάμεις διπόλου - διπόλου. Αυτό έχει σαν συνέπεια η NH_3 στην οποία οι διαμοριακές δυνάμεις είναι ισχυρότερες να παρουσιάζει υψηλότερο σημείο βρασμού, αν και έχει μικρότερη σχετική μοριακή μάζα από την PH_3 .

8. Να δείξετε ότι μεταξύ δύο γραμμικών κορεσμένων αερίων υδρογονανθράκων, υψηλότερο σημείο βρασμού έχει αυτός με τη μεγαλύτερη πυκνότητα στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Και στους δύο υδρογονάνθρακες, οι διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι δυνάμεις London. Αυτός που θα έχει μεγαλύτερη σχετική μοριακή μάζα θα παρουσιάζει ισχυρότερες διαμοριακές δυνάμεις, συνεπώς και υψηλότερο σημείο βρασμού.

Οι υδρογονάνθρακες είναι αέριοι, για αυτό και εφαρμόζουμε την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων:

$$\begin{aligned} P \cdot V &= n \cdot R \cdot T \Leftrightarrow P \cdot V = (m/M_r) \cdot R \cdot T \Leftrightarrow \\ P \cdot V \cdot M_r &= m \cdot R \cdot T \Leftrightarrow M_r \cdot V = m \cdot R \cdot T/P \Leftrightarrow \\ m/V &= M_r \cdot P/R \cdot T \Leftrightarrow \rho = M_r \cdot P/R \cdot T \end{aligned}$$

Παρατηρούμε ότι η πυκνότητα του υδρογονάνθρακα σε ορισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας είναι ανάλογη της σχετικής μοριακής μάζας. Συνεπώς, ο υδρογονάνθρακας με μεγαλύτερη πυκνότητα έχει υψηλότερη M_r και παρουσιάζει ισχυρότερες διαμοριακές δυνάμεις με αποτέλεσμα να έχει υψηλότερο σημείο βρασμού.

9. Ποια είναι η πλέον πιθανή σειρά για τις ακόλουθες ενώσεις : CH_4 , N_2 , O_2 , CO_2 , Cl_2 , C_2H_2 , κατά σειρά αυξανόμενο σημείο βρασμού; Δίνονται $M_r \text{ CH}_4 = 16$, $\text{N}_2 = 28$, $\text{O}_2 = 32$, $\text{CO}_2 = 44$, $\text{Cl}_2 = 71$, $\text{C}_2\text{H}_2 = 26$

- $\text{CH}_4 < \text{N}_2 < \text{O}_2 < \text{CO}_2 < \text{Cl}_2 < \text{C}_2\text{H}_2$
- $\text{CH}_4 < \text{CO}_2 < \text{C}_2\text{H}_2 < \text{N}_2 < \text{O}_2 < \text{Cl}_2$
- $\text{CH}_4 < \text{C}_2\text{H}_2 < \text{CO}_2 < \text{O}_2 < \text{N}_2 < \text{Cl}_2$
- $\text{CH}_4 < \text{C}_2\text{H}_2 < \text{N}_2 < \text{O}_2 < \text{CO}_2 < \text{Cl}_2$
- $\text{O}_2 < \text{N}_2 < \text{Cl}_2 < \text{CH}_4 < \text{CO}_2 < \text{C}_2\text{H}_2$
- $\text{Cl}_2 < \text{CO}_2 < \text{O}_2 < \text{N}_2 < \text{C}_2\text{H}_2 < \text{CH}_4$

Αυτά είναι όλα μη πολικά μόρια, επομένως, ενέργειες αλληλεπίδρασης είναι διασπορά, η οποία αυξάνεται με τη μοριακή μάζα. Το σημείο βρασμού συσχετίζεται με τις ενέργειες αλληλεπίδρασης:

- $\text{CH}_4 < \text{C}_2\text{H}_2 < \text{N}_2 < \text{O}_2 < \text{CO}_2 < \text{Cl}_2$

10. ποια απο τις παρακάτω σειρές είναι σωστή και δείχνει τις ενώσεις με σειρά αυξανόμενου σημείου ζέσης;

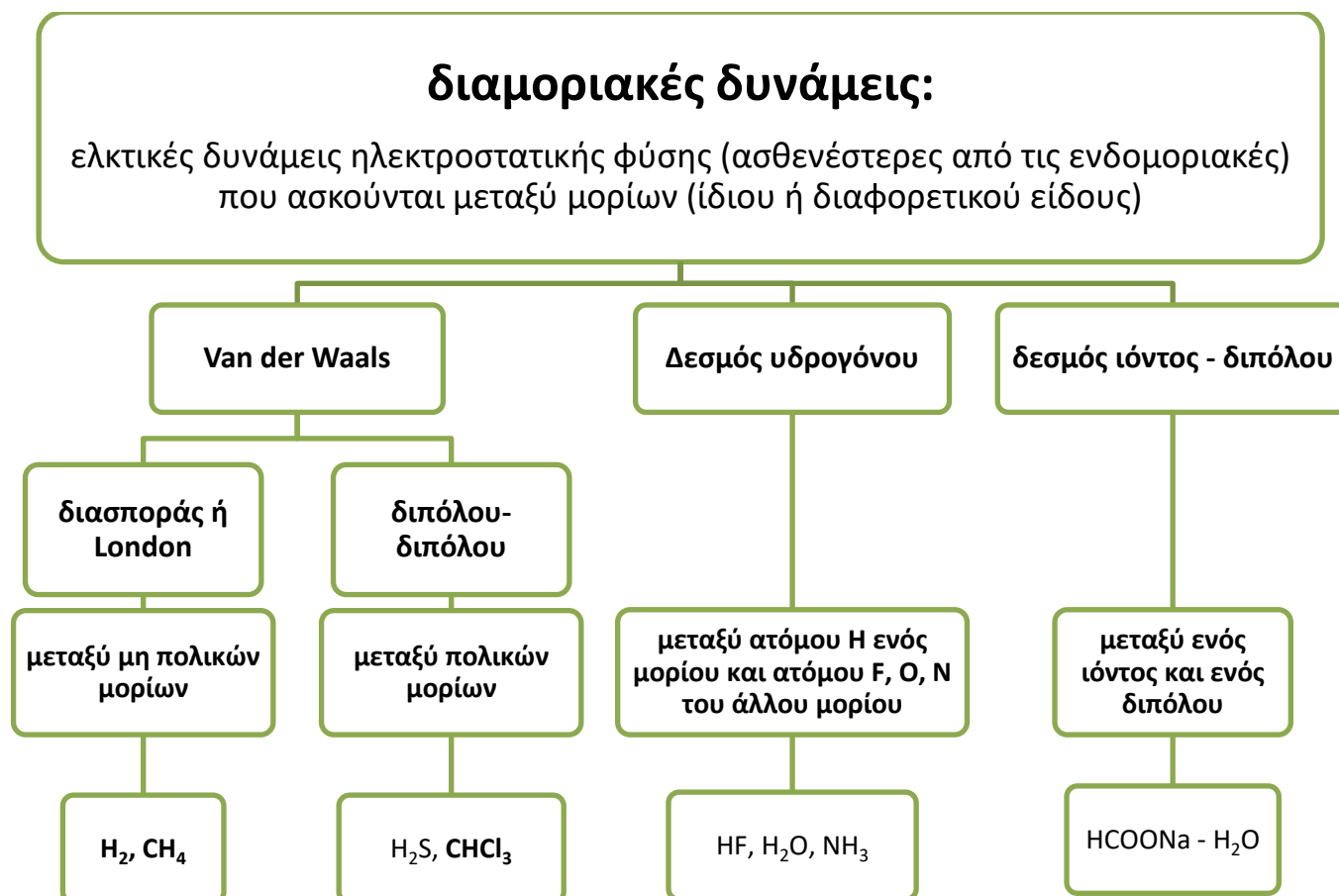
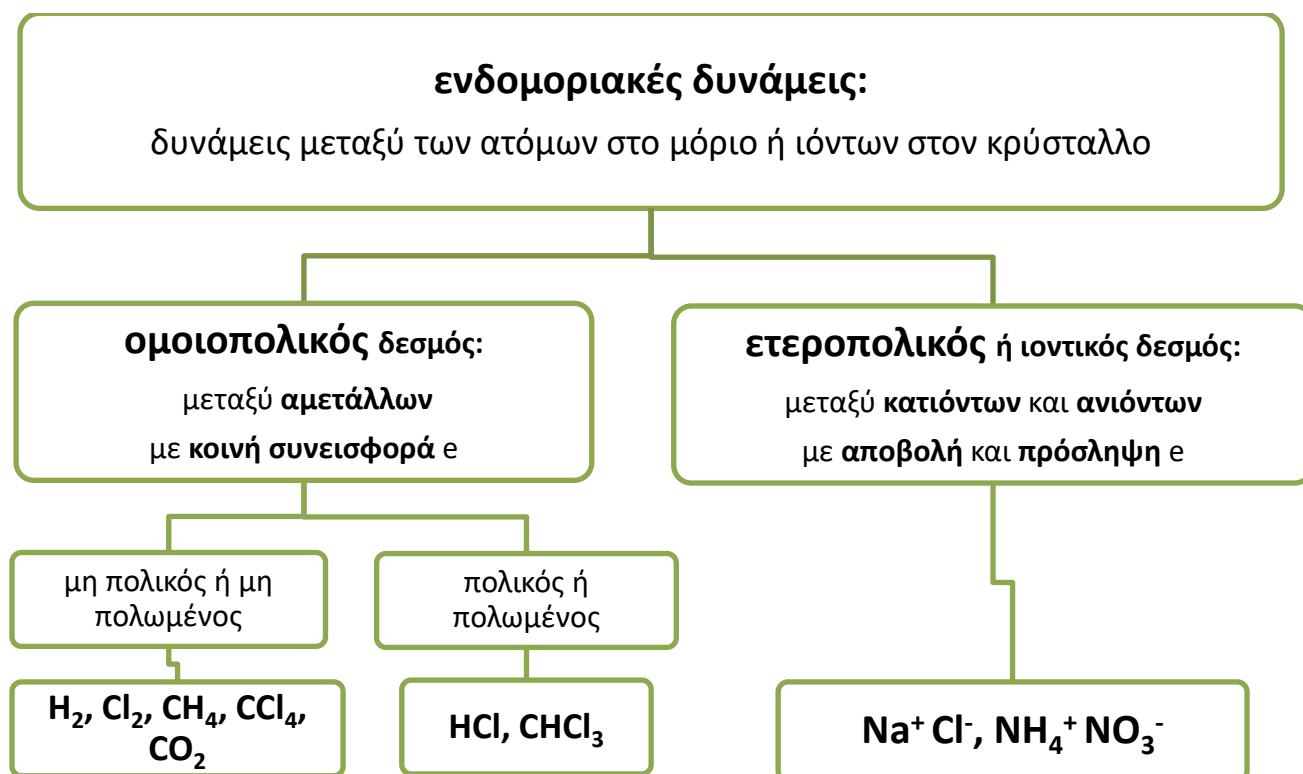
- a) $\text{CH}_3\text{OH} > \text{CH}_2\text{O} > \text{CH}_2(\text{OH})_2 > \text{H}_2\text{O} > \text{CH}_4$
 b) $\text{CH}_4 > \text{CH}_2\text{O} > \text{CH}_3\text{OH} > \text{CH}_2(\text{OH})_2 > \text{H}_2\text{O}$
 c) $\text{CH}_2(\text{OH})_2 > \text{CH}_4 > \text{H}_2\text{O} > \text{CH}_3\text{OH} > \text{CH}_2\text{O}$
 d) $\text{CH}_3\text{OH} > \text{CH}_2\text{O} > \text{H}_2\text{O} > \text{CH}_2(\text{OH})_2 > \text{CH}_4$
 e) $\text{H}_2\text{O} > \text{CH}_2(\text{OH})_2 > \text{CH}_3\text{OH} > \text{CH}_2\text{O} > \text{CH}_4$

f) $\text{CH}_2\text{O} > \text{CH}_3\text{OH} > \text{CH}_2(\text{OH})_2 > \text{CH}_4 > \text{H}_2\text{O}$

Το CH_4 είναι δυνάμεις διασποράς μόνο, έτσι είναι η πιο αδύνατη. Το CH_2O είναι δίπολο-δίπολο. Όλοι οι άλλοι είναι δεσμοί Η με το ύδωρ που έχει το μεγαλύτερο αριθμό τέτοιων αλληλεπιδράσεων.

e) $\text{H}_2\text{O} > \text{CH}_2(\text{OH})_2 > \text{CH}_3\text{OH} > \text{CH}_2\text{O} > \text{CH}_4$

ΔΙΑΜΟΡΙΑΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ		
LONDON	ΔΙΠΟΛΟΥ - ΔΙΠΟΛΟΥ	ΔΕΣΜΟΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ
Μεταξύ μη πολικών μορίων	Μεταξύ πολικών μορίων	Ειδική περίπτωση διπόλου - διπόλου
Σχηματίζεται στιγμιαίο δίπολο	Γίνεται προσανατολισμός των μορίων	Άτομο Η με πολύ ηλεκτραρνητικά στοιχεία (F, O, N)
Εμφανίζεται και μεταξύ πολικού - μη πολικού μορίου λόγω	Εμφανίζεται και στις 3 καταστάσεις της ύλης	Προϋπόθεση Η - Α (ομοιοπολικός δεσμός)
Όσο το Mr αυξάνει → αύξηση δύναμης → αύξηση σημείου ζέσης	Όσο η μ αυξάνει → ισχυρότερες διαμοριακές δυνάμεις → αυξάνει το σημείο ζέσης	
Σε ευθύγραμμο μη πολικά μόρια ισχυρότεροι δεσμοί		
Υπάρχουν σε πολικά και σε μη πολικά. Σε μη πολικά		
Ασθενείς	Ισχυρές	Πολύ ισχυρές
		Σε μόρια με ίδιο Mr σε όσα υπάρχει δεσμός Η έχουν υψηλότερα σημεία ζέσης
ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ Οι πολικές ενώσεις διαλύονται σε πολικές Οι μη πολικές διαλύονται σε μη πολικές ΣΗΜΕΙΟ ΖΕΣΕΩΣ Ισχυρότερες διαμοριακές δυνάμεις → υψηλότερο σημείο ζέσεως ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ Ισχυρότερες διαμοριακές δυνάμεις → εύκολη υγροποίηση		

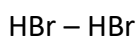
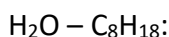
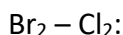
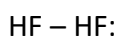
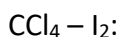
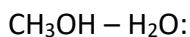
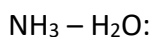
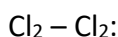


ΕΞΑΣΚΗΣΗ ΣΤΙΣ ΔΙΑΜΟΡΙΑΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

1. Σημείωσε δίπλα σε κάθε χημική ουσία αν είναι μη πολικό ή πολικό μόριο:

H ₂	H ₂ S (μη γραμμικό)
O ₂	NH ₃ (τριγ. πυραμίδα)
HBr	ICI
CH ₃ Cl	NO
CO	CH ₃ OH
CH ₄	CCl ₄

2. Τι είδους διαμοριακές δυνάμεις αναπτύσσονται μεταξύ των επόμενων ζευγών;

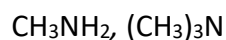


3. Ο τετραχλωράνθρακας (CCl₄) διαλύεται στο εξάνιο (C₆H₁₄) εύκολα ενώ δεν διαλύεται στο νερό. Με βάση τις διαμοριακές δυνάμεις, να εξηγήσετε αυτή τη διαφορά.

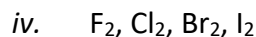
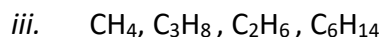
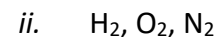
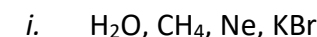
4. Υπογράμμισε τα ανόργανα σώματα στα οποία υπάρχει δεσμός υδρογόνου:



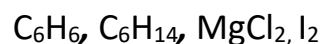
5. Υπογράμμισε τα οργανικά σώματα στα οποία υπάρχει δεσμός υδρογόνου:



6. Να κατατάξετε τις επόμενες ουσίες κατά σειρά αυξανόμενου σημείου ζέσης:



7. Συμπλήρωσε στα κελιά του επόμενου πίνακα ποιες από τις παρακάτω ουσίες διαλύονται σε ποιο διαλύτη:



Διαλύτης νερό (H ₂ O)	Διαλύτης εξάνιο (C ₆ H ₁₄)

8. Να εξηγήσετε τις παρακάτω προτάσεις:

- i. Το H₂S στις συνηθισμένες συνθήκες είναι αέριο, ενώ το H₂O είναι υγρό.
 ii. Η βουτανόλη (C₄H₉OH) έχει μεγαλύτερο σημείο ζέσης από τον διαιθυλαιθέρα (C₂H₅OC₂H₅), με τον οποίον έχουν ίδιο Μ.Τ. (είναι ισομερείς ενώσεις).
 iii. Το C₆H₁₄ έχει σημείο ζέσης 65 °C, ενώ το σημείο ζέσης του C₄H₁₀ είναι – 0,5 °C.
 iv. Το F₂ και το Cl₂ στις συνηθισμένες συνθήκες είναι αέρια, το Br₂ υγρό, ενώ το I₂ αέριο.
 v. Το μόριο του CCl₄ είναι μη πολικό.
 vi. Η μεθανόλη (CH₃OH) διαλύεται στο νερό, ενώ το μεθάνιο (CH₄) όχι

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

9. Ποιο από τα παρακάτω μόρια συμπεριφέρεται ως ηλεκτρικό δίπολο;
 α. He
 β. H₂
 γ. O₂
 δ. CO
10. Ποια από τα παρακάτω μόρια **δεν** συμπεριφέρονται ως ηλεκτρικό δίπολο;
 α. CH₄
 β. H₂O
 γ. CH₃Cl
 δ. CCl₄
11. Ποιο από τα παρακάτω μόρια συμπεριφέρεται ως ηλεκτρικό δίπολο;
 α. CH₃CH₃
 β. CH₄
 γ. C₂H₂
 δ. CO₂
 ε. H₂S
 στ. NH₃
12. Ένα διατομικό μόριο παρουσιάζει διπολική ροπή όταν:
 α. Έχει σχηματιστεί από άτομα που θέλουν να πάρουν ηλεκτρόνια για να αποκτήσουν δομή ευγενούς αερίου
 β. Αποτελείται από άτομα με τον ίδιο ατομικό αριθμό
 γ. Τα άτομά του συνδέονται με διπλό ή τριπλό ομοιοπολικό δεσμό
 δ. Αποτελείται από άτομα με διαφορετικό ατομικό αριθμό
13. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις που αφορούν το μεθάνιο (CH₄) είναι λανθασμένη;
 α. Το μεθάνιο έχει ομοιοπολικούς πολικούς δεσμούς
 β. Η διάταξη του μορίου είναι αυτή του κανονικού τετραέδρου
 γ. Η διπολική ροπή του μορίου είναι ίση με το μηδέν (μολ = 0)
 δ. Μεταξύ των μορίων του μεθανίου αναπτύσσονται δυνάμεις διπόλου-διπόλου
14. Σε ποια από τις παρακάτω περιπτώσεις έχουμε δυνάμεις διπόλου - διπόλου;
 α. CO₂ – CO₂
 β. CHCl₃ – CH₃CH₃
 γ. CCl₄ – CH₄
 δ. CHCl₃ – CHBr₃
 ε. H₂O – I₂
 στ. NH₃ – H₂O
 ζ. H₂O – HBr
15. Να σημειώσετε σε ποιες περιπτώσεις αυξάνεται και σε ποιες μειώνεται η ισχύς των δυνάμεων μεταξύ ομοίων μη πολικών μορίων:
 α. μεγάλη τιμή Mr
 β. μικρή επιφάνεια μορίου
 γ. μικρή σχετική μοριακή μάζα
 δ. μεγάλη επιφάνεια μορίου
16. Οι διαμοριακές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του HBr είναι:
 α. δεσμοί υδρογόνου
 β. δυνάμεις μεταξύ παροδικών διπόλων
 γ. δυνάμεις διπόλου-διπόλου
 δ. δυνάμεις London
 ε. δυνάμεις διπόλου-παροδικού διπόλου
17. Οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των ατόμων ενός διατομικού μορίου χαρακτηρίζονται ως:
 α. διαμοριακές
 γ. διατομικές
 β. ενδομοριακές
 δ. ενδοατομικές
18. Κατά την εξάτμιση ενός υγρού εξασθενίζουν ή καταργούνται:
 α. οι ενδομοριακές δυνάμεις
 β. οι διαμοριακές δυνάμεις
 γ. οι ενδοατομικές δυνάμεις
 δ. όλες οι παραπάνω δυνάμεις.
19. Τα μόρια του υδρογόνου:
 α. είναι ηλεκτρικά δίπολα
 β. είναι ηλεκτρικά δίπολα, μόνο στο υγρό υδρογόνο

- γ. είναι ηλεκτρικά δίπολα, μόνο στο αέριο υδρογόνο
 δ. δεν είναι μόνιμα ηλεκτρικά δίπολα σε καμία περίπτωση.
20. Ένα διατομικό μόριο είναι ηλεκτρικό δίπολο όταν:
 α. αποτελείται από άτομα με διαφορετικό ατομικό αριθμό
 β. αποτελείται από άτομα του ίδιου στοιχείου
 γ. τα άτομα του συνδέονται με απλό ομοιοπολικό δεσμό
 δ. σε καμία από τις παραπάνω περιπτώσεις.
21. Η διπολική ροπή του μορίου του νερού οφείλεται στο ότι:
 α. οι δύο ομοιοπολικοί δεσμοί $H - O$ είναι πολωμένοι
 β. το μόριο του δεν είναι ευθύγραμμο
 γ. και στους δύο παραπάνω λόγους
 δ. το μόριο του είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.
22. Το μόριο του διοξειδίου του άνθρακα δεν είναι δίπολο διότι:
 α. οι χημικοί δεσμοί $C=O$ δεν είναι πολωμένοι
 β. το μόριο του είναι ηλεκτρικά ουδέτερο
 γ. το μόριο του είναι γραμμικό
 δ. η διπολική ροπή του καθενός από τους δύο δεσμούς $C=O$ είναι μηδέν.
23. Οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των μορίων του υδροχλωρίου χαρακτηρίζονται ως:
 α. δυνάμεις Van der Waals
 β. δεσμοί υδρογόνου
 γ. δυνάμεις διασποράς
 δ. δυνάμεις London
24. Μεταξύ των μορίων ενός υδραλογόνου ασκούνται:
 α. δεσμοί υδρογόνου
 β. δυνάμεις Van der Waals
 γ. δυνάμεις δίπολου - ιόντος
 δ. δυνάμεις Van der Waals ή δεσμοί υδρογόνου, ανάλογα με το είδος του υδραλογόνου.
25. Με βάση τις Διαμοριακές αλληλεπιδράσεις, οι οποίες του ακόλουθου θα έπρεπε να έχει το υψηλότερο σημείο βρασμού;
 α. CH_4
 β. $CHCl_3$
 γ. H_2S
 δ. CH_3OH
26. Ο δεσμός υδρογόνου είναι **ασήμαντος** μέσα:
 α. σε πάγο β. σε υγρό νερό
 γ. στη Δομή DNA δ. σε υγρό CH_4
 ε. σε υγρό HF
27. Ποια μια από τις ακόλουθες δηλώσεις είναι **λάθος**;
 α. Οι δυνάμεις διασποράς (London) είναι ο πιο αδύνατος τύπος διαμοριακών αλληλεπιδράσεων.
 β. Η ισχυρή διαμοριακή έλξη στο H_2O προκύπτει από τη σύνδεση υδρογόνου.
 γ. Το σημείο βρασμού του H_2S είναι χαμηλότερο από το H_2O .
 δ. Το σημείο βρασμού των μη πολικών ουσιών τείνει να μειωθεί με το αυξανόμενο μοριακό βάρος.
28. Ποια ένωση δεν έχει δεσμό υδρογόνου;
 α. C_2H_6 β. NH_3 γ. HF
 δ. H_2O ε. C_2H_5OH
29. Ποιος τύπος ελκτικών δυνάμεων υπερνικείται όταν βράζει το υγρό οξυγόνο σε 90 K;
 α. ιοντικοί δεσμοί
 β. δυνάμεις δίπολου-δίπολου
 γ. ομοιοπολικοί δεσμοί
 δ. δυνάμεις διασποράς
 ε. δεσμοί υδρογόνου
30. Οι ομοιοπολικοί δεσμοί είναι ο μόνος τύπος δεσμού ή διαμοριακές δυνάμεις σε:
 α. KF (s)
 β. $CO_{2(s)}$
 γ. $H_2O_{(s)}$
 δ. $NH_4NO_{2(s)}$
 ε. C (διαμάντι).

31. Μια άσπρη ουσία λιώνει σε 730 °C. Σαν στερεό, είναι κακός αγωγός της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά διαλύεται στο νερό. Η άσπρη ουσία είναι:
- ένα ομοιοπολικό στερεό .
 - ένα ιοντικό στερεό.
 - ένα μεταλλικό στερεό.
 - στερεό Ar.
32. Ποιο από τα παρακάτω στοιχεία ή ενώσεις έχει το υψηλότερο σημείο βρασμού;
- NO . F₂
 - γ. Ne
 - δ. Br₂
 - ε. Ar
33. Ποια από τα παρακάτω ενώσεις σχηματίζει δεσμό υδρογόνου;
- NH₃
 - CH₄
 - BH₃
 - SiH₄
 - GeH₄
34. Ποια από τα παρακάτω ενώσεις έχει το χαμηλότερο σημείο βρασμού;
- F₂
 - β. Cl₂
 - γ. Br₂
 - δ. I₂
35. Ποια από τα παρακάτω ενώσεις έχει τις ισχυρότερες διαμοριακές δυνάμεις;
- O₂
 - β. Ar
 - γ. CH₄
 - δ. HF
 - ε. HBr
36. Ποια από τις παρακάτω ενώσεις έχει το υψηλότερο σημείο βρασμού;
- HI
 - β. HF
 - γ. HBr
 - δ. HCl
37. Ποια ουσία θα είχε τον **ισχυρότερο** δεσμό υδρογόνου;
- CHCl₃
 - HBr
 - H₂O
 - H₂S
 - H₂Se
38. Μεθανόλη, CH₃OH (σ.ζ.=65°C), βράζει σχεδόν 230 ° υψηλότερα από το μεθάνιο, CH₄ (σ.ζ.= -164 °C). Ποιες διαμοριακές δυνάμεις είναι αρμόδιες για το υψηλότερο σημείο βρασμού της μεθανόλης;
- δυνάμεις διασποράς
 - δεσμοί υδρογόνου
 - προκληθέν δίπολο-προκληθέν δίπολο
 - ιονικός-δίπολο
 - δίπολο-προκληθέν
39. Οι επόμενες τρεις ερωτήσεις αναφέρονται σε 4 υγρά, τα οποία έχουν το μοριακό τύπο C₄H₁₀O και που έχουν τα ακόλουθα σημεία βρασμού:
- A (117,5 °C)
 - B (82,9 °C)
 - Γ (34,6 °C)
 - Δ (99,5 °C)
- A. Το υγρό πιθανό να έχει την υψηλότερη τάση ατμού σε 25°C) είναι:
- A
 - B
 - Γ
 - Δ
 - οι τέσσερις ουσίες θα είχαν την ίδια πίεση ατμού δεδομένου ότι έχουν το ίδιο μοριακό βάρος.
- B. Οι διαμοριακές ελκυστικές δυνάμεις αυτοί είναι πιθανό να διαταχτούν:
- A > δ > β > γ
 - B > δ > A > γ
 - Γ > β > δ > A
 - Δ > γ > β > A
 - κανένα από τα ανωτέρω
- Γ. Λαμβάνοντας υπόψη τα δομικά ισομερή κατωτέρω, αυτό για να είναι πιθανότατα υγρό είναι:
40. Αυτό που συμβαίνει στα μόρια σε ένα υγρό όταν θερμαίνεται το υγρό και ατμού ενάργεις που διαμορφώνουν;
- οι ενδομοριακές δυνάμεις μεταξύ των υγρών μορίων μειώνονται
 - οι διαμοριακές δυνάμεις μεταξύ των υγρών μορίων μειώνονται
 - η κινητική ενέργεια αφαιρείται από το σύστημα
 - Οι δυνάμεις του London γίνονται ισχυρότερες
 - η επιφανειακή τάση αυξάνεται,

41. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις εξηγεί γιατί το διαμάντι (άνθρακας) έχει ένα υψηλότερο σημείο τήξης από τον ξηρό πάγο (CO_2);
- α. επειδή τα άτομα άνθρακα στο διαμάντι διατηρούνται τη συνοχή από ένα δίκτυο των ομοιοπολικών δεσμών
 - β. επειδή τα μόρια του CO_2 διατηρούνται τη συνοχή από το δίπολο – δυνάμεις διπόλων
 - γ. η ηλεκτροστατική έλξη στο CO_2 δεν είναι τόσο ισχυρή όσο εκείνοι στο διαμάντι (άνθρακας)
 - δ. οι δυνάμεις διασποράς στο διαμάντι είναι μεγαλύτερες απ'ό,τι στο CO_2
 - ε. όλα τα ανωτέρω

Ερωτήσεις σύντομης απάντησης

42. Ποια είναι τα δομικά σωματίδια ύλης εντός των οποίων ασκούνται ενδομοριακές δυνάμεις;
43. Γράψτε την εξίσωση ορισμού του μέτρου της διπολικής ροπής του μορίου του HCl και επεξηγήσατε τους σχετικούς συμβολισμούς.
44. Να αναφέρετε όλα τα είδη διαμοριακών δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ των μορίων ενός αερίου μείγματος υδρογόνου και υδροχλωρίου. Μεταξύ ποιών μορίων εκτιμάτε ότι ασκούνται οι ισχυρότερες και μεταξύ ποιών οι ασθενέστερες διαμοριακές δυνάμεις;
45. Ένα αέριο μείγμα αποτελείται από το ευγενές αέριο He και μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Εξετάστε τι είδους δυνάμεις ασκούνται μεταξύ:
- α) δύο μορίων He
 - β) δύο μορίων CO και
 - γ) ενός μορίου He και ενός μορίου CO .
- Να αναφερθείτε στα αίτια άσκησης της δύναμης σε κάθε περίπτωση.
46. α) Πώς εξηγείται το φαινόμενο της διάλυσης μιας πολικής ουσίας σε ένα πολικό διαλύτη; β) Εξηγήστε το λόγο για τον οποίο το HF έχει υψηλότερο σημείο βρασμού σε σχέση με το HCl , ενώ το HI βράζει σε μεγαλύτερη θερμοκρασία από το HCl .

47. Ποιοι δεσμοί διασπώνται στα παρακάτω φαινόμενα;
- Εξάτμιση νερού
- Μετατροπή μοριακού υδρογόνου σε ατομικό υδρογόνο
- Βρασμός οκτανίου
- Εξάχνωση ιωδίου

Ερωτήσεις τύπου «σωστό-λάθος» με αιτιολόγηση

48. Εξηγήστε αν ισχύουν οι προτάσεις που ακολουθούν. Να αναφέρετε ένα σχετικό παράδειγμα, όπου το κρίνετε σκόπιμο.
- α. Τα διατομικά μόρια δεν εμφανίζουν πολικότητα.
 - β. Τα μόρια όλων των χημικών ενώσεων είναι ηλεκτρικά δίπολα.
 - γ. Το άτομο του χλωρίου στο μόριο του HCl έχει ηλεκτρικό φορτίο ίσο με το φορτίο ενός ηλεκτρονίου.
 - δ. Η διπολική ροπή του μορίου του υδροχλωρίου είναι μεγαλύτερη από τη διπολική ροπή του μορίου του διοξειδίου του άνθρακα.
 - ε. Κάθε μόριο - ηλεκτρικό δίπολο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.
 - στ. Αναγκαία και ικανή συνθήκη για να εμφανίζει ένα μόριο διπολική ροπή είναι να αποτελείται από άτομα διαφορετικών στοιχείων.
 - ζ. Αναγκαία και ικανή συνθήκη για να εμφανίζει ένα διατομικό μόριο διπολική ροπή είναι να αποτελείται από άτομα με διαφορετικό ατομικό αριθμό.
 - η. Αναγκαία συνθήκη ύπαρξης δεσμού υδρογόνου σε μία χημική ένωση είναι να περιέχει υδρογόνο.
 - θ. Μεταξύ των μορίων κάθε υδρογονούχου ένωσης υπάρχουν δεσμοί υδρογόνου
 - ι. Σε υδατικό διάλυμα FeCl_2 τα μόρια του νερού που περιέχονται στα εφυδατωμένα ιόντα $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ έχουν μεγαλύτερη πολικότητα από τα υπόλοιπα μόρια του διαλύτη.

49. Να αντιστοιχήσετε τα μόρια της στήλης Α με τις διπολικές ροπές της στήλης Β:

Στήλη Α	Στήλη Β
i. H – F ●	▸ α) 0 D
ii. H – Cl ●	▸ β) 0,38 D
iii. H – H ●	▸ γ) 1,91 D
iv. H – Br ●	▸ δ) 0,79 D
v. H – I ●	▸ ε) 1,04 D
vi. I – I ●	

49. Να αντιστοιχήσετε τα σώματα της στήλης Α με τις φυσικές ιδιότητες της στήλης Β:

Στήλη Α	Στήλη Β
i. CH ₄	α) αέριο (σ.ζ.= -42 °C)
ii. C ₃ H ₈	● β) υγρό (σ.ζ.= 100 °C)
iii. KBr	● γ) αέριο (σ.ζ.= -167 °C)
iv. H ₂ O	● δ) στερεό

50. Να αντιστοιχήσετε τα σώματα της στήλης Α με τις πληροφορίες της στήλης Β:

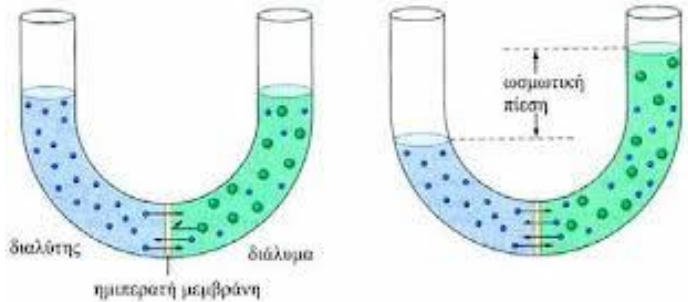
Στήλη Α	Στήλη Β
i. CCl ₄ ●	▸ α) στερεό, διαλύεται στο νερό
ii. NaCl ●	▸ β) δίπολο μοριο
iii. NH ₃ ●	▸ γ) διαλύεται στο C ₆ H ₁₄
iv. HCl ●	▸ δ) δεσμός υδρογόνου

1.3 Όσμωση και οσμωτική πίεση

Ημιπερατές μεμβράνες και όσμωση

Όσμωση είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα υγρό διέρχεται μέσω μιας **ημιπερατής μεμβράνης** του οποίου οι πόροι επιτρέπουν τη διέλευση των μορίων των διαλυτών, αλλά είναι πάρα πολύ μικρές για τα μεγαλύτερα μόρια διαλυμένης ουσίας να περάσει μέσα.

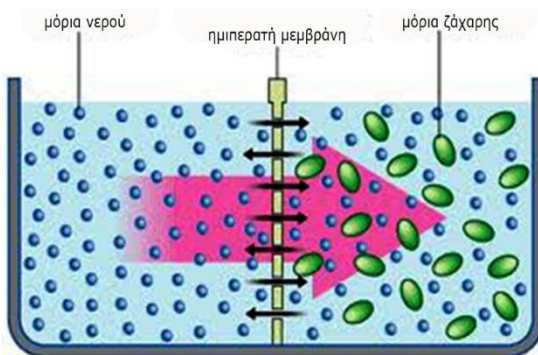
Το σχήμα δείχνει δοχείο που χωρίζεται σε δύο διαμερίσματα που περιέχουν νερό με την βοήθεια ημιπερατής μεμβράνης, αλλά το ένα στα δεξιά περιέχει επίσης μια διαλυμένη ουσία των οποίων τα μόρια (αντιπροσωπεύεται από μπλε κύκλοι) είναι πολύ μεγάλα για να περάσουν μέσω της μεμβράνης.



ΣΚΟΠΟΣ: Η εξίσωση των συγκεντρώσεων εκατέρωθεν της ημιπερατής μεμβράνης.

Πολλά τεχνητά και φυσικά υλικά είναι σε θέση να ενεργούν ως ημι-διαπερατές μεμβράνες. Τα τοιχώματα των περισσότερων φυτικών και ζωικών κύτταρων εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία.

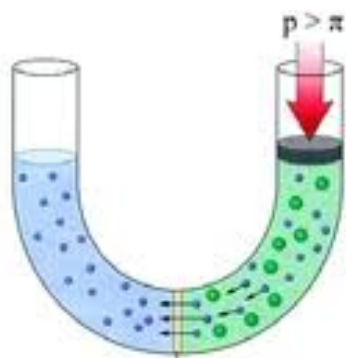
Διάχυση και οσμωτική ροή



Ας υποθέσουμε ότι ρίχνετε ζάχαρη σε ένα φλιτζάνι του τσαγιού, χωρίς ανάδευση. Αρχικά θα υπάρξει μια πολύ υψηλή συγκέντρωση της διαλυμένης ζάχαρης στο κάτω μέρος του κυπέλλου, και μια πολύ χαμηλή συγκέντρωση κοντά στην κορυφή. Δεδομένου ότι τα μόρια είναι σε **τυχαία κίνηση**, θα υπάρχουν περισσότερα μόρια σακχάρου που μετακινούνται από την περιοχή υψηλής συγκέντρωσης στην περιοχή χαμηλής συγκέντρωσης από ό, τι προς την

αντίθετη κατεύθυνση. Η κίνηση μιας ουσίας από μια περιοχή υψηλής συγκέντρωσης σε ένα από χαμηλή συγκέντρωση είναι γνωστή ως **διάχυσης**.

Οσμωτική ισορροπία και οσμωτική πίεση



Ένας τρόπος για να **σταματήσει όσμωση** είναι να αυξήσει την υδροστατική πίεση στην πλευρά του διαλύματος της μεμβράνης. Αυτή η πίεση συμπιέζει τα μόρια διαλύτη πιο κοντά, αυξάνοντας την τάση τους να ξεφύγουν από τη φάση. Αν εφαρμόσουμε αρκετή πίεση, η τάση για διαφυγή των μορίων των διαλυτών από το διάλυμα τελικά θα αυξηθεί με εκείνη των μορίων στο καθαρό διαλύτη και οσμωτική ροή θα υποθέσει. **Η πίεση που απαιτείται για την επίτευξη οσμωτικής ισορροπίας είναι γνωστή ως η Οσμωτική πίεση.** Σημειώστε ότι η οσμωτική πίεση είναι

η πίεση που απαιτείται για να σταματήσει **ώσμωση**, όχι να την στηρίξει. Οσμωτική πίεση είναι η πίεση που απαιτείται για να σταματήσει οσμωτική ροή.

Οσμωτική πίεση και συγκέντρωση διαλυτών

Ο Ολλανδός επιστήμονας Jacobus Van't Hoff (1852-1911) ανακάλυψε την εξίσωση αυτή μετά από μια τυχαία συνάντηση με ένα φίλο βοτανολόγο κατά τη διάρκεια μια βόλτα σε ένα πάρκο στο Άμστερνταμ. Ο βοτανολόγος είχε μάθει ότι η οσμωτική πίεση αυξάνεται περίπου κατά $1/273$ για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας. Van't Hoff αμέσως αντιληπτή από την αναλογία με το νόμο των ιδανικών αερίων.

Η οσμωτική πίεση Π ενός διαλύματος που περιέχει n moles σωματιδίων της διαλυμένης ουσίας σε ένα διάλυμα του όγκου V δίνεται από την εξίσωση **Van't Hoff**:

$$\Pi = nRT / V$$

όπου: R : η σταθερά αερίου ($0.0821 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) και το T : η απόλυτη θερμοκρασία.

Σημειώστε ότι το κλάσμα n / V αντιστοιχεί στη **μοριακότητα ενός διαλύματος μιας διαλυμένης ουσίας (όχι ηλεκτρολύτης)**. Στο πλαίσιο αυτό, μοριακότητα αναφέρεται στο **σύνολο της συγκέντρωσης όλων των ειδών διαλυμένης ουσίας**. $\Pi = CRT$.

Σύμφωνα με την εξίσωση Van't Hoff:

ένα ιδανικό διάλυμα που περιέχει 1 mole του διαλυμένου σωματίδια ανά λίτρο διαλύτη στους 0°C , θα έχει μια οσμωτική πίεση $22,4 \text{ atm}$.

Προσδιορισμός Μοριακού βάρους από την οσμωτική πίεση

$$\Pi = C \cdot R \cdot T \Leftrightarrow$$

$$\Pi = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T \Leftrightarrow$$

$$\Pi = \frac{m}{Mr \cdot V} \cdot R \cdot T \Leftrightarrow$$

$$Mr = \frac{m}{\Pi \cdot V} \cdot R \cdot T$$

ΙΣΟΤΟΝΙΚΑ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΑ_ΥΠΕΡΤΟΝΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ:

Ισοτονικά λέγονται δυο διαλύματα που έχουν την ίδια ωσμωτική πίεση.

Έστω δυο ισοτονικά διαλύματα με ωσμωτικές πιέσεις $\Pi_1 = C_1 \cdot R \cdot T_1$ και $\Pi_2 = C_2 \cdot$

Π_1 και Π_2 . Είναι: $R \cdot T_2$

Επειδή τα διαλύματα είναι ισοτονικά, είναι $\Pi_1 = \Pi_2$ και $C_1 \cdot T_1 = C_2 \cdot T_2$

ισχύει:

❖ Αν $T_1 = T_2$, τότε: $C_1 = C_2$

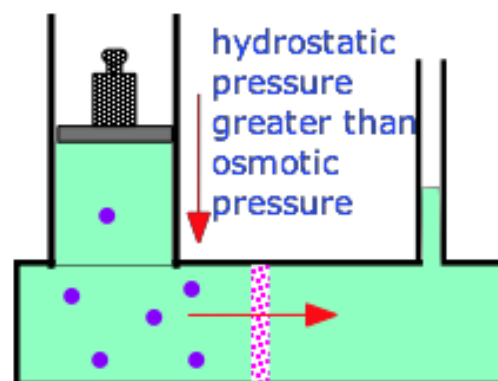
❖ Αν $T_1 \neq T_2$, τότε: $\frac{C_1}{C_2} = \frac{T_2}{T_1}$

Όταν δύο διαλύματα, που έχουν την **ίδια θερμοκρασία**, φέρονται σε **επαφή μέσω ημιπερατής μεμβράνης**, θα συμβεί ώσμωση από το υποτονικό (το δ/μα με τη μικρότερη ωσμωτική πίεση) πρός το υπερτονικό διάλυμα (το δ/μα με τη μεγαλύτερη ωσμωτική πίεση).



Η αντίστροφη όσμωση

Αν χρειάζεται πίεση Π atm να επιφέρει οσμωτική ισορροπία, τότε εφαρμόζοντας μια υδροστατική πίεση μεγαλύτερη από αυτή με την υψηλή πλευρά της διαλυμένης ουσίας οσμωτικής κυττάρων θα αναγκάσει το νερό να ρέει πίσω προς την πλευρά του καθαρού νερού. Η διαδικασία αυτή, γνωστή ως **αντίστροφη όσμωση**, είναι τώρα η κύρια τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την **αφαλάτωση** του νερού των ωκεανών και να διεκδικήσει εκ νέου «χρησιμοποιείται» το νερό από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από τις απορροές, ακόμη και από τα λύματα. Χρησιμοποιείται ευρέως για τον απιονισμό του νερού και τον καθαρισμό για βιομηχανικές χρήσεις (κυρίως ποτών και την παραγωγή τροφίμων) και ως πόσιμο.



ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Θαλασσινό νερό περιέχει διαλυμένα άλατα σε συνολική ιοντική συγκέντρωση περίπου $1,13 \text{ mol L}^{-1}$. Τι είδους πίεση πρέπει να εφαρμόζεται για την αποφυγή οσμωτικής ροής του καθαρού νερού σε θαλάσσιο νερό μέσα από μια μεμβράνη διαπερατή μόνο σε μόρια νερού;

$$\Pi = cRT = (1,13 \text{ mol L}^{-1}) (0,0821 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) (298 \text{ K}) = 27,6 \text{ atm}$$

2. Μια διαλυμένη ουσία έχει $M_r = 88 \text{ g/mol}$ και προστίθεται σε $0.697 \text{ L H}_2\text{O}$. Υπολογίσαμε την οσμωτική πίεση του διαλύματος 0.245 atm στους 298 K . Πόσα g της ουσίας διαλύσαμε στα $0.697 \text{ L H}_2\text{O}$?

$$\Pi = c \cdot R \cdot T \Leftrightarrow 0.245 = c \cdot 0.082 \cdot 298 \text{ K} \Leftrightarrow c = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\text{Είναι: } c = n/v \text{ άρα: } n = cV \Leftrightarrow$$

$$n = 10^{-2} \cdot 0.697 = 6.97 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Τέλος, } n = m/M_r \text{ άρα } m = n \cdot M_r \Leftrightarrow$$

$$m = 6.97 \cdot 10^{-3} \cdot 88 = 0.613 \text{ g}$$

3. Κάνουμε ένα πείραμα με υδατικό μοριακό διάλυμα μιας ουσίας X και βρίσκουμε ότι έχει ωσμωτική πίεση $4,1 \text{ atm}$ στους 27°C .
α. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας X.
β. Σε 600 mL του διαλύματος περιέχονται 6 g της ουσίας X. Να υπολογίσετε τη σχετική μοριακή μάζα της ουσίας X.
γ. Αν η πραγματική σχετική μοριακή μάζα είναι 58 να υπολογίσετε το % πειραματικό σφάλμα

$$\alpha. T = 27 + 273 = 300^\circ \text{K}$$

Από το νόμο του Van't Hoff έχουμε:

$$\Pi = cRT \text{ άρα } c = \Pi/RT = 4,1/0,082 \cdot 300 = 1/6 \text{ M}$$

$$\beta. c = n/V \Leftrightarrow n = c \cdot V = 1/6 \cdot 0,6 = 0,1 \text{ mol}$$

$$\text{Επίσης: } n = m/M_r \Leftrightarrow M_r = m/n = 6/0,1 = 60$$

γ. Η διαφορά μεταξύ πραγματικού και πειραματικού μοριακού βάρους είναι 2.

Έτσι: στα 58 έχουμε σφάλμα 2 στα 100

$$\text{έχουμε σφάλμα } x = \chi = 2 \cdot 100/58 = 3,45\%$$

4. Ένα εμπορικό προϊόν ζυγίζει 40 g και αποτελείται από τη μοριακή ουσία Α που έχει σχετική μοριακή μάζα είναι $M_r = 80$. Υπάρχει η υποψία ότι μπορεί να είναι νοθευμένο με την μοριακή ουσία Β που έχει σχετική μοριακή μάζα $M_r = 60$. Διαλύουμε το δείγμα σε νερό και σχηματίζεται διάλυμα όγκου 8,2 L με ωσμωτική πίεση 1,8 atm στους 27 °C.
- α. Να δείξετε ότι το δείγμα είναι νοθευμένο.
- β. Να υπολογίσετε την % w/w νοθεία.

α. Θεωρούμε ότι το δείγμα δεν είναι νοθευμένο και υπολογίζουμε την ωσμωτική του πίεση. Είναι: $T = 27 + 273 = 300 \text{ }^\circ\text{K}$
Επίσης: $\Pi = nRT/V = 0,5 \cdot 0,082 \cdot 300 / 8,2 \Leftrightarrow$
 $\Pi = 1,5 \text{ atm}$

Εφόσον η ωσμωτική πίεση διαφέρει από αυτήν που υπολογίσαμε πειραματικά σημαίνει ότι υπάρχει νοθεία.

β. Θεωρούμε ότι το δείγμα περιέχει x mol Α και y mol Β.

$$\begin{aligned} \text{Τότε: } m(A) + m(B) &= 40 \text{ g} \Leftrightarrow \\ n(A) \cdot M_r(A) + n(B) \cdot M_r(B) &= 40 \text{ g} \Leftrightarrow \\ x \cdot 80 + y \cdot 60 &= 40 \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Από την ωσμωτική πίεση: } n &= \Pi V / RT \Leftrightarrow \\ 1,8 \cdot 8,2 / 0,082 \cdot 300 &= 0,6 \text{ mol,} \\ \text{άρα } x + y &= 0,6 \quad (2) \end{aligned}$$

Λύνουμε το σύστημα των εξισώσεων (1) και (2) και βρίσκουμε:

$$x = 0,2 \text{ mol A, } y = 0,4 \text{ mol B}$$

Επομένως η μάζα της νοθείας (ουσία Β) είναι $m = 0,4 \cdot 60 = 24 \text{ g}$

$$\text{Η νοθεία είναι } \% = \text{νοθεία} / \text{δείγμα} \cdot 100 = 24 \text{ g} / 40 \text{ g} \cdot 100 = 60 \%$$

5. Υδατικό διάλυμα Υ 1 γλυκόζης έχει συγκέντρωση 0,2 M σε 27 °C.
- α. Να υπολογίσετε την ωσμωτική του πίεση.
- β. Αραιώνουμε 100 mL του διαλύματος Υ 1 με 300 mL νερό. Να υπολογίσετε την ωσμωτική του πίεση του διαλύματος Υ 2 που σχηματίζεται στους 27 °C.
- γ. Εξατμίζουμε από άλλα 100 mL του διαλύματος Υ 1 τα 50 mL και σχηματίζουμε

διάλυμα Υ3 . Να υπολογίσετε την ωσμωτική του πίεση του διαλύματος Υ 3 που σχηματίζεται στους 27 °C.

α. Εφαρμόζουμε το νόμο του Van't Hoff.

$$\Pi_1 = C_1 RT = 0,2 \cdot 0,082 \cdot 300 = 4,92 \text{ atm}$$

β. Το διάλυμα Υ2 έχει όγκο:

$$V_2 = 100 \text{ mL} + 300 \text{ mL} = 400 \text{ mL.}$$

Η ποσότητα των mol είναι σταθερή:

$$\begin{aligned} n_1 &= n_2 \Leftrightarrow C_1 V_1 = C_2 V_2 \Leftrightarrow C_2 = C_1 V_1 / V_2 \Leftrightarrow \\ C_2 &= 0,2 \cdot 0,1 / 0,4 = 0,05 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\text{άρα: } \Pi_2 = C_2 RT \Leftrightarrow$$

$$\Pi_2 = 0,05 \cdot 0,082 \cdot 300 = 1,23 \text{ atm}$$

γ. Το διάλυμα Υ3 έχει όγκο:

$$V_2 = 100 \text{ mL} - 50 \text{ mL} = 50 \text{ mL}$$

Ο όγκος υποδιπλασιάζεται άρα η συγκέντρωση διπλασιάζεται, έτσι

$$C_3 = 0,4 \text{ M.}$$

Η ωσμωτική πίεση είναι ανάλογη με την συγκέντρωση σε θ = σταθ, επομένως διπλασιάζεται έτσι:

$$\Pi_3 = 2\Pi_1 = 2 \cdot 4,92 = 9,84 \text{ atm}$$

6. Σε 500 mL υδατικού μοριακού διαλύματος Υ1 ζάχαρης ($C_{12}H_{22}O_{11}$), που έχει ωσμωτική πίεση 4,92 atm και θερμοκρασία 27 °C, προσθέτουμε ζάχαρη και σχηματίζεται διάλυμα Υ2 με ωσμωτική πίεση 7,38 atm (υπό σταθερό όγκο και θερμοκρασία). Να υπολογίσετε πόσα γραμμάρια ζάχαρης προσθέσαμε στο διάλυμα Υ1 . Δίνονται: A_r : C=12, H=1, O=16,

Το αρχικό διάλυμα έχει συγκέντρωση:

$$C_1 = \Pi_1 / RT = 4,92 / 0,082 \cdot 300 = 0,2 \text{ M}$$

Το τελικό διάλυμα έχει συγκέντρωση:

$$C_2 = \Pi_2 / RT = 7,38 / 0,082 \cdot 300 = 0,3 \text{ M}$$

Το αρχικό διάλυμα περιέχει n_1 mol ζάχαρης και το τελικό διάλυμα έχει n_2 mol ζάχαρης. Θεωρούμε ότι προσθέτουμε n mol ζάχαρης.

$$\text{Ισχύει: } n_1 + n = n_2 \Leftrightarrow C_1 V + n = C_2 V \Leftrightarrow$$

$$n = (C_2 - C_1) V \Leftrightarrow n = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ mol}$$

$$(M_r = 12 \cdot 12 + 22 + 11 \cdot 16 = 342)$$

Επομένως προσθέτουμε: $m = n \cdot M_r \Leftrightarrow$

$$m = 0,05 \cdot 342 = 17,1 \text{ g ζάχαρης}$$

7. 300 mL υδατικού διαλύματος Δ1 ουρίας (NH_2CONH_2) περιεκτικότητας 6 % w/v αναμειγνύονται με 200 mL υδατικού διαλύματος Δ2 ουρίας που έχει ωσμωτική πίεση 5,248 atm στους 47 °C. Να υπολογίσετε την ωσμωτική πίεση του διαλύματος Δ3 που σχηματίζεται σε θερμοκρασία 27 °C.
Δίνονται: Ar: C=12, H=1, O=16, N=14

Σε 100 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται
6g ουρίας

σε 300 mL διαλύματος Δ1 περιέχονται

$$x_1 = 18 \text{ g ουρίας}$$

$$M_r = 60 \text{ επομένως } n_1 = m/M_r = 18/60 \Leftrightarrow$$

$$n_1 = 0,3 \text{ mol}$$

Στο διάλυμα Δ2 έχουμε:

$$n_2 = PV/RT = 5,248 \cdot 0,2 / 0,082 \cdot 320 = 0,04 \text{ mol}$$

Το διάλυμα Δ3 έχει όγκο:

$$V_3 = 300 \text{ mL} + 200 \text{ mL} = 500 \text{ mL}$$

$$\text{και περιέχει: } n_3 = n_1 + n_2 = 0,3 + 0,04 = 0,34 \text{ mol ουρίας}$$

Η ωσμωτική του πίεση είναι:

$$\Pi_3 = nRT/V = 0,34 \cdot 0,082 \cdot 300 / 0,5 \Leftrightarrow$$

$$\Pi_3 = 16,728 \text{ atm}$$

8. Οριζόντιο κυλινδρικό δοχείο έχει μήκος 40 cm και είναι χωρισμένο σε δύο ίσα μέρη με ημιπερατή μεμβράνη που μπορεί να μετακινείται οριζόντια. Το αριστερό μέρος το γεμίζουμε με υδατικό διάλυμα γλυκόζης που περιέχει 18 g γλυκόζη ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) και το δεξί με υδατικό διάλυμα ουρίας που περιέχει 9 g ουρία (NH_2CONH_2). Τα διαλύματα βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία. Να υπολογίσετε πόσο θα μετακινηθεί η μεμβράνη.
Δίνονται: Ar: C=12, H=1, O=16, N=14

Το αριστερό μέρος περιέχει:

$$n = m/M_r = 18/180 = 0,1 \text{ mol γλυκόζης}$$

Το δεξί μέρος περιέχει:

$$n = m/M_r = 9/60 = 0,15 \text{ mol ουρίας}$$

Εφόσον οι όγκοι τους είναι ίσοι το αριστερό μέρος έχει μικρότερη συγκέντρωση από το δεξί (το αριστερό είναι υποτονικό διάλυμα).

Θα περάσει με μεγαλύτερη ταχύτητα νερό από το υποτονικό προς το υποτονικό (από αριστερά προς τα δεξιά και θα μετακινήσει κατά x cm τη μεμβράνη προς τ' αριστερά.

Τελικά τα διαλύματα θα γίνουν ισοτονικά.

Συμβολίζουμε με S το εμβαδόν της διατομής του κυλίνδρου.

Το διάλυμα της γλυκόζης θα έχει όγκο:

$$V_1 = S \cdot (20 - x)$$

Το διάλυμα της ουρίας θα έχει όγκο:

$$V_2 = S \cdot (20 + x), \text{ άρα:}$$

$$\Pi_{\text{αρ}} = \Pi_{\text{δεξ}} \Leftrightarrow n_1 RT/V_1 = n_2 RT/V_2$$

$$\Leftrightarrow n_1 V_1 = n_2 V_2$$

$$\Leftrightarrow 0,1S (20 - x) = 0,15/S (20 + x)$$

$$\Leftrightarrow x = 4 \text{ cm}$$

ΕΞΑΣΚΗΣΗ ΣΤΗΝ ΩΣΜΩΣΗ

1. Τρία διαλύματα ζάχαρης Δ_1 , Δ_2 και Δ_3 έχουν συγκεντρώσεις c_1 , c_2 και c_3 , και την ίδια θερμοκρασία.
(I) Όταν τα διαλύματα Δ_1 και Δ_2 έρχονται σε επαφή μέσω ημιπερατής μεμβράνης, ότι ο όγκος του Δ_1 ελαττώνεται.
(II) Όταν έρχονται σε επαφή τα διαλύματα Δ_2 και Δ_3 , δεν παρατηρείται καμία μεταβολή στον όγκο τους.
Να κατατάξετε τα διαλύματα αυτά κατά σειρά αυξανόμενης συγκέντρωσης c.
2. Υδατικό διάλυμα με ωσμωτική πίεση 10 atm, χωρίζεται μέσω ημιπερατής μεμβράνης από νερό. Να εξετάσετε τι θα συμβεί, αν ασκήσουμε στο διάλυμα αυτό εξωτερική πίεση ίση με:
α) 10atm β) 8 atm γ) 15 atm
3. Να εξετάσετε πώς μεταβάλλεται η ωσμωτική πίεση του διαλύματος στις επόμενες περιπτώσεις: Σε υδατικό διάλυμα ζάχαρης:
α) προσθέτουμε καθαρή γλυκόζη, χωρίς μεταβολή του όγκου του διαλύματος
β) αραιώνουμε με προσθήκη νερού
γ) αυξάνουμε τη θερμοκρασία.
4. Τα παρακάτω υδατικά διαλύματα έχουν την ίδια περιεκτικότητα 10% w/v, και την ίδια θερμοκρασία. να κατατάξετε κατά σειρά αυξανόμενης ωσμωτικής πίεσης.
α) δ/μα ουρίας NH_2CONH_2 β) δ/μα γλυκόζης $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ γ) δ/μα ζάχαρης $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
5. Εξηγήστε ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες:
α) το φαινόμενο της ώσμωσης πραγματοποιείται μόνο όταν φέρουμε σε επαφή μέσω ημιπερατής μεμβράνης το διαλύτη και το διάλυμα.
β) διάλυμα ουρίας 0,35M και διάλυμα γλυκόζης 0,4M μπορεί να είναι ισοτονικά.
γ) το φαινόμενο της ώσμωσης γίνεται από το υποτονικό προς το υπερτονικό διάλυμα.
δ) διάλυμα ουρίας (NH_2CONH_2) 3%w/v είναι υποτονικό σε σχέση με διάλυμα γλυκόζης ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) περιεκτικότητας 4% w/v, που έχει την ίδια θερμοκρασία.
6. Υδατικό διάλυμα ουρίας αραιώνεται σε τριπλάσιο όγκο, διατηρώντας τη θερμοκρασία σταθερή. Η ωσμωτική πίεση του διαλύματος:
α) τριπλασιάζεται β) μένει σταθερή
γ) υποτριπλασιάζεται
7. Υδατικό διάλυμα ουρίας 0,5M φέρεται σε επαφή με υδατικό διάλυμα ζάχαρης 0,4M. Τα δύο διαλύματα έχουν την ίδια θερμοκρασία. εξηγήστε ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες:
α) το διάλυμα της ουρίας είναι υποτονικό.
β) ο όγκος του διαλύματος της ουρίας αυξάνεται.
γ) για να εμποδίσουμε το φαινόμενο της ώσμωσης πρέπει να ασκήσουμε πίεση στο διάλυμα της ουρίας.
δ) η τελική συγκέντρωση των διαλυμάτων θα είναι 0,9M.
8. Σε υδατικό διάλυμα γλυκόζης με 0,2M που έχει θερμοκρασία 27°C,

προστίθεται καθαρή γλυκόζη, χωρίς να αλλάξει ο όγκος του διαλύματος.

Εξηγήστε ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες:

α) η συγκέντρωση του διαλύματος αυξάνεται.

β) η ωσμωτική πίεση του διαλύματος ελαττώνεται.

γ) το τελικό διάλυμα είναι δυνατό να έχει ωσμωτική πίεση ίση με 8,2 atm στους 27°C.

δ) το διάλυμα που προκύπτει είναι δυνατό να είναι ισοτονικό με διάλυμα ουρίας 0,1M το οποίο βρίσκεται στους 20°C.

9. Να κατατάξετε τα παρακάτω διαλύματα κατά σειρά αυξανόμενης ωσμωτικής πίεσης:
- α) δ/μα ουρίας 0,5M στους 20°C.
 β) δ/μα ζάχαρης 0,25M στους 20°C.
 γ) δ/μα γλυκόζης 0,5M στους 30°C.
 δ) δ/μα ουρίας ($M_r=60$) 6% w/v στους 30°C.

10. Υδατικό διάλυμα ουρίας 0,1M αναμιγνύεται με υδατικό διάλυμα ουρίας 0,4M. το διάλυμα που προκύπτει είναι δυνατό να έχει ωσμωτική πίεση στους 27°C:
- α) 2,46 atm β) 12,3 atm
 γ) 4,92 atm δ) 1,23 atm

11. Υδατικό μοριακό διάλυμα της ένωσης Α με περιεκτικότητα 10% w/v έχει πυκνότητα 1,1 g/mL και ωσμωτική πίεση 12,3 atm στους 27°C. Να υπολογιστεί το M_r της Α.

12. Υδατικό διάλυμα γλυκόλης ($C_2H_6O_2$) έχει συγκέντρωση 0,25 M και

θερμοκρασία 47°C. Το διάλυμα αυτό είναι ισοτονικό με υδατικό διάλυμα γλυκόζης ($C_6H_{12}O_6$) που έχει θερμοκρασία 27°C. Να υπολογιστεί η % w/v περιεκτικότητα του διαλύματος της γλυκόζης.

13. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμείξουμε δυο μοριακά υδατικά διαλύματα της ίδιας ουσίας με συγκεντρώσεις 0,2M και 0,6M, ώστε να προκύψει διάλυμα με ωσμωτική πίεση 12,3 atm, στους 27°C;

14. 200 mL υδατικού διαλύματος ζάχαρης παρουσιάζει ωσμωτική πίεση 15atm στους θ°C. Πόσα mL νερού πρέπει να προσθέσουμε, ώστε να προκύψει διάλυμα με ωσμωτική πίεση 5atm στους θ°C;

15. Σε 800 mL υδατικού διαλύματος Δ₁ ουρίας (NH_2CONH_2) προστίθεται καθαρή ουρία, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Το διάλυμα που προκύπτει, Δ₂, έχει θερμοκρασία 57°C και είναι ισοτονικό με διάλυμα γλυκόζης, Δ₃, ($C_6H_{12}O_6$) 0,55M που βρίσκεται στους 27°C.

Να υπολογιστεί η ποσότητα της ουρίας που προσθέσαμε.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΩΣΜΩΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

1. 34,2g ζάχαρης ($C_{12}H_{22}O_{11}$) διαλύονται σε νερό και ο όγκος του διαλύματος που προκύπτει είναι 250mL είναι η θερμοκρασία του διαλύματος είναι $27^{\circ}C$. Το διάλυμα αυτό χωρίζεται με τη βοήθεια ημιπερατής μεμβράνης από καθαρό νερό. Ποια πίεση πρέπει να εφαρμοστεί στο διάλυμα αυτό ώστε να μην εκδηλωθεί το φαινόμενο της ώσμωσης;
2. Να υπολογιστεί η περιεκτικότητα σε g/L υδατικού διαλύματος ουρίας (NH_2CONH_2) που είναι ισοτονικό στην ίδια θερμοκρασία με υδατικό διάλυμα γλυκόζης ($C_6H_{12}O_6$) 9% w/v.
3. Μια άγνωστη ουσία Χ διαλύεται σε κάποιο διαλύτη και σχηματίζεται μοριακό διάλυμα περιεκτικότητας 20% w/w και πυκνότητας 1,2 g/mL. Το διάλυμα αυτό έχει ωσμωτική πίεση 24,6atm στους $27^{\circ}C$. Να προσδιορίσετε τη Σχετική Μοριακή Μάζα (Mr) της ουσίας Χ.
4. Δυο υδατικά διαλύματα ουρίας (NH_2CONH_2) της ίδιας θερμοκρασίας διαχωρίζονται με τη βοήθεια ημιπερατής μεμβράνης. Το πρώτο εξ αυτών έχει περιεκτικότητα 6,2%w/v ενώ το άλλο έχει συγκέντρωση 0,15M.
 - α. Ποια θα είναι η κατεύθυνση προς την οποία θα μετακινηθεί το νερό δια μέσου της μεμβράνης;
 - β. Σε ποιο διάλυμα πρέπει να ασκήσουμε εξωτερική πίεση, ώστε να εμποδιστεί το φαινόμενο της ώσμωσης;
5. 7,62g ιωδίου και 3,2g μιας άγνωστης ουσίας Χ που δεν είναι ηλεκτρολύτης βρίσκονται διαλυμένα σε τετραχλωράνθρακα (CCl_4) και το διάλυμα έχει όγκο 1L. Αν σε θερμοκρασία $27^{\circ}C$ το διάλυμα εμφανίζει ωσμωτική πίεση 1,23atm, να προσδιορίσετε τη Σχετική Μοριακή Μάζα (Mr) της ουσίας Χ.
6. Υδατικό διάλυμα γλυκόζης ($C_6H_{12}O_6$) έχει ωσμωτική πίεση 12,3atm σε θερμοκρασία $27^{\circ}C$ και πυκνότητα 1,05g/mL.
 - α. Ποια είναι η % w/v και η % w/w περιεκτικότητα του;
 - β. Ποιος όγκος νερού πρέπει να προστεθεί σε 200mL του διαλύματος αυτού ώστε να προκύψει διάλυμα με ωσμωτική πίεση 36,9atm στην ίδια θερμοκρασία;
7. Διαθέτουμε δυο υδατικά διαλύματα γλυκόζης, το Δ1 με συγκέντρωση 0,2M και το Δ2 με συγκέντρωση 0,8M.
 - α. Ποιους όγκους των Δ1 και Δ2 πρέπει να αναμείξουμε ώστε να σχηματιστεί διάλυμα με ωσμωτική πίεση 12,3 atm στους $27^{\circ}C$;
 - β. Ποιος όγκος του Δ1 ή του Δ2 πρέπει να αραιωθεί με νερό, ώστε να προκύψουν 500mL διαλύματος με ωσμωτική πίεση 9,84atm;
8. Σε 700mL διαλύματος πολυβινυλοχλωριδίου (PVC ή $(-CH_2CHCl-)_n$) και σε θερμοκρασία $27^{\circ}C$ περιέχονται 5g του πολυμερούς αυτού. Αν η ωσμωτική πίεση του διαλύματος είναι 3,05mmHg να υπολογίσετε το βαθμό πολυμερισμού του πολυβινυλοχλωριδίου. (Δίνεται ότι 1atm = 760mmHg)
9. Υδατικό μοριακό διάλυμα ουσίας Χ έχει περιεκτικότητα 10%w/w και πυκνότητα 1,1g/mL. Το διάλυμα αυτό εμφανίζει ωσμωτική πίεση 1,23atm στους 300K.
 - α. Ποια είναι η Σχετική Μοριακή Μάζα (Mr) της ένωσης Χ;
 - β. Ποια ποσότητα γλυκόζης πρέπει να διαλύσουμε σε 500mL του διαλύματος αυτού, ώστε να προκύψει διάλυμα ισοτονικό προς διάλυμα ζάχαρης 0,75M και θερμοκρασίας $47^{\circ}C$; (Να θεωρήσετε ότι κατά τη διάλυση της ουρίας ο όγκος του διαλύματος παραμένει αμετάβλητος)
10. Ένα διάλυμα φορμαλδεΐδης ($HCHO$) έχει ωσμωτική πίεση 15,25 atm σε θερμοκρασία $310^{\circ}C$.
 - A. Ποια είναι η συγκέντρωση του διαλύματος;
 - B. Σε κατάλληλες συνθήκες η φορμαλδεΐδη πολυμερίζεται σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $nHCHO \rightarrow (-CH_2O-)_n$. Αν το τελικό διάλυμα έχει ωσμωτική πίεση 2,46 atm στους $27^{\circ}C$, να βρεθεί ο βαθμός πολυμερισμού της φορμαλδεΐδης.
11. Υδατικό διάλυμα ουσίας που δεν είναι ηλεκτρολύτης με συγκέντρωση 0,5M και θερμοκρασία $57^{\circ}C$ είναι ισοτονικό με διάλυμα άλλης ουσίας που δεν είναι ηλεκτρολύτης θερμοκρασίας $27^{\circ}C$. Να βρεθεί η συγκέντρωση της ουσίας στο δεύτερο διάλυμα
12. Δυο μη ηλεκτρολυτικά διαλύματα ουσίας Α στην ίδια θερμοκρασία έχουν οσμωτική πίεση Π_1 και Π_2 όταν τα δυο διαλύματα αναμείχθηκαν με αναλογία όγκου 2:5 να υπολογιστεί η οσμωτική πίεση του νέου δ/τος σε συνάρτηση των Π_1 και Π_2
13. Διαλύοντας 0,3gr μιας συνθετικής ύλης σε βενζόλιο σχηματίζεται διάλυμα 100ml σε θερμοκρασία 300K. Σε αυτή τη θερμοκρασία παρατηρήθηκε ανύψωση της στάθμης του δ/τος κατά 3,82mm αν αυτό χωριζόταν με ημιπερατή μεμβράνη από

- καθαρό βενζόλιο .Τότε η πυκνότητα του διαλύματος βρέθηκε 0,9gr/ml. Να βρεθεί το Μ.Β της συνθετικής ύλης . Δίνεται η πυκνότητα $Hg=13,6 \text{ gr/mL}$.
14. Σε διάφορα διαλύματα τα απλά μόρια του οξικού οξέος ενώνονται μεταξύ τους και δίνουν πιο πολύπλοκες μορφές μορίων. Διάλυμα οξικού οξέος σε βενζόλιο έχει όγκο 250ml και περιέχει 3gr (CH_3COOH) οξικό οξύ και παρουσιάζει οσμωτική πίεση 2,38Atm στους 290 °K. Ποια η μορφή των μορίων στο διάλυμα
 15. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμείξουμε δυο διαλύματα γλυκόζης όγκων V_1 και V_2 συγκεντρώσεων 0,2M και 0,8M ώστε η οσμωτική πίεση του διαλύματος που θα προκύψει να είναι
 - α) $P_3=P_2-P_1$
 - β) $P_3=12,3\text{Atm}$ στους 27 °C.
 16. Διαλυουμε μια ποσότητα οργανικής ένωσης που έχει Μ.Β=180 στο νερό και το διάλυμα έχει στους 330 °K οσμωτική πίεση 2,7atm. Ποια είναι η συγκέντρωση της οργανικής ένωσης .
 17. Η οσμωτική πίεση του αίματος είναι 7,65 atm στους 310 °K. Πόσα gr $C_6H_{12}O_6$ πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε κάθε λίτρο για μια ενδοφλέβια ένεση που πρέπει να έχει την ίδια οσμωτική πίεση με το αίμα
 18. Ένα πολυμερές του $CH_2=CH_2$ διαλύεται σε οργανικό διαλύτη και το διάλυμα εμφανίζει οσμωτική πίεση 4,67mmHg σε θερμοκρασία 300 °K αν η συγκέντρωση είναι 14gr πολυμερούς σε 1000ml διάλυμα. Να βρεθεί το Μ.Β του πολυμερούς και ο αριθμός των μορίων $CH_2=CH_2$ από τα οποία αποτελείται το πολυμερές.
 19. Ένα δέντρο έχει ύψος 30m και η οσμωτική πίεση είναι η μόνη αιτία που ανεβάζει το νερό στο κορμό του. Ποια πρέπει να είναι η συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών στις ρίζες του δέντρου για να μπορέσει να ανέβει στη κορυφή του δέντρου το νερό σε θερμοκρασία 300 °K
 20. Να συγκρίνετε τις ωσμωτικές πιέσεις P_1 , P_2 και P_3 στην ίδια θερμοκρασία, τριών υδατικών διαλυμάτων συγκέντρωσης 1M το καθένα, που περιέχουν αντίστοιχα τις διαλυμένες ουσίες: ζάχαρη, χλωριούχο νάτριο ($NaCl$) και θειικό κάλιο (K_2SO_4).
 21. Για τρία υδατικά διαλύματα ζάχαρης Δ_1 , Δ_2 και Δ_3 της ίδιας θερμοκρασίας T και συγκεντρώσεων C_1 , C_2 , C_3 αντίστοιχα διαπιστώσαμε τα εξής:
 - α. Κατά την επαφή μιας ποσότητας του Δ_1 και της ίδιας ποσότητας του Δ_2 μέσω ημιπερατής μεμβράνης, ελαττώνεται ο όγκος του Δ_1 .
 - β. Αν φέρουμε σε επαφή μέσω ημιπερατής μεμβράνης μια ποσότητα του Δ_1 και την ίδια ποσότητα του Δ_3 δεν παρατηρείται μεταβολή στον όγκο τους.
 - i) Με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις οδηγούμαστε στο συμπέρασμα:
 - α. $C_1 < C_2 < C_3$ γ. $C_1 < C_3 < C_2$
 - β. $C_1 < C_2 = C_3$ δ. $C_1 = C_3 < C_2$
 - ii) Εξετάστε τι θα συμβεί αν φέρουμε σε επαφή μια ποσότητα του διαλύματος Δ_2 και την ίδια ποσότητα του διαλύματος Δ_3 μέσω ημιπερατής μεμβράνης.
 - iii) Αν φέρουμε σε επαφή μέσω ημιπερατής μεμβράνης μια ποσότητα του Δ_1 και την ίδια ποσότητα του Δ_2 , εξετάστε σε ποιο διάλυμα πρέπει να ασκήσουμε εξωτερικά πίεση ώστε να μη μεταβληθούν οι όγκοι τους.
 22. Κατά τη διάλυση 4,6g μιας οργανικής ένωσης E σε νερό προέκυψε μοριακό διάλυμα Δ_1 όγκου 150mL, θερμοκρασίας 27 °C και ωσμωτικής πίεσης $P_1 = 8,2 \text{ atm}$. Να βρεθούν:
 - α. το μοριακό βάρος της ένωσης E.
 - β. ο όγκος του νερού με τον οποίο πρέπει να αραιωθεί το διάλυμα Δ_1 , ώστε να προκύψει διάλυμα Δ_2 ισοτονικό με διάλυμα ουρίας 0,1M στους 27 °C.
 23. Διαθέτουμε διάλυμα Δ_1 γλυκόζης ($C_6H_{12}O_6$) ωσμωτικής πίεσης $P_1 = 2 \text{ atm}$ στους θ °C και διάλυμα Δ_2 γλυκόζης ωσμωτικής πίεσης $P_2 = 8 \text{ atm}$ στην ίδια θερμοκρασία. Να βρεθούν:
 - α. η ωσμωτική πίεση στους θ °C του διαλύματος Δ_3 που θα προκύψει με ανάμειξη 200mL του Δ_1 και 400mL του Δ_2 .
 - β. ο όγκος του διαλύματος Δ_2 που πρέπει να αναμειχθεί με 100mL του διαλύματος Δ_1 , ώστε να προκύψει διάλυμα Δ_4 με ωσμωτική πίεση 4atm στους θ °C.
 24. Είναι γνωστό ότι όταν θερμαίνουμε διάλυμα ζάχαρης ($C_{12}H_{22}O_{11}$), παρουσιάζει μικρή ποσότητα οξέος, υδρολύεται ένα μέρος της ζάχαρης προς εξόζες σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6$$
 Διαλύσαμε 68,4g ζάχαρης σε νερό και θερμάνσαμε παρουσία οξέος. Το διάλυμα που προέκυψε βρέθηκε να έχει όγκο 1L και ωσμωτική πίεση $P = 10,045\text{atm}$ στους 77 °C. Να βρεθούν:
 - α. το % ποσοστό της ζάχαρης που υδrolύθηκε.
 - β. η ωσμωτική πίεση που θα είχε το διάλυμα στους 77 °C, αν η υδρόλυση της ζάχαρης ήταν πλήρης. Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: C: 12, H: 1, O: 16

