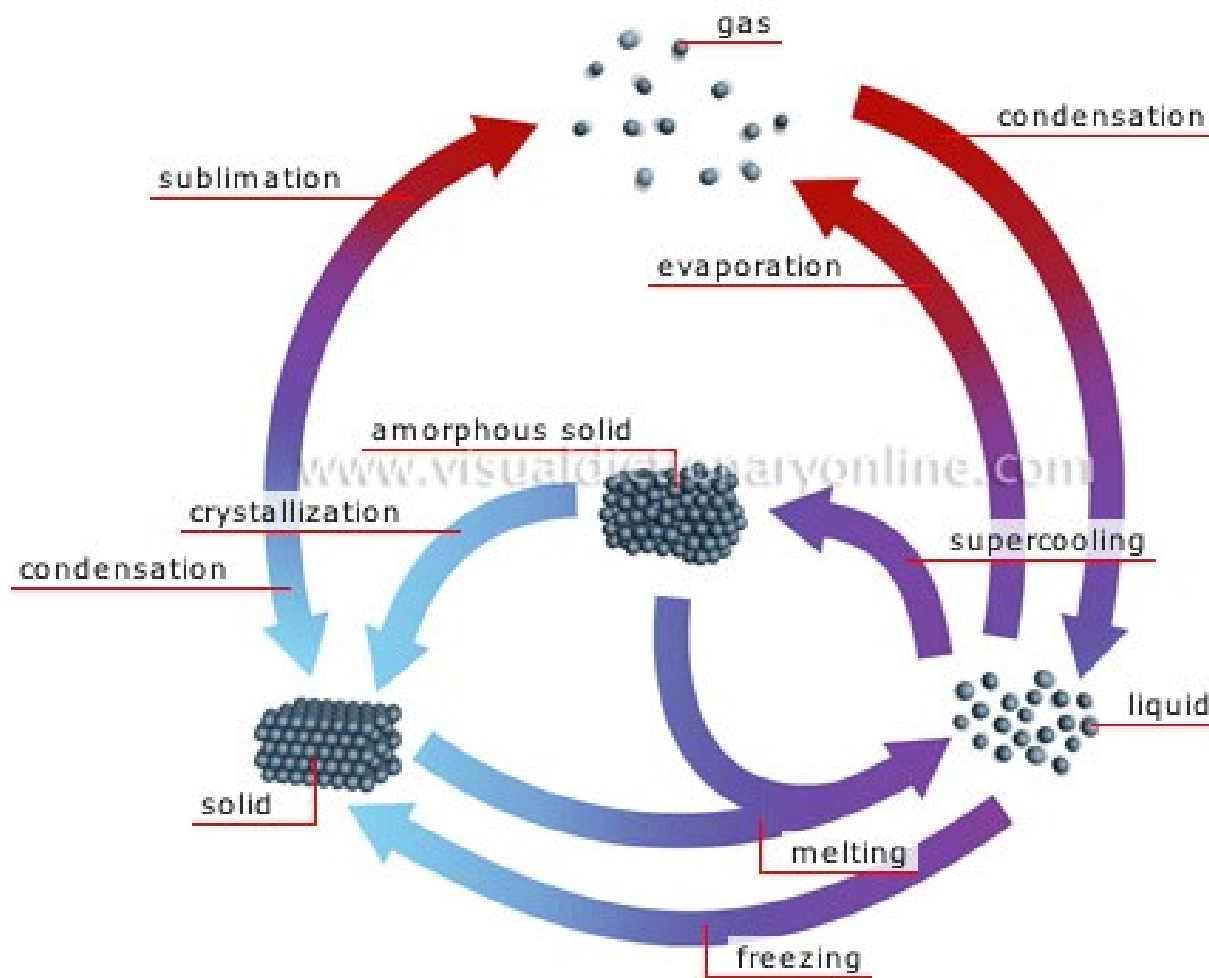
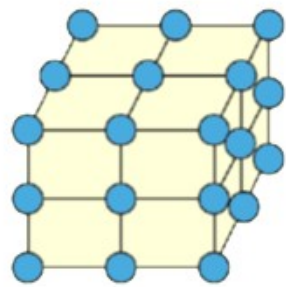


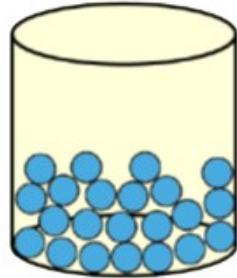
Καταστάσεις της ύλης



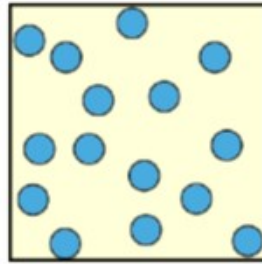
Καταστάσεις της ύλης



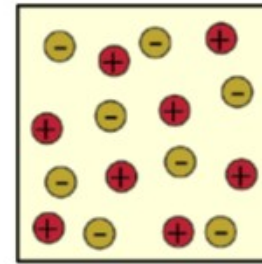
στερεό



υγρό



αέριο



πλάσμα



Αύξηση Ενέργειας
Αύξηση Θερμοκρασίας

- ✓ Δυνάμεις συνοχής μεταξύ των μορίων
- ✓ Κινητική ενέργεια των μορίων (E_k)

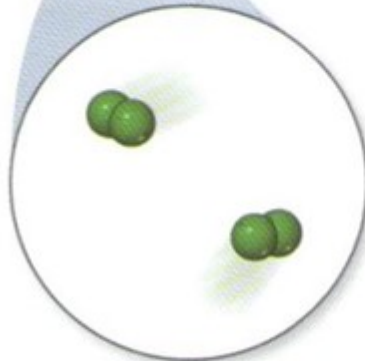


Καταστάσεις της ύλης

Ισχύς των διαμοριακών έλξεων αυξάνει



Αέριο

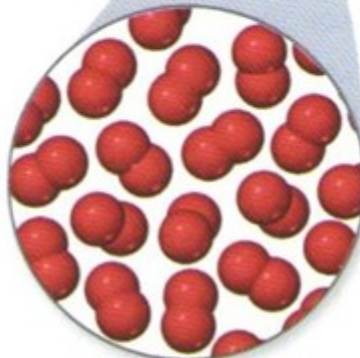


Χλώριο, Cl_2

Σωματίδια απομακρυσμένα, έχουν πλήρη ελευθερία κινήσεων



Υγρό



Βρώμιο, Br_2

Σωματίδια πολύ κοντά αλλά τυχαία διατεταγμένα, διατηρούν ελευθερία κίνησης, αλλάζουν ταχύτητα γείτονες



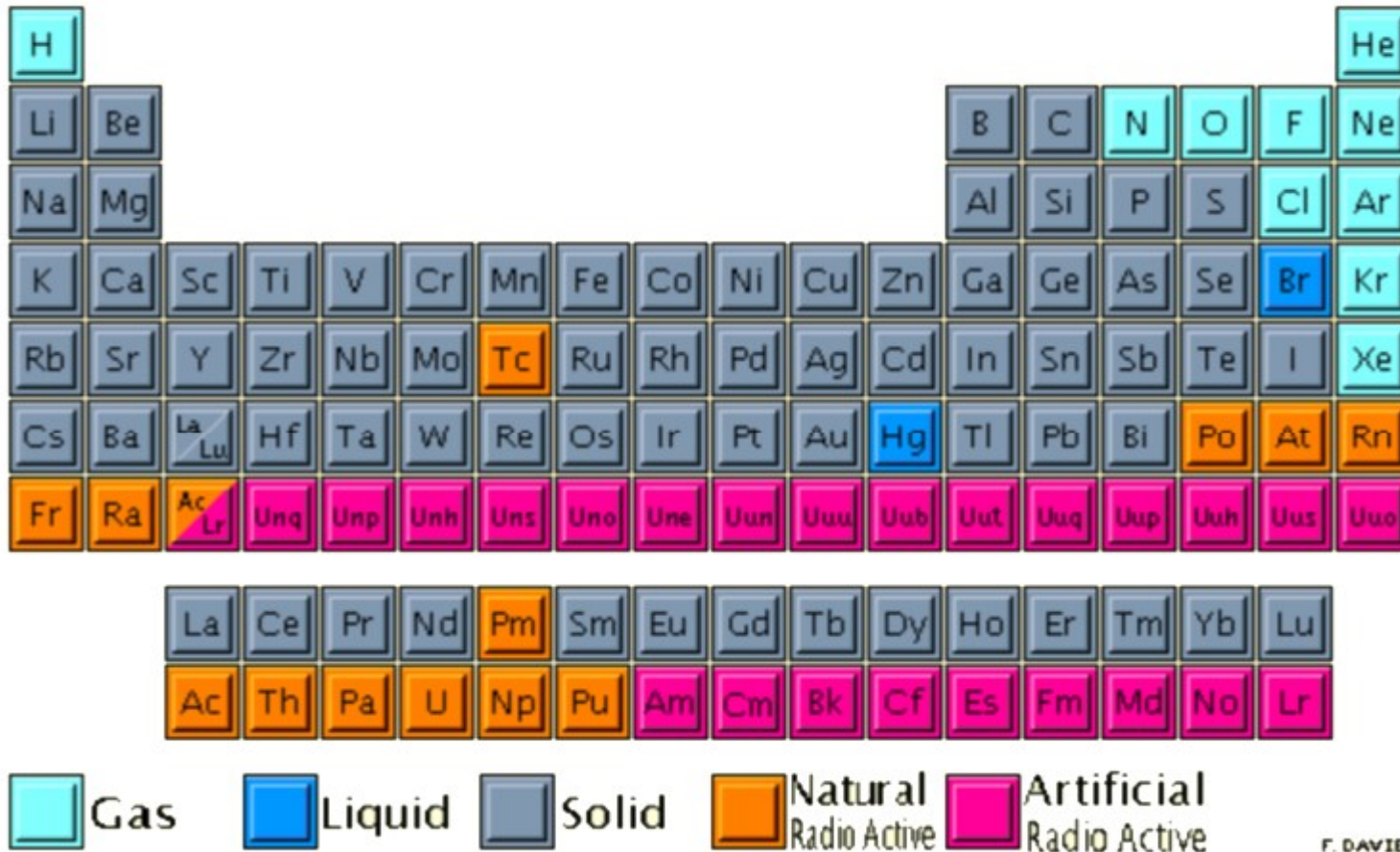
Στερεό



Ιώδιο, I_2

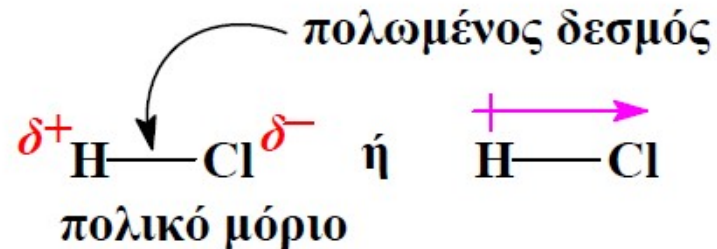
Σωματίδια συμπυκνωμένα σε διατεταγμένη σειρά, θέσεις ουσιαστικά καθορισμένες

Καταστάσεις των στοιχείων



Πολικότητα Ενώσεων και διπολική ροπή

Ηλεκτραρνητικότητα: μέτρο της ικανότητας ενός ατόμου που βρίσκεται σε μόριο να έλκει προς το μέρος του δεσμικά e.



H-Cl: $\chi_{\text{Cl}} = 3.0$ $\chi_{\text{H}} = 2.1 \Rightarrow \Delta\chi = 0.9 \neq 0$ άρα πολικό μόριο

Διπολική ροπή (μ): ένα διανυσματικό μέγεθος που μετρά ποσοτικά το διαχωρισμό φορτίων σε ένα μόριο

$$\mu = \delta \cdot r$$

r = η απόσταση ανάμεσα στα μερικά φορτία δ^+ και δ^-

Μονάδα μέτρησης διπολικής ροπής
1 debye (D) = $3,34 \times 10^{-30}$ C·m (coulomb · meter)

Παράδειγμα - Πολικότητα ενώσεων

Το μήκος του δεσμού στο μόριο HF είναι 0,92 Å. Το HF έχει διπολική ροπή ίση με 1,82 D. Υπολογίστε (σε μονάδες e) τα μερικά φορτία των ατόμων H και F.

Μετατροπές μονάδων

$$1 \text{ D} = 3,34 \times 10^{-30} \text{ Cm} \Rightarrow 1,82 \text{ D} = 1,82 \times 3,34 \times 10^{-30} \text{ Cm} = 6,08 \times 10^{-30} \text{ Cm}$$

$$0,92 \text{ Å} = 92 \times 10^{-12} \text{ m}$$

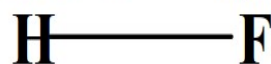
$$\delta = \frac{\mu}{r} = \frac{6,08 \times 10^{-30} \text{ C m}}{92 \times 10^{-12} \text{ m}} = 6,61 \times 10^{-20} \text{ C}$$

$$\text{φορτίο του ηλεκτρονίου (e)} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$$



$$\delta = \frac{6,61 \times 10^{-20} \text{ C}}{1,60 \times 10^{-19} \text{ C/e}} = 0,413 \text{ e}$$

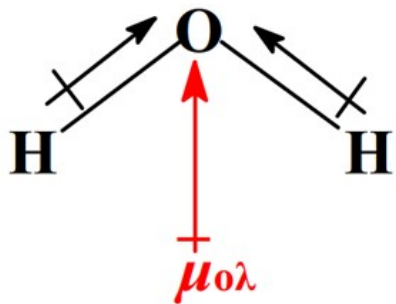
$$+0,413 \text{ e} \quad -0,413 \text{ e}$$



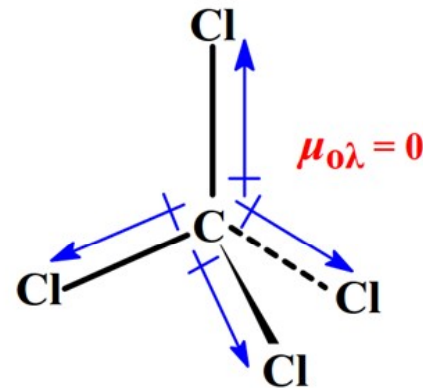
Πολικότητα Ενώσεων

❖ Η πολικότητα ενός μορίου εξαρτάται από:

- την γεωμετρία του μορίου
- την πολικότητα των δεσμών

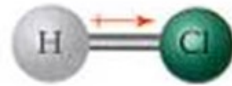


Το μόριο H_2O είναι κεκαμμένο.
Οι επιμέρους διπολικές
ροπές των δεσμών O-H
δίνουν συνισταμένη
διπολική ροπή $\mu_{\text{ολ}} \neq 0$
⇒ μόριο πολικό
Πειραματικά: $\mu(\text{H}_2\text{O}) = 1,94 \text{ D}$



Το μόριο CCl_4 είναι τετραεδρικό.
Οι επιμέρους διπολικές
ροπές των δεσμών C-Cl
δίνουν συνισταμένη
διπολική ροπή $\mu_{\text{ολ}} = 0$
⇒ μόριο μη πολικό

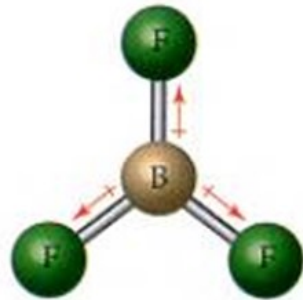
Πολικότητα Ενώσεων



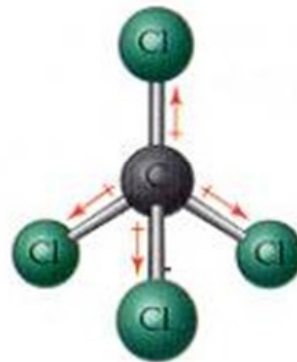
γ. HCl - πολικό μόριο



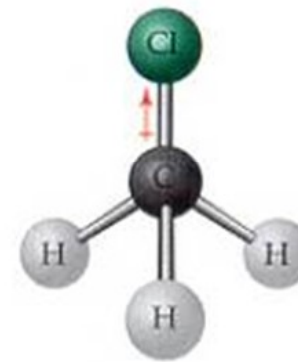
δ. NH₃ - πολικό



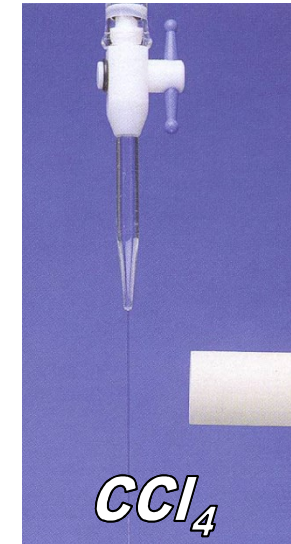
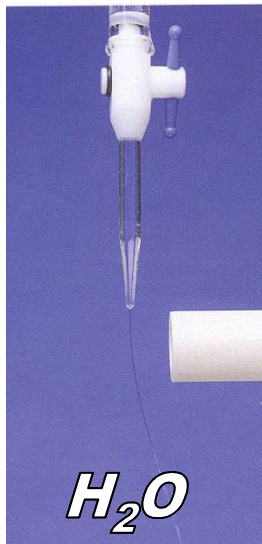
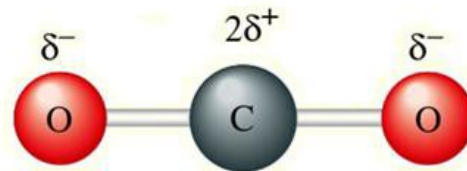
ε. BF₃ - μη πολικό



στ. CCl₄ - μη πολικό

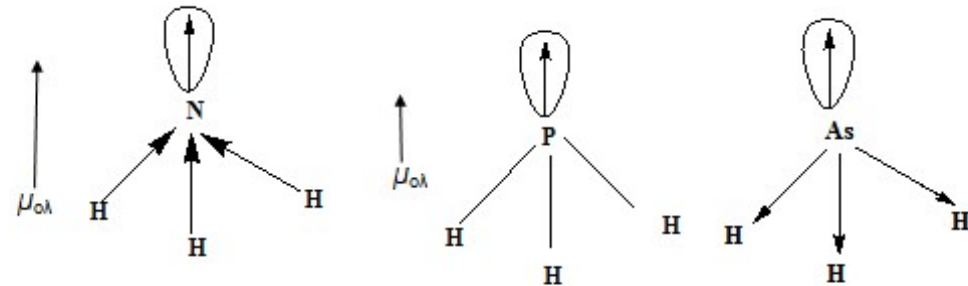


ζ. CH₂Cl₂ - πολικό



Παράδειγμα - Πολικότητα Ενώσεων

Να γίνει κατάταξη των μορίων της καθεμιάς από τις παρακάτω ομάδες κατά αυξανόμενη διπολική ροπή: α) HCl, HF, HBr, HI β) PH₃, NH₃, AsH₃



$$X_F > X_{Cl} > X_{Br} > X_I$$

$$X_F - X_H > X_{Cl} - X_H > X_{Br} - X_H > X_I - X_H$$

$$\mu(HI) < \mu(HBr) < \mu(HCl) < \mu(HF)$$

$$X_N > X_H$$

$$X_P = X_H$$

$$\mu_{ol} \approx 0$$

$$X_{As} < X_H$$

$$\mu(AsH_3) < \mu(PH_3) < \mu(NH_3)$$

| IA | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
|-----------|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|---------|
| H 2.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | He - | | |
| Li 1.0 | IIA Be 1.5 | | | | | | | | | | | | | | | Ne - | | | |
| Na 0.9 | Mg 1.2 | IIIB | IVB | VB | VIB | VII B | VIII | | | | | IB | IIB | IIIA B 2.0 | IVA C 2.5 | VA N 3.0 | VIA O 3.5 | VIIA F 4.0 | Ar - |
| K 0.8 | Ca 1.0 | Sc 1.3 | Ti 1.5 | V 1.6 | Cr 1.6 | Mn 1.5 | Fe 1.8 | Co 1.8 | Ni 1.8 | Cu 1.9 | Zn 1.6 | Ga 1.6 | Ge 1.8 | As 2.0 | Se 2.4 | Br 2.8 | Kr - | | |
| Rb 0.8 | Sr 1.0 | Y 1.2 | Zr 1.4 | Nb 1.6 | Mo 1.8 | Tc 1.9 | Ru 2.2 | Rh 2.2 | Pd 2.2 | Ag 1.9 | Cd 1.7 | In 1.7 | Sn 1.8 | Sb 1.9 | Te 2.1 | I 2.5 | Xe - | | |
| Cs 0.7 | Ba 0.9 | La-Lu 1.1-1.2 | Hf 1.3 | Ta 1.5 | W 1.7 | Re 1.9 | Os 2.2 | Ir 2.2 | Pt 2.2 | Au 2.4 | Hg 1.9 | Tl 1.8 | Pb 1.8 | Bi 1.9 | Po 2.0 | At 2.2 | Rn - | | |
| Fr 0.7 | Ra 0.9 | Ac-No 1.1-1.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Annotations: **CaF₂: large** (arrow pointing to Ca), **SiC: small** (arrows pointing to Si and C).

Παράδειγμα - Πολικότητα Ενώσεων

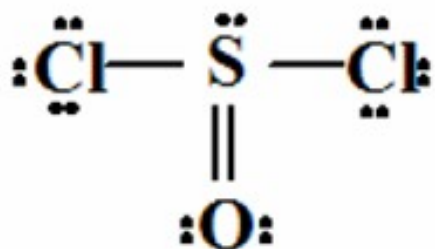
Ποιο από τα παρακάτω μόρια θα περιμένατε, για λόγους συμμετρίας, να έχει διπολική ροπή ίση με μηδέν; Εξηγήστε.



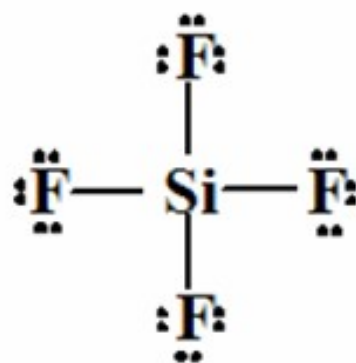
➤ Μόρια του τύπου AX_n ($n = 2 - 6$) είναι απολύτως συμμετρικά και δίνουν $\mu_{ολ} = 0$.

➤ Μόρια του τύπου AX_nE_m (με εξαίρεση τα AX_2E_3 και AX_4E_2) είναι μη συμμετρικά και έχουν $\mu_{ολ} \neq 0$.

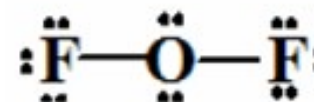
✓ Σύμφωνα με τα παραπάνω, θα έχουμε:



τριγ. πυραμιδικό, $\mu_{ολ} \neq 0$



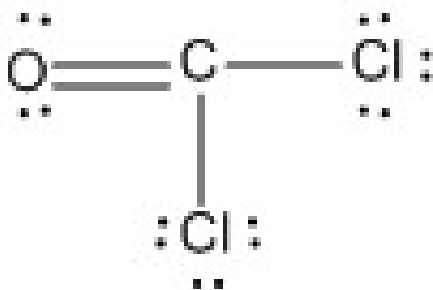
τετραεδρικό, $\mu_{ολ} = 0$



γωνιακό, $\mu_{ολ} \neq 0$

Παράδειγμα - Πολικότητα Ενώσεων

Εμφανίζει ή όχι ή ένωση COCl_2 διπολική ροπή και γιατί;



➤ VSEPR AX_3 σύμφωνα με τα προηγούμενα το μόριο θα έπρεπε να έχει $\mu_{ολ} = 0$, λόγω συμμετρίας.

➤ Όμως $\mu_{ολ} \neq 0$.

Διαμοριακές Δυνάμεις

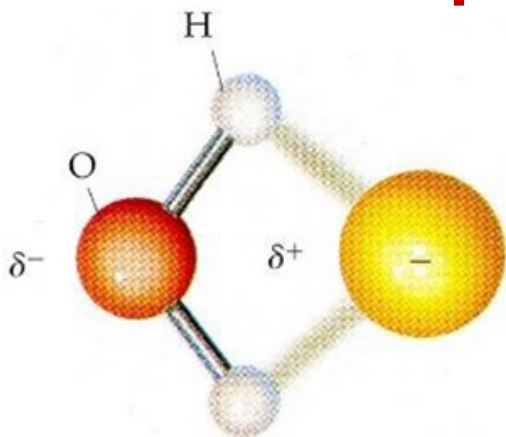
Δυνάμεις μεταξύ μορίων, ασθενέστερες εν γένει από τις δυνάμεις μεταξύ ατόμων

- ▶ Ιόντος - διπόλου
- ▶ διπόλου - διπόλου
- ▶ δεσμός υδρογόνου
- ▶ Ιόντος ή διπόλου - διπόλου εξ επαγωγής
- ▶ διπόλου εξ επαγωγής - διπόλου εξ επαγωγής

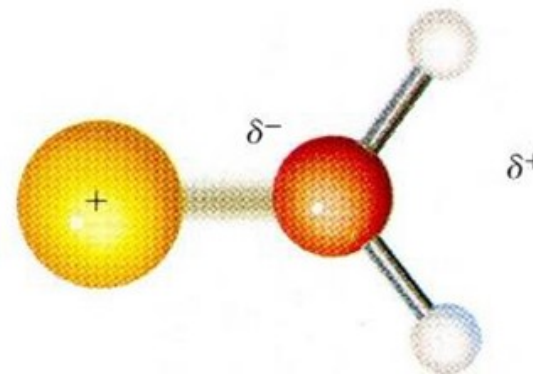
Τάση ατμών
Βρασμός
Τήξη
Εξάχνωση

συμβαίνουν όταν τα σωματίδια της ύλης έχουν κινητική ενέργεια που υπερνικά τις διαμοριακές δυνάμεις

Δυνάμεις Ιόντος-Διπόλου



α: δεσμός ανιόντος – νερού



β: δεσμός κατιόντος - νερού

Διάλυση ιοντικής ένωσης σε νερό

❖ Η ισχύς του δεσμού Ιόντος-Διπόλου εξαρτάται από:

➤ μέγεθος & φορτίο ιόντος

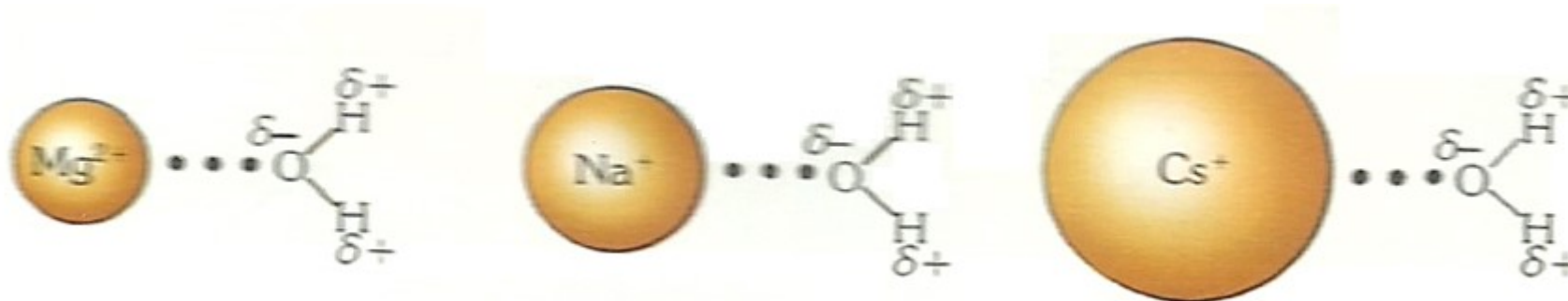
➤ μέγεθος & διπολική ροπή μορίου

❖ Η ισχύς ανάλογη του $1/d^2$

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.2 Ενθαλπία ενυδάτωσης ιόντων σε συνάρτηση με την ακτίνα του ιόντος για τα στοιχεία της ΙΑ ομάδας

| Κατιόν | Ιοντική ακτίνα pm | Ενθαλπία ενυδάτωσης kJ mol ⁻¹ |
|-----------------|----------------------|---|
| Li ⁺ | 90 | -515 |
| Na ⁺ | 116 | -405 |
| K ⁺ | 152 | -321 |
| Rb ⁺ | 166 | -296 |
| Cs ⁺ | 181 | -263 |

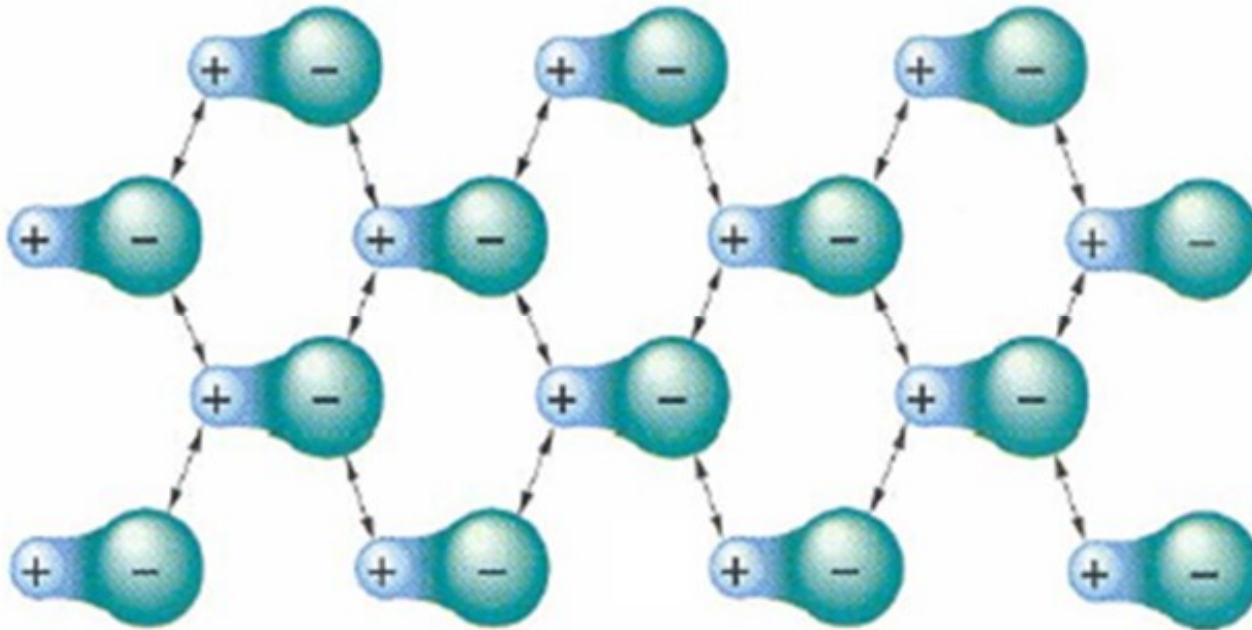
Δυνάμεις Ιόντος-Διπόλου



| | Ενθαλπία ενυδάτωσης |
|-----------|---------------------|
| Mg^{2+} | -1922 kJ/mol |
| Na^+ | -405 kJ/mol |
| Cs^+ | -263 kJ/mol |

Δυνάμεις Διπόλου-Διπόλου

- Αναπτύσσονται ανάμεσα σε πολικά μόρια
- Είναι ελκτικές δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσης που δημιουργούν προσανατολισμό στα μόρια



$$E = \frac{\mu_1 \cdot \mu_2}{2\pi\epsilon_0 r^3}$$

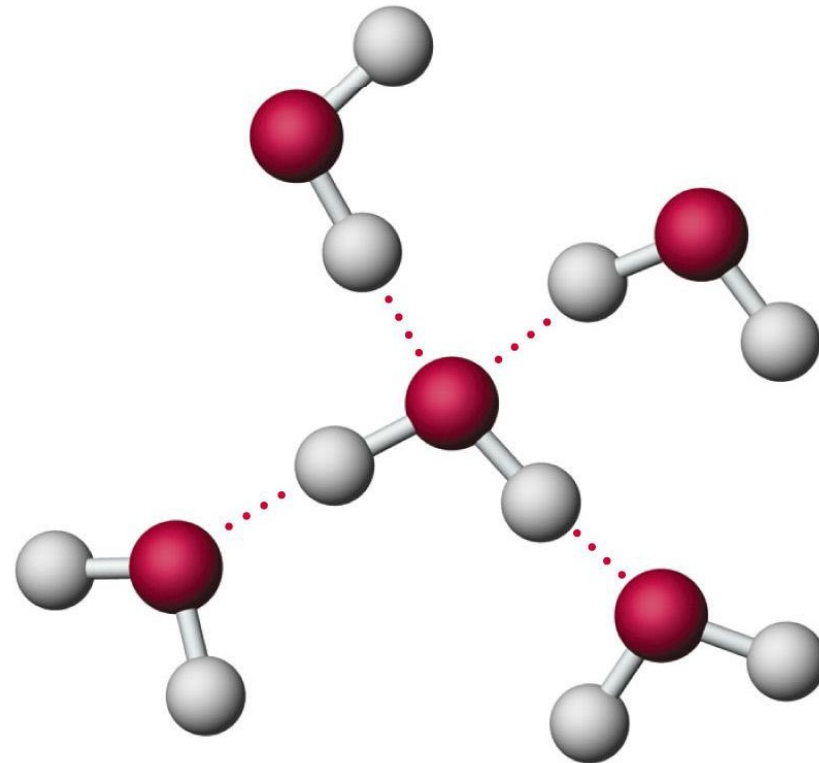
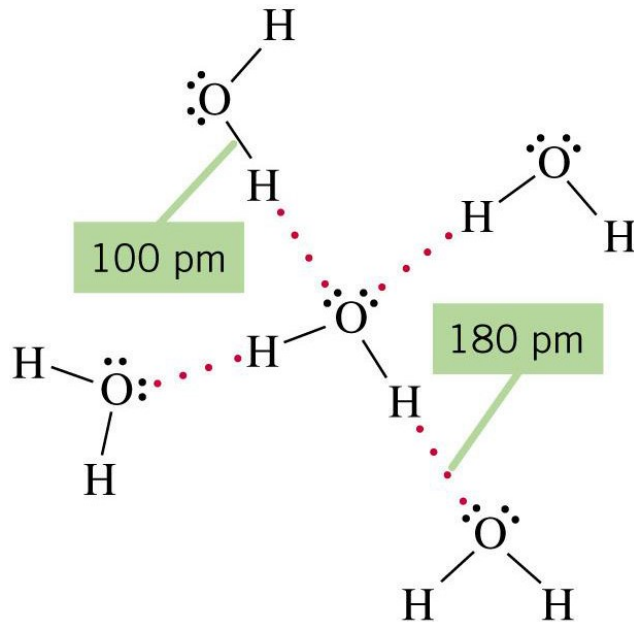
$T \downarrow$: υπερτερούν οι ελκτικές δυνάμεις διπόλου-διπόλου → στερεά ή υγρά

$T \uparrow$: υπερτερούν οι απωστικές δυνάμεις λόγω θερμικής κίνησης → αέρια

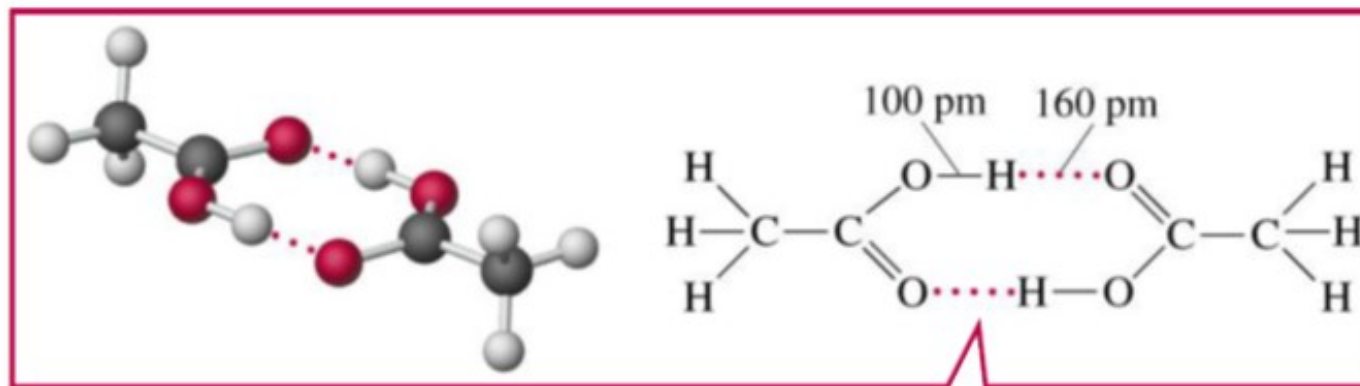
Δεσμός Υδρογόνου

❖ Δεσμός διπόλου-διπόλου μεταξύ:

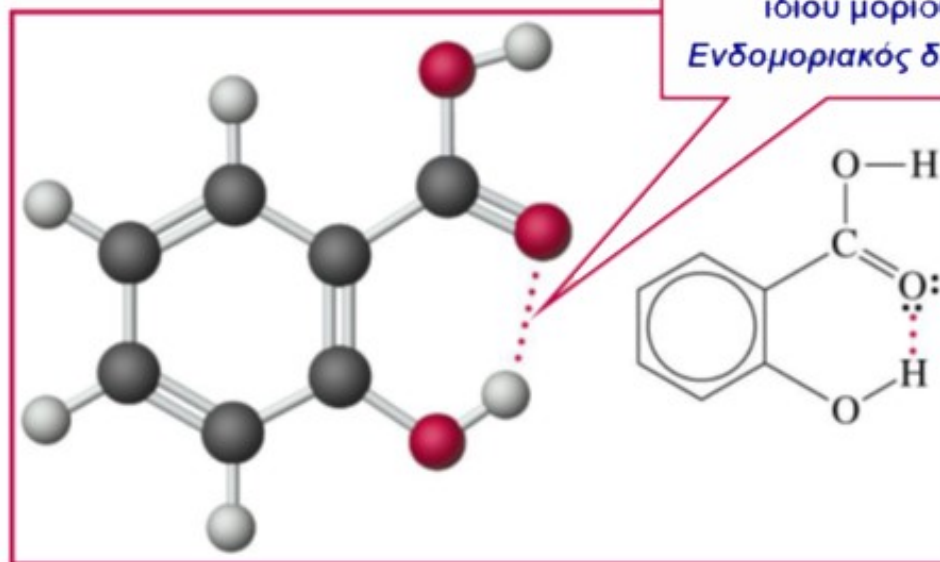
- **ατόμου υδρογόνου**, το οποίο συνδέεται με ένα μικρό, ισχυρά ηλεκτραρνητικό άτομο (**F, O, N**) σε ένα μόριο
- **και ενός ισχυρά ηλεκτραρνητικού ατόμου (F, O, N) ενός άλλου μορίου.**



Δεσμός Υδρογόνου



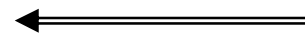
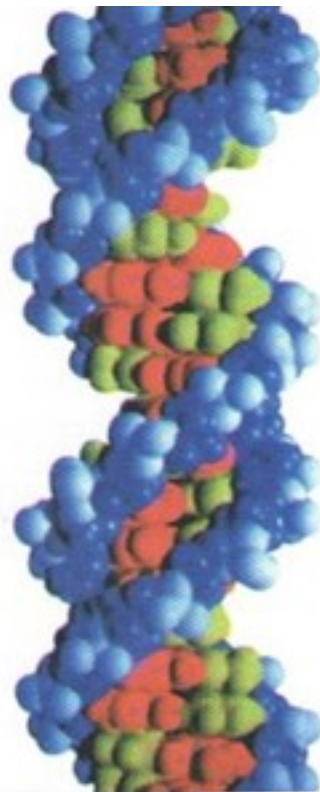
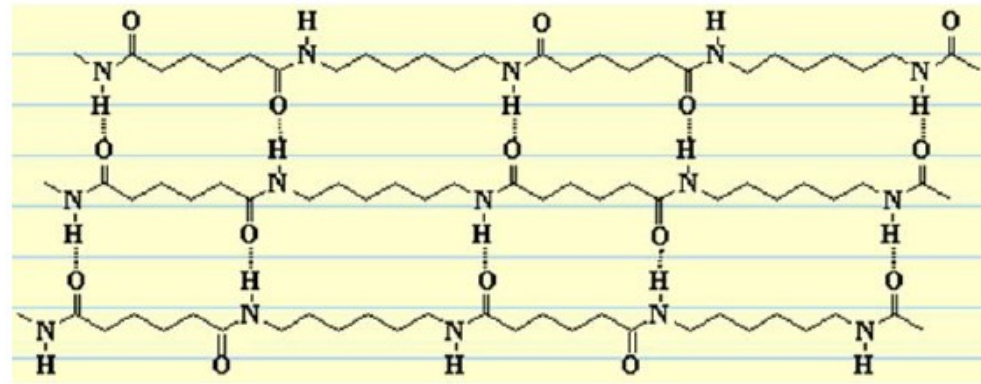
Μεταξύ 2 μορίων



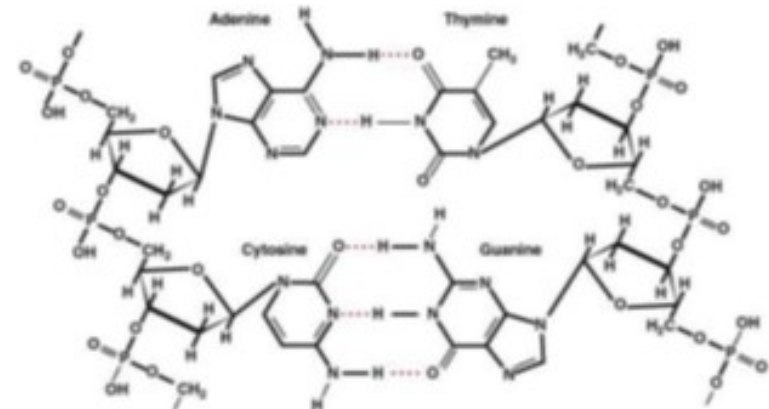
Μεταξύ ομάδων του
ιδίου μορίου
Ενδομοριακός δεσμός

Δεσμός Υδρογόνου

Μηχανική
αντοχή
πολυμερών



Δομή
DNA

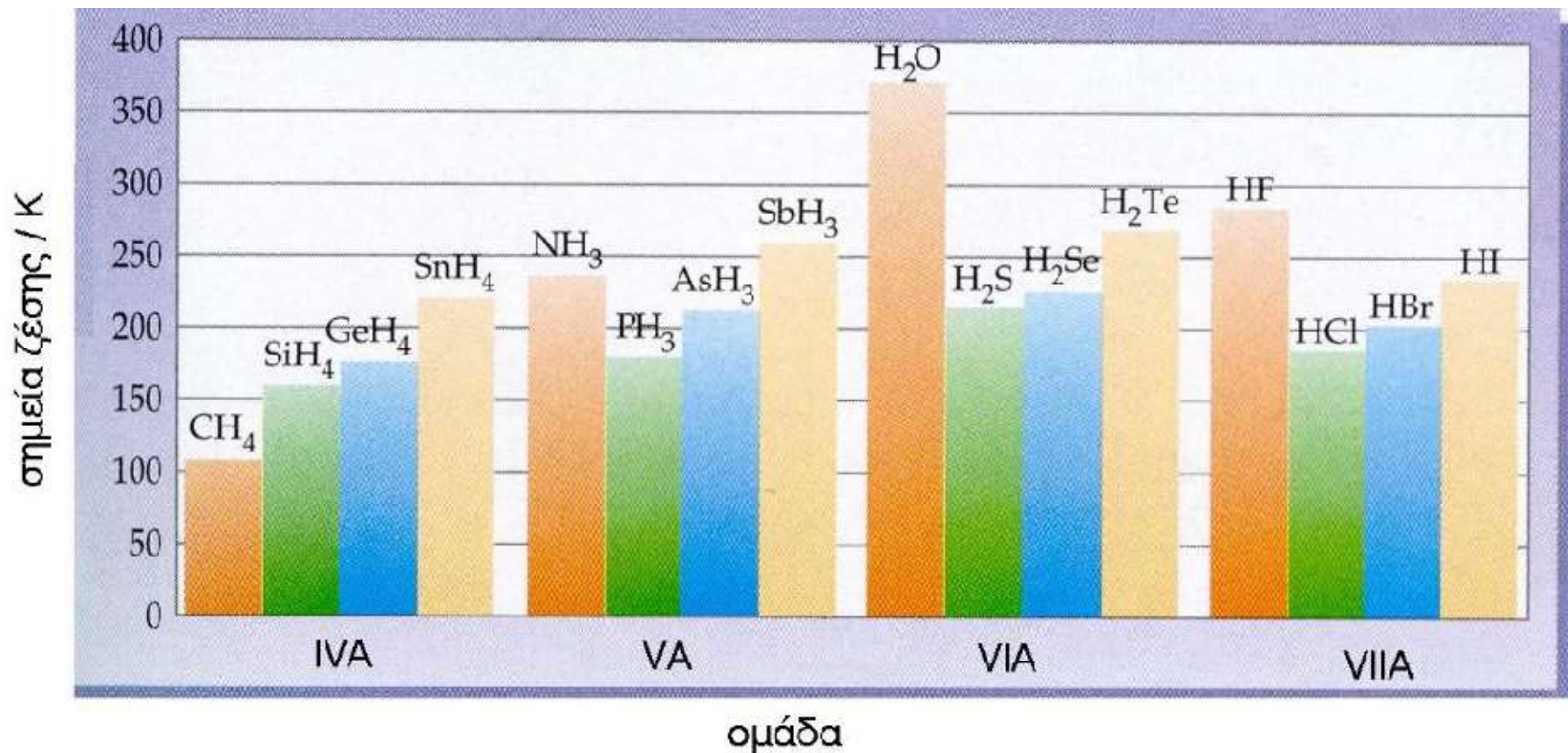


Δεσμός Υδρογόνου

❖ Επίδραση του δεσμού H σ.ζ. των υδρογονούχων ενώσεων

➤ αύξηση του σημείου ζέσης με την αύξηση του MB

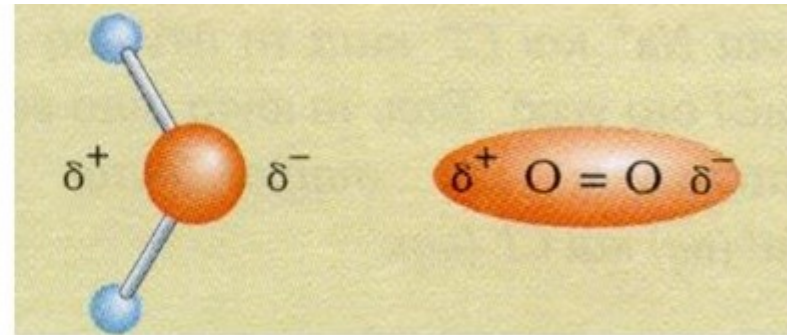
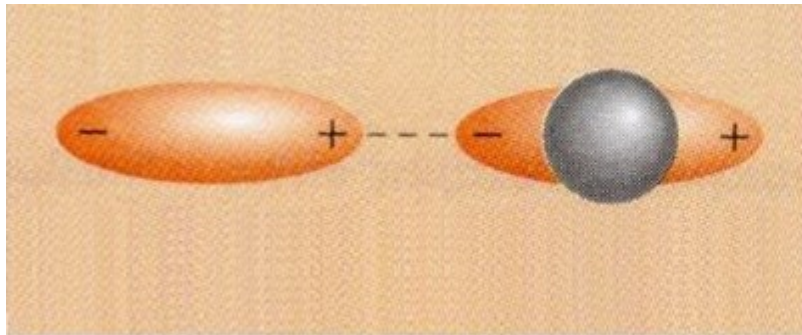
□ Γιατί το ΣΖ του νερού (MB 18) είναι 100°C του μεθανίου (MB 16) είναι -167°C;



Δυνάμεις Διπόλου (ή ιόντος) – Διπόλου εξ' επαγωγής

Δίπολο εξ' επαγωγής:
μη πολικό μόριο
πολώνεται εξαιτίας εξωτερικού φορτίου

Διαλύματα ιοντικών ή πολικών ενώσεων σε μη πολικούς διαλύτες

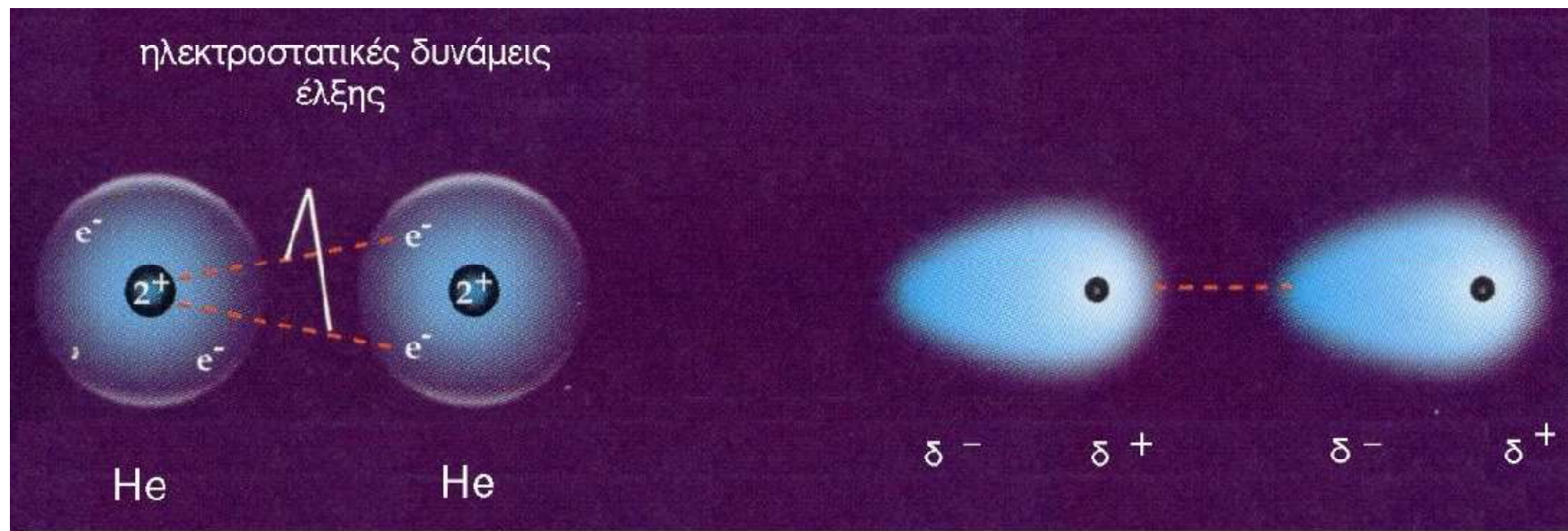


$$E = \frac{\mu^2 \alpha}{r^6}$$

μ : διπολική ροπή δίπολου μορίου
 α : πολωσιμότητα του μη πολικού μορίου
 r : απόσταση

Δυνάμεις στιγμιαίου Διπόλου μορίου – στιγμιαίου διπόλου μορίου ή δυνάμεις διασποράς ή δυνάμεις London

Γιατί μη πολικά αέρια συμπυκνώνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες?



Κίνηση ηλεκτρονιακών νεφών → στιγμιαίο δίπολο → ασθενείς ελκτικές δυνάμεις

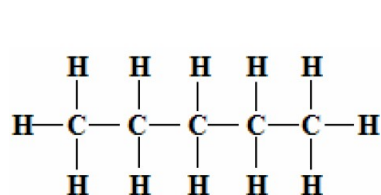
$$E = \frac{2\bar{\mu}\alpha}{r^6}$$

μ : διπολική ροπή στιγμιαίου δίπολου
 α : πόλωσιμότητα μη πολικού μορίου
 r : απόσταση

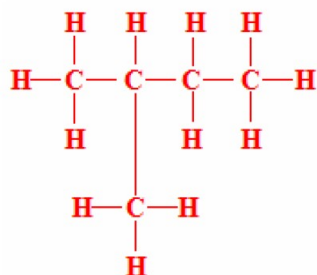
Δυνάμεις διασποράς London

- Οι δυνάμεις διασποράς London:
 - ✓ εμφανίζονται μεταξύ όλων των μορίων
 - ✓ γίνονται ισχυρότερες με την αύξηση του μοριακού βάρους
 - ✓ εξαρτώνται από την γεωμετρία του μορίου.
- μεγαλύτερη διαθέσιμη επιφάνεια σύνδεσης \longrightarrow ισχυρότερες δυνάμεις διασποράς.
- ασθενέστερες μεταξύ σφαιρικών μορίων

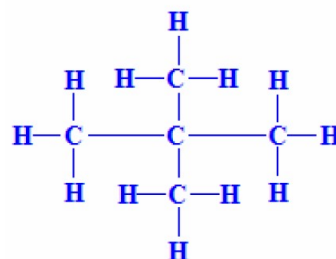
Ποιο από τα τρία πεντάνια (C_5H_{12}) έχει το χαμηλότερο σημείο ζέσεως;



ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΠΕΝΤΑΝΙΟ



ΙΣΟΠΕΝΤΑΝΙΟ



ΝΕΟΠΕΝΤΑΝΙΟ

Σημεία Ζέσεως:

κανονικό πεντάνιο 36.0°C

ισοπεντάνιο 27.9°C

νεοπεντάνιο 9.5°C.

- ίδιο μοριακό βάρος
- διαφορά στην διάταξη
- μειώνονται από το κανονικό πεντάνιο προς το νεοπεντάνιο
- ασθενέστερες διαμοριακές δυνάμεις έχουμε στο νεοπεντάνιο

Διαμοριακές Δυνάμεις

❖ Ασκήσεις

1. Να γράψετε τις δομές κατά Lewis των ενώσεων NH_3 , NH_2OH , CH_3OH και CH_2O και να εξηγήσετε με ποιον τρόπο αυξάνεται η διαλυτότητά τους στο νερό.

2. Δίνονται τα τετραεδρικά μόρια με κεντρικό άτομο τον άνθρακα: CH_4 , CH_3Cl , CH_2Cl_2 , CHCl_3 , CCl_4 . Σε ποιες ενώσεις επικρατούν σε υγρή κατάσταση οι δυνάμεις διπόλου-διπόλου; Να διαταχθούν με σειρά αυξανόμενου σημείου ζέσεως.

3. Κατατάξτε τις ενώσεις: CH_4 , KBr , H_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, C_2H_6 , κατά αυξανόμενου σημείου ζέσεως.

4. Το σημείο ζέσεως της αιθυλενοδιαμίνης ($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$) είναι 117°C και της προπυλαμίνης ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$) 49°C . Τα μόρια έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος και σχεδόν την ίδια σχετική μοριακή μάζα. Πως δικαιολογείται η μεγάλη διαφορά στα σημεία ζέσης τους.

Διαμοριακές Δυνάμεις

❖ Ασκήσεις

4. Δίνονται οι ουσίες: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$, CHCl_3 , NH_3 . Ποια ουσία έχει (α) τις ισχυρότερες δυνάμεις διασποράς, (β) τους ισχυρότερους δεσμούς υδρογόνου, (γ) Σε ποια ουσία οι δυνάμεις διπόλου-διπόλου είναι μηδενικές;