



Επιστήμη Υλικών II (Θ)

Ενότητα 2: Διαλύτες και Διαλυτότητα

Σταμάτης Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής
Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων & Έργων Τέχνης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

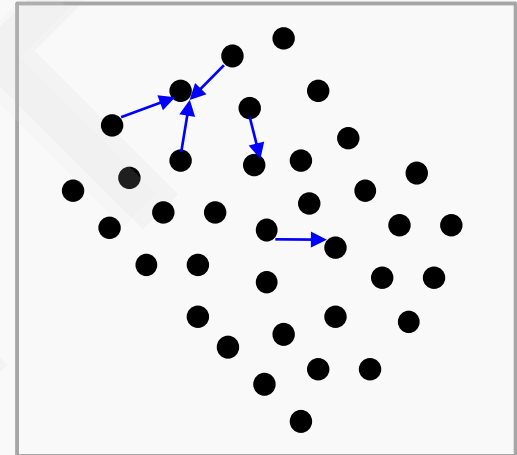


Έλξεις μεταξύ μορίων (1 από 2)

- Για να κατανοήσουμε τη διαλυτότητα, θα πρέπει να εξετάσουμε τις **έλξεις** μεταξύ των μορίων
- Μεταξύ των μορίων των χημικών ενώσεων που απαρτίζουν τα υλικά ασκούνται δυνάμεις.
- Το είδος και η ένταση των δυνάμεων αυτών καθορίζουν τη φυσική κατάστασή τους (στερεά, υγρή ή αέρια), καθώς και τον βαθμό που διαφορετικά είδη μορίων συνυπάρχουν σε ένα υλικό.
- Τα **υγρά** και τα **στερεά** διαφέρουν από τα αέρια γιατί σε αυτά οι διαμοριακές δυνάμεις είναι πολύ **ισχυρότερες**.

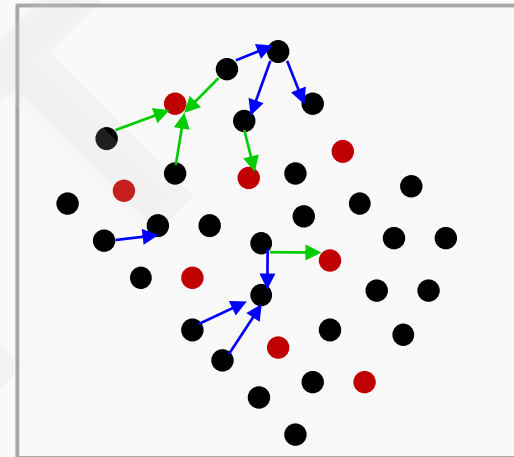
Έλξεις μεταξύ μορίων (2 από 2)

- Τα **καθαρά σώματα**, απαρτίζονται από μόρια ενός μόνο είδους. Συνεπώς ασκούνται **δυνάμεις μεταξύ ομοειδών μορίων**. Σε αυτές τις δυνάμεις βασίζονται πολλά φαινόμενα όπως της υγροποίησης (**τήξης**) και της **εξάτμισης**.
- Στα **αέρια** οι **ελκτικές δυνάμεις** είναι ασθενείς, στα **υγρά** πολύ ισχυρότερες, και στα **στερεά** ακόμα πιο ισχυρές.

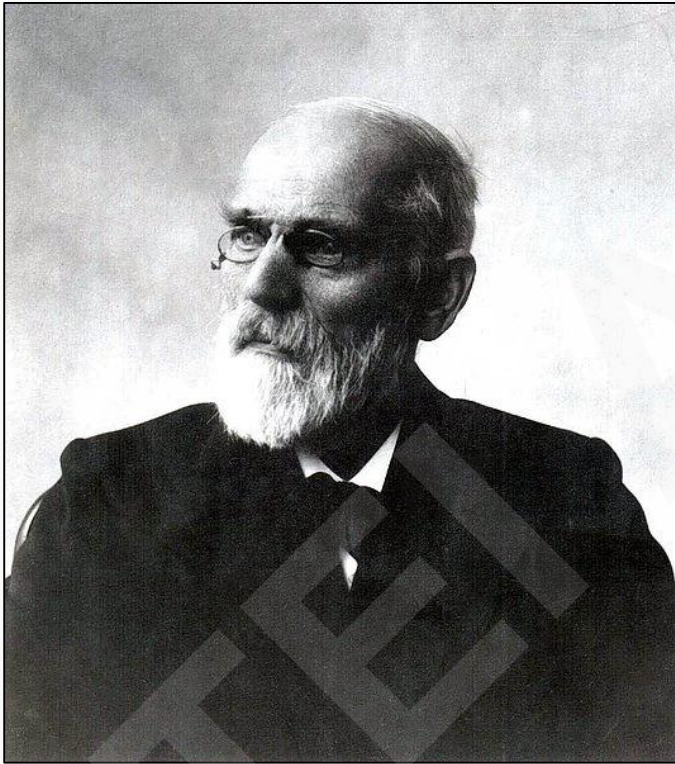


Έλξεις μεταξύ μορίων (2 από 2)

- Στα μίγματα (και συνεπώς στα **διαλύματα**) ασκούνται δυνάμεις και **μεταξύ διαφορετικών μορίων.**
- Όσο πιο έντονες οι διαμοριακές δυνάμεις έλξης, τόσο σταθερότερο το διάλυμα.



Δυνάμεις συνοχής μεταξύ μορίων (δυνάμεις Van der Waals)

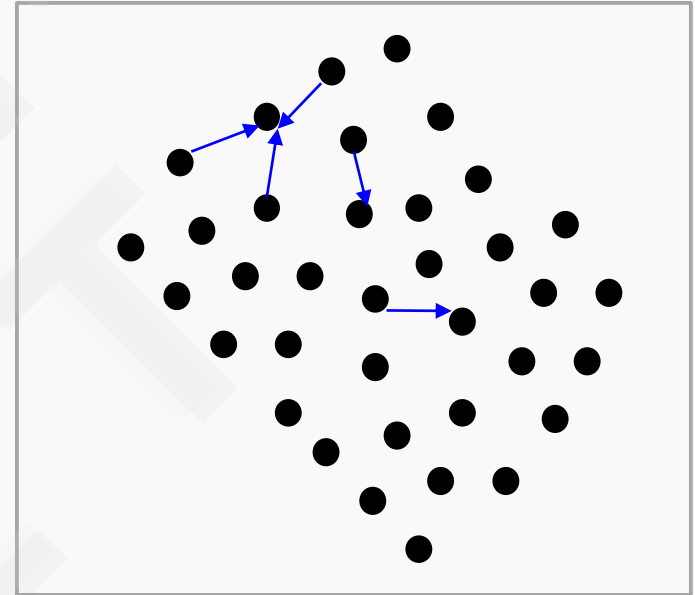


“Johannes Diderik van der Waals”,
by Knightriderfan available under [CC BY-SA 3.0 NL](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nl/)

- Οι διαμοριακές δυνάμεις με τις οποίες έλκονται τα μόρια μεταξύ τους λέγονται δυνάμεις **συνοχής**, ή **van der Waals**
- Johannes van der Waals (βραβείο Νομπέλ Φυσικής 1910): Οι απόψεις του για τη θερμοδυναμική κατάσταση των μορίων είχε εξαιρετική σημασία, μάλιστα σε μια εποχή που η **κίνηση Brown** (η αέναη, ταχύτατη κίνηση όλων των μορίων) δεν είχε αποδειχθεί πειραματικά.

Διαμοριακές δυνάμεις

- Τα μόρια της ύλης, ανεξάρτητα από τη φυσική τους κατάσταση υφίστανται ένα σύνολο ελκτικών δυνάμεων, οι οποίες συνολικά ονομάζονται **δυνάμεις συνοχής** (cohesive forces) ή δυνάμεις van der Waals.
- Οι δυνάμεις αυτές, σε γενικές γραμμές οφείλονται στην παρουσία διαφόρων ειδών **ηλεκτρικών φορτίων** επάνω σε κάθε μόριο.



Δυνάμεις διασποράς

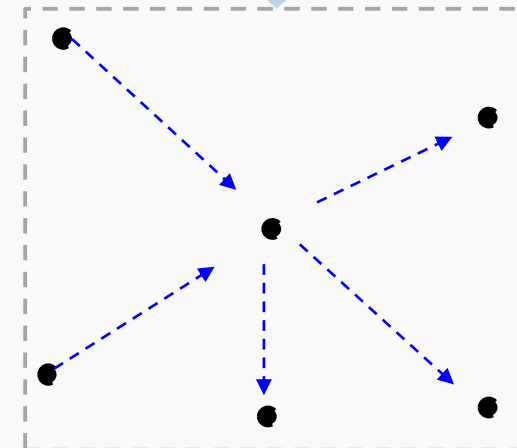
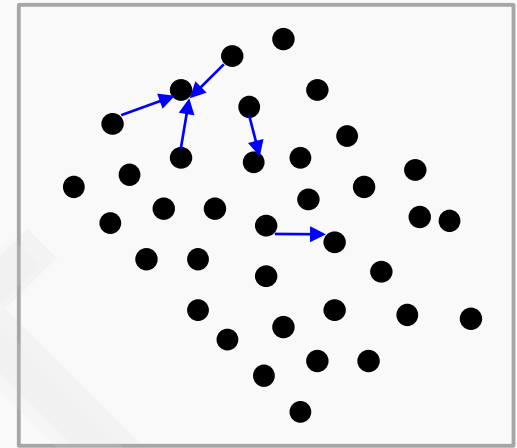
- Ακόμα και εξαιρετικά άπολα μόρια (όπως τα μόρια των ευγενών αερίων, του οξυγόνου, του αζώτου, του διοξειδίου του άνθρακα, του μεθανίου, κλπ.) υφίστανται διαμοριακές δυνάμεις van der Waals, οι οποίες πιο ειδικά, θα ονομαστούν **δυνάμεις διασποράς**.

Απόδειξη της ύπαρξης αυτών των δυνάμεων είναι το γεγονός ότι τα παραπάνω αέρια σε χαμηλές θερμοκρασίες υγροποιούνται. Για παράδειγμα, το **άζωτο** υγροποιείται στους **-195.6°C**.



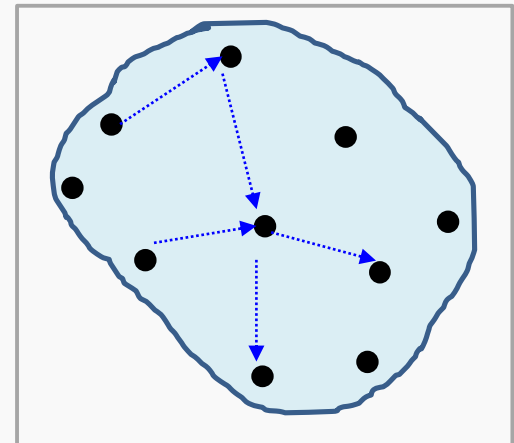
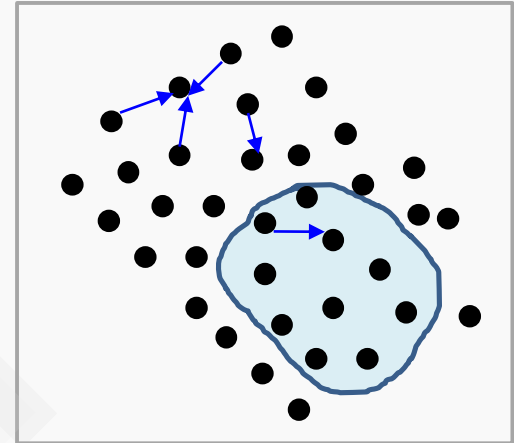
Ενέργεια συνοχής των μορίων

- Λόγω της παρουσίας των δυνάμεων αυτών, αναπτύσσεται ενέργεια ελκτικής φύσης στα μόρια ενός υλικού, η οποία ονομάζεται **ενέργεια συνοχής** (cohesive energy).
- Η ενέργεια συνοχής (μονάδες: J/mol, cal/mol) είναι η ενέργεια που απαιτείται ώστε να **απομακρύνει** όλα τα μόρια μιας ποσότητας υλικού (π.χ. 1 mol) που βρίσκονται σε ισορροπία σε μια δεδομένη κατάσταση (π.χ. στερεή, υγρή, ή αέρια), σε **αποστάσεις** τέτοιες ώστε να μην ασκούνται μεταξύ τους δυνάμεις.



Μοριακός όγκος (V_m) (1 από 3)

- Όλα τα σώματα καταλαμβάνουν κάποιον όγκο ανάλογα με τη χημική φύση τους και ανάλογα με τη φυσική τους κατάσταση (στερεό, υγρό ή αέριο).
- Στο ένα άκρο, τα **στερεά** καταλαμβάνουν συγκεκριμένες θέσεις στο χώρο με μικρές αποστάσεις μεταξύ τους και δυνατότητες κίνησης.
- Στο άλλο άκρο, τα **αέρια** λόγω της κινητικότητάς τους καταλαμβάνουν πολλαπλάσιο όγκο από όσο θα καταλάμβανε η ίδια ποσότητα (ίδιος αριθμός μορίων) αυτών στη στερεά κατάσταση.



Μοριακός όγκος (V_m) (2 από 3)

- Σε κάθε περίπτωση, ο όγκος αυτός που καταλαμβάνει μια ποσότητα μορίων είναι **μεγαλύτερος** από τον όγκο που θα προέκυπτε απλά, από τον πολλαπλασιασμό του όγκου του κάθε μορίου επί τον αριθμό των μορίων.
- Δηλαδή για **ένα mol** ενός στερεού, υγρού ή αερίου στον οποίο περιέχονται $N_L = 6.023 \times 10^{23}$ μόρια, καταλαμβάνει όγκο V_m και ισχύει:

$$V_m \gg [V_{\text{μορίου}} \times N_L]$$

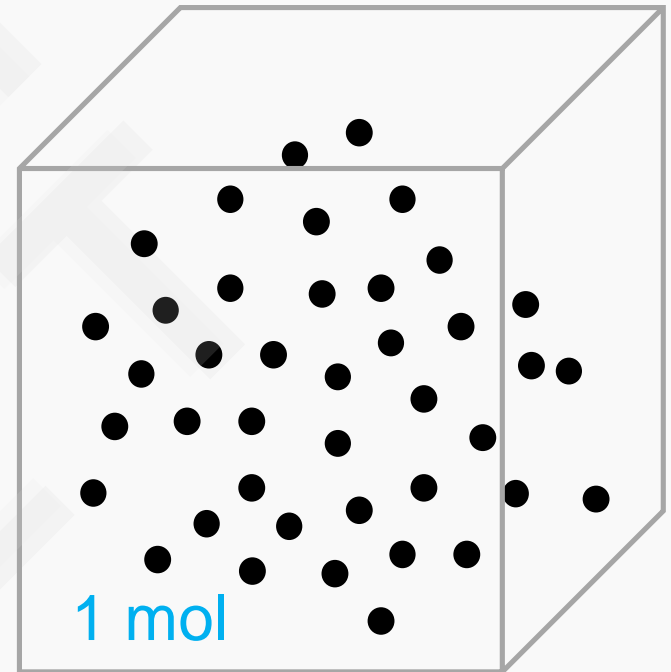
- όπου $V_{\text{μορίου}}$ είναι ο όγκος που καταλαμβάνει ένα μόριο και V_m ο μοριακός όγκος.

Μοριακός όγκος (V_m) (3 από 3)

- Ο μοριακός όγκος V_m εκφράζει τον μέσο όγκο του «ζωτικού χώρου» που καταλαμβάνει ένα mol του μορίου στους 25°C και σε 1 atm .

Μονάδες στο SI: m^3/mol .

Πρακτικές μονάδες: cm^3/mol .



Πυκνότητα ενέργειας συνοχής

(cohesive energy density) (1 από 2)

Ως πυκνότητα ενέργειας συνοχής (cohesive energy density, c) ορίζεται το **πηλίκο** της **ενέργειας συνοχής** προς τον **μοριακό όγκο** των μορίων ενός υλικού.

όπου:

$$c = \frac{\Delta H - RT}{V_m}$$

Μονάδες: cal / cm³

MPa = 0.2389 cal / cm³

- c = Πυκνότητα ενέργειας συνοχής
- ΔH = ενθαλπία εξαέρωσης
- R = παγκόσμια σταθερά των αερίων (8.3144 J.mol⁻¹.K⁻¹)
- T = θερμοκρασία (Kelvin)
- V_m = μοριακός όγκος

Πυκνότητα ενέργειας συνοχής (cohesive energy density) (2 από 2)

- Η πυκνότητα ενέργειας συνοχής εκφράζει το έργο που απαιτείται για να ξεφύγει μια **εντοπισμένη** ποσότητα μορίων από το «περιβάλλον» τους υπερνικώντας τις δυνάμεις συνοχής.
- Οι δυνάμεις συνοχής μπορούν να υπερνικηθούν εάν π.χ. **θερμάνουμε** μια ποσότητα ενός σώματος με σκοπό να αλλάξει φάση, π.χ. να περάσει από την υγρή στην αέρια (=εξαέρωση).

Εξαέρωση ή εξάτμιση των μορίων

(1 από 2)

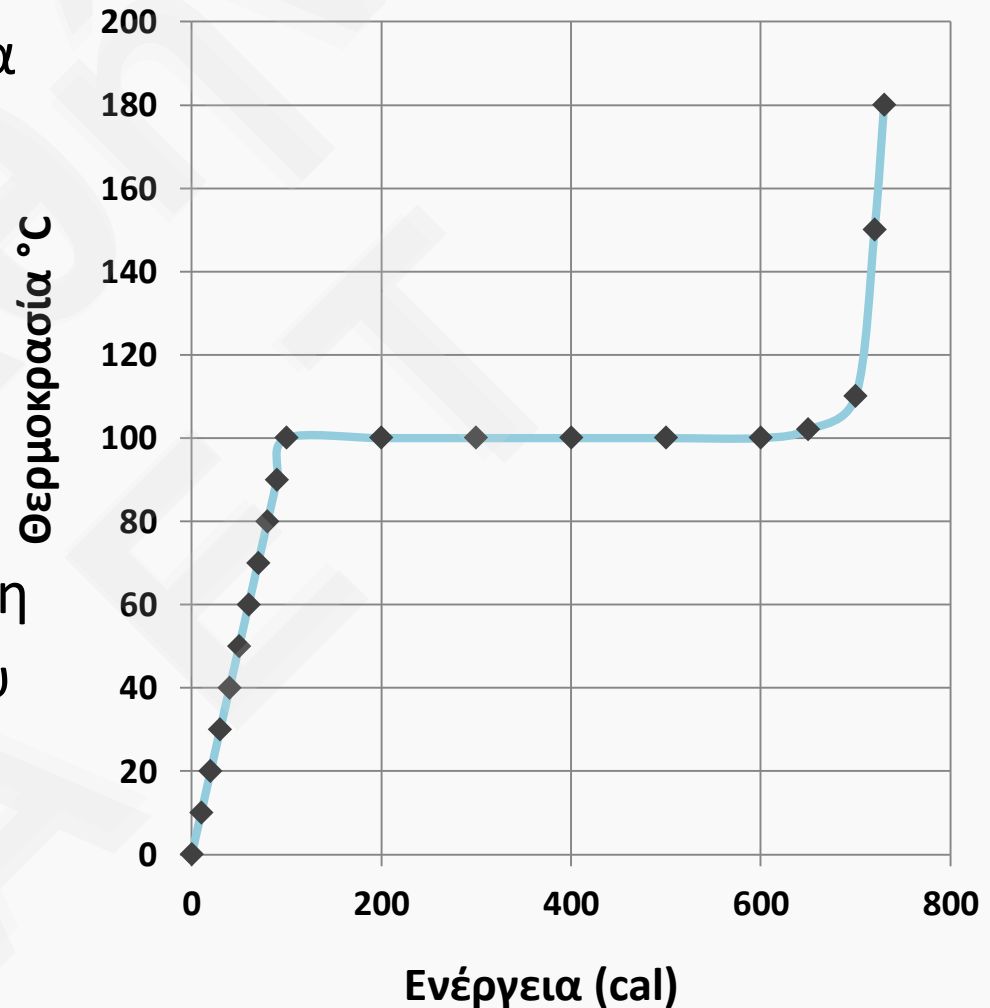
- Οι δυνάμεις που απαιτούνται για να εισχωρήσει ένας διαλύτης ανάμεσα στα μόρια μιας στερεής ουσίας, να τα ξεχωρίσει και τελικά να τα διαλυτοποιήσει, είναι αντίστοιχη με την ενέργεια που απαιτούν τα μόρια μιας ουσίας για να υπερνικηθούν οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ τους, και συνεπώς, να «ξεκολλήσουν» το ένα από το άλλο και τελικά να εξατμιστούν.
- Η **ενέργεια** (σε θερμίδες) που προσφέρθηκε στο υγρό από τη στιγμή που άρχισε να **εξατμίζεται** μέχρι να μετατραπεί και το τελευταίο μόριο σε αέριο (ατμό) είναι ανάλογη με τις **δυνάμεις van der Waals** που συγκρατούν τα μόρια μαζί.



“Electric kettle - Электрический чайник”,
by Schekinov Alexey Victorovich
available under [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Εξαέρωση ή εξάτμιση των μορίων (2 από 2)

- Η ενέργεια που απαιτείται για την παραπάνω διαδικασία ονομάζεται ενέργεια εξαέρωσης.
- Ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται η εξαέρωση (υπό ατμ. πίεση), το υγρό που εξατμίζεται **ευκολότερα** έχει μικρότερη ενέργεια συνοχής (λόγω δυνάμεων van der Waals).



Οι διαμοριακές δυνάμεις που καθορίζουν τη διαλυτότητα

- Οι δυνάμεις συνοχής μπορούν επίσης να υπερνικηθούν, αν υποχρεωθούν τα μόρια ενός σώματος να **υποδεχτούν** στο χώρο που καταλαμβάνουν, τα μόρια ενός **ξένου σώματος**.
- Σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατό να ασκηθούν ελκτικές **δυνάμεις**, μεταξύ **διαφορετικών** μορίων.
- Όταν οι δυνάμεις αυτές είναι ισχυρές, τότε μιλάμε για συνύπαρξη δυο ή περισσότερων ειδών μορίων, και υπό προϋποθέσεις, για **διαλυτοποίηση** .

Το φαινόμενο της διαλυτότητας

- Για να συμβεί η διαλύτωση ενός υλικού, τα μόριά του πρέπει να ξεχωρίσουν μέσω της παρεμβολής μορίων διαλύτη.
- Για να συμβεί ο διαχωρισμός αυτός πρέπει να **υπερνικηθούν** οι δυνάμεις συνοχής μεταξύ των μορίων του υλικού και να δημιουργηθούν **νέες** διαμοριακές δυνάμεις, μεταξύ των μορίων του **υλικού** και του **διαλύτη**.
- **Απαιτούνται ενέργειες παρόμοιες με εκείνες της εξαέρωσης.**

Διαλυτοποίηση της ζάχαρης στο νερό



Παράμετρος διαλυτότητας του Hildebrand

- Η παράμετρος διαλυτότητας του Hildebrand (δ)

$$\delta = \sqrt{c} = \sqrt{\frac{\Delta H - RT}{V_m}}$$

- Μονάδες: $\text{J}^{1/2} / \text{m}^{3/2}$ (SI)

$$\text{cal}^{1/2}/\text{cm}^{3/2}$$

ή


$$\text{MPa} = 0.2389 \text{ cal}^{1/2}/\text{cm}^{3/2}$$

- Εκφράζει την **σχετική** διαλυτική ικανότητα ενός συγκεκριμένου διαλύτη ως προς μια συγκεκριμένη χημική **ένωση**.

Κλίμακα διαλυτότητας του Hildebrand

(1 από 3)

Οι διαλύτες κατατάσσονται ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου Hildebrand δ .



Διαλύτης	δ (SI)
n-εξάνιο	14.90
n-επτάνιο	15.30
Διαιθυλαιθέρας	15.40
1,1,1 τριχλωροαιθάνιο	15.80
n-δωδεκάνιο	16.00
White spirit	16.10
τερεβινθέλαιο	16.60
κυκλοεξάνιο	16.80
Οξικός αμυλεστέρας	17.10
τετραχλωράνθρακας	18.00
ξυλένιο	18.20
Οξικός αιθυλεστέρας	18.20

Κλίμακα διαλυτότητας του Hildebrand

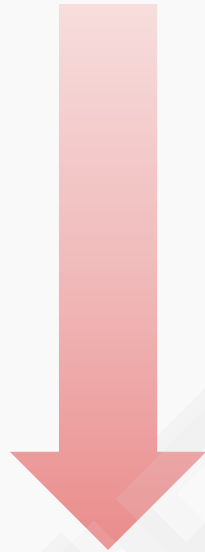
(2 από 3)



Διαλύτης	δ (SI)
τολουόλιο	18.30
τετραϋδροφουράνιο (THF)	18.50
βενζόλιο	18.70
χλωροφόρμιο	18.70
τριχλωροαιθυλένιο	18.70
μεθυλ-αιθυλ-κετόνη (MEK)	19.30
ακετόνη	19.70
διακετονο-αλκοόλη	20.20
1,2-διχλωροαιθάνιο	20.20
διχλωρομεθάνιο	20.20
Cellosolve [®]	21.90
διμεθυλοφορμαμίδιο (DMF)	24.70

Κλίμακα διαλυτότητας του Hildebrand

(3 από 3)



Διαλύτης	δ (SI)
αιθυλική αλκοόλη (αιθανόλη)	29.70
διμεθυλοσουλφοξείδιο (DMSO)	26.40
μεθανόλη	29.70
προπυλενογλυκόλη	30.70
αιθυλενογλυκόλη	34.90
νερό	48.00

Barton, *Handbook of Solubility Parameters*, CRC Press, 1983

Πώς χρησιμοποιούμε την κλίμακα διαλυτότητας; (1 από 2)

Η λογική πίσω από τους μηχανισμούς της διαλυτοποίησης μορίων και υλικών είναι :

- «Καλή» διαλυτοποίηση σημαίνει ότι τα μόρια του διαλύτη ανταγωνίζονται με επιτυχία για να καταλάβουν θέσεις ανάμεσα στα μόρια του υλικού.
- Συνεπώς, οι διαμοριακές δυνάμεις van der Waals μεταξύ των μορίων του διαλύτη και των μορίων του υλικού πρέπει να είναι ίσες ή ισχυρότερες από τις αντίστοιχες δυνάμεις μεταξύ των μορίων του υλικού.


Πώς χρησιμοποιούμε την κλίμακα διαλυτότητας; (2 από 2)

- Από τον παραπάνω συλλογισμό προκύπτει η απλουστευτικός κανόνας :

«τα όμοια διαλύουν τα όμοια»

Χρήση της κλίμακας διαλυτότητας του Hildebrand

Εάν π.χ. η **ακετόνη** διαλυτοποιεί ένα υλικό, τότε περιμένουμε να το διαλυτοποιούν και οι διαλύτες που είναι γειτονικοί στην κατάταξη (όπως η μεθυλο-αιθυλοκετόνη, ή η διακετοναλκοόλη).



μεθυλαιθυλοκετόνη	19.30
ακετόνη	19.70
διακετοναλκοόλη	20.20
διχλωροαιθυλένιο	20.20
διχλωρομεθάνιο	20.20

Αντίθετα, η αιθυλική αλκοόλη (**αιθανόλη**) και οι γειτονικοί διαλύτες δεν αναμένουμε να διαλυτοποιούν το υλικό αυτό

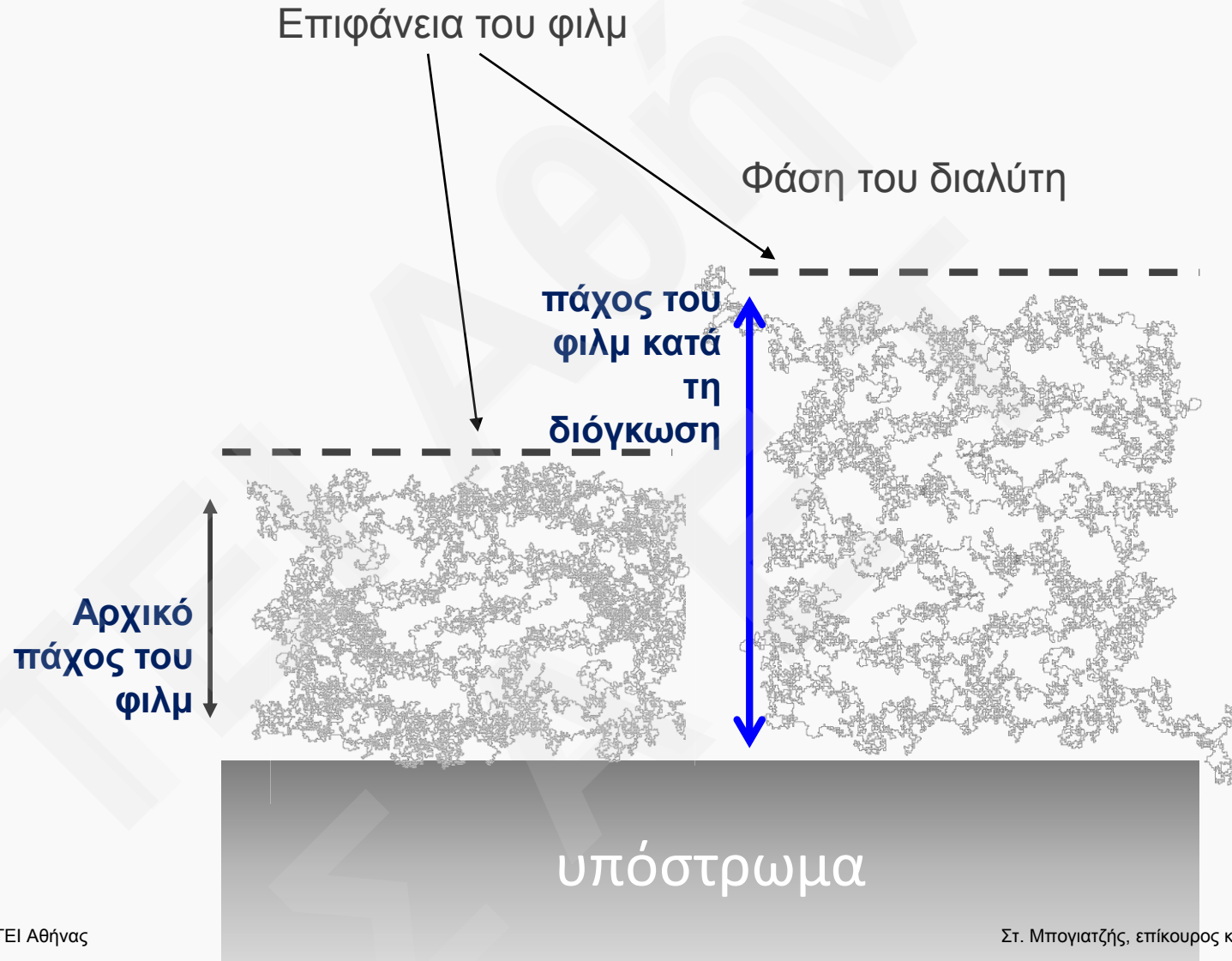


αιθανόλη	29.70
DMSO	26.40
μεθανόλη	29.70
προπυλενογλυκόλη	30.70
αιθυλενογλυκόλη	34.90

Διαλυτοποίηση και διόγκωση (1 από 2)

- Θέλουμε να αφαιρέσουμε από το αντικείμενο ή έργο τέχνης ένα οξειδωμένο στρώμα **βερνικιού ή ρητίνης**.
- Η χρήση του διαλύτη δεν διαλυτοποιεί το υλικό με τον τρόπο που διαλυτοποιούνται τα συνήθη μικρά μόρια, αλλά προκαλεί **διόγκωση του στερεού** και τη μεταβολή του σε ένα είδος «ζελέ» (ή πηκτή = gel).
- Ο διαλύτης δηλαδή, **διεισδύει** ανάμεσα στα μακρομόρια και τα απομακρύνει μεταξύ τους.

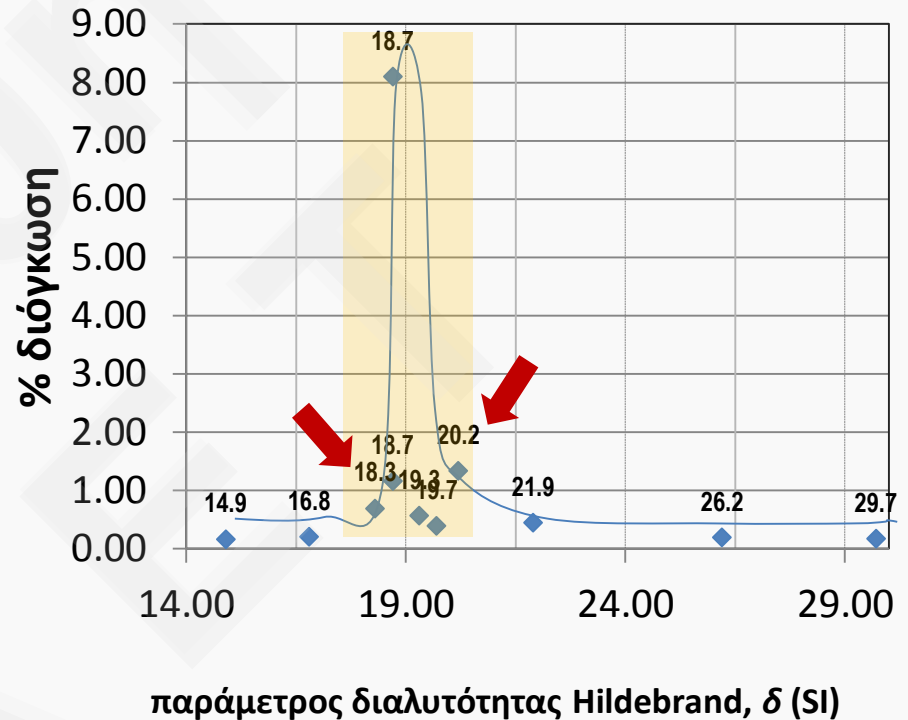
Διαλυτοποίηση και διόγκωση (2 από 2)



Αναδημιουργία από "Polymer 2D",
by Prokofiev available under CC BY-SA 3.0

Αφαίρεση στρώματος φυσικού πολυμερούς με διαλύτες (1 από 2)

- Υπολογίζεται η διόγκωση ενός στρώματος πολυμερισμένου λινελαίου αφού επιδράσουμε με διάφορους διαλύτες.
- Το **χλωροφόρμιο (δ 18.7)** διογκώνει το φιλμ του λινελαίου **έξη φορές** περισσότερο από το **διχλωροαιθάνιο (δ 20.2)** και **δέκα φορές** περισσότερο από το **τολουόλιο (δ 18.3)**.

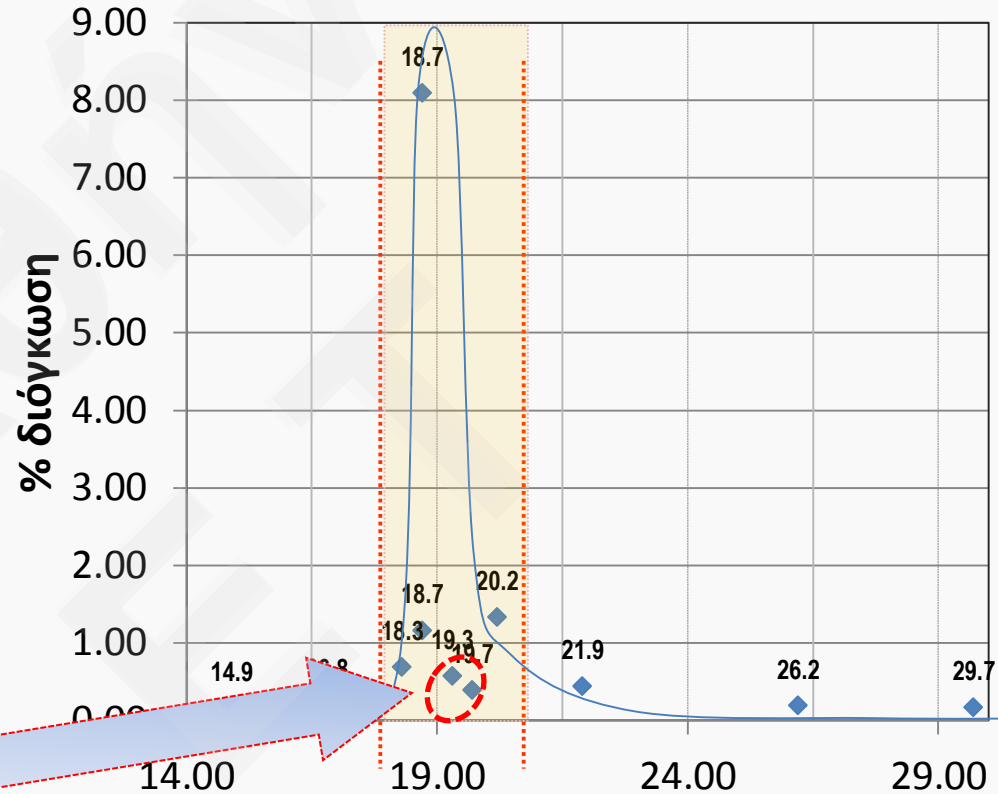


(Burke, J., Solubility Parameters and Application, *The Book and Paper Group, J. American Inst. for Conserv.*, v. 3, 1984)

Αφαίρεση στρώματος φυσικού πολυμερούς με διαλύτες (2 από 2)

- Διαλύτες με παράμετρο διαλυτότητας μεταξύ 19 και 20 αναμένεται να διογκώνουν σε μεγάλο βαθμό το φιλμ.

Προσέξτε την περίπτωση της **ακετόνης** και της **μεθυλο-αιθυλοκετόνης**. Διόγκωση: περίπου **20 φορές λιγότερη** από εκείνη με χλωροφόρμιο



παράμετρος διαλυτότητας Hildebrand, δ (SI)

(Burke, J., Solubility Parameters and Application, *The Book and Paper Group, J. American Inst. for Conserv.*, v. 3, 1984

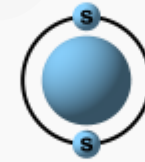
Στ. Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής

Διαχωρισμός των δυνάμεων συνοχής

- Τα προβλήματα στην ερμηνεία της διαλυτοποίησης υλικών με τη χρήση των παραμέτρων διαλυτότητας του Hildebrand αντιμετωπίζεται εάν **διαχωρίσουμε** τις δυνάμεις συνοχής, σε επί μέρους διαμοριακές δυνάμεις ανάλογα με το **είδος των μορίων**.

Τα μόρια των ευγενών αερίων

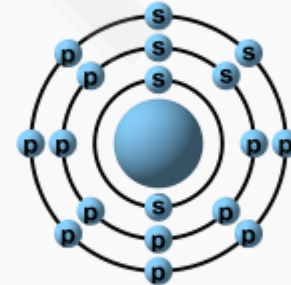
- Τα μόρια των ευγενών αερίων (**He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn**) είναι μονατομικά.
- Γιαυτό μελετώνται πιο εύκολα από μεγαλύτερα, πολυατομικά μόρια.
- Ας δούμε τι συμβαίνει σε αυτά: Τα ηλεκτρόνια που κινούνται γύρω από τον πυρήνα των ατόμων τους δημιουργούν ένα μαγνητικό πεδίο που είναι (κατά μέσο όρο) ομοιόμορφα κατανεμημένο στο χώρο του ατόμου.



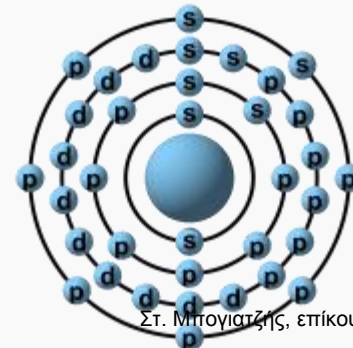
${}^2\text{He}$



${}^{10}\text{Ne}$



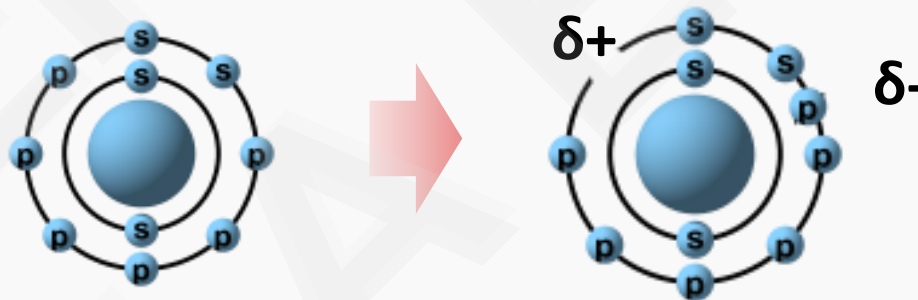
${}^{28}\text{Ar}$



${}^{36}\text{Kr}$

Εμφάνιση διπόλων στα ευγενή αέρια

- Η κίνηση των ηλεκτρονίων όμως δεν είναι «συντονισμένη».
- Αποτέλεσμα: κάποια χρονική στιγμή τα πιο πολλά από τα κινούμενα ηλεκτρόνια θα βρεθούν σε μια περιοχή του χώρου γύρω από το άτομο.
- Αυτές οι περιοχές θα έχουν **αρνητικό φορτίο**
- Το αρνητικό φορτίο είναι **στιγμαίο**, δηλ. την επόμενη στιγμή καταστρέφεται και σχηματίζεται σε άλλη περιοχή του μορίου.

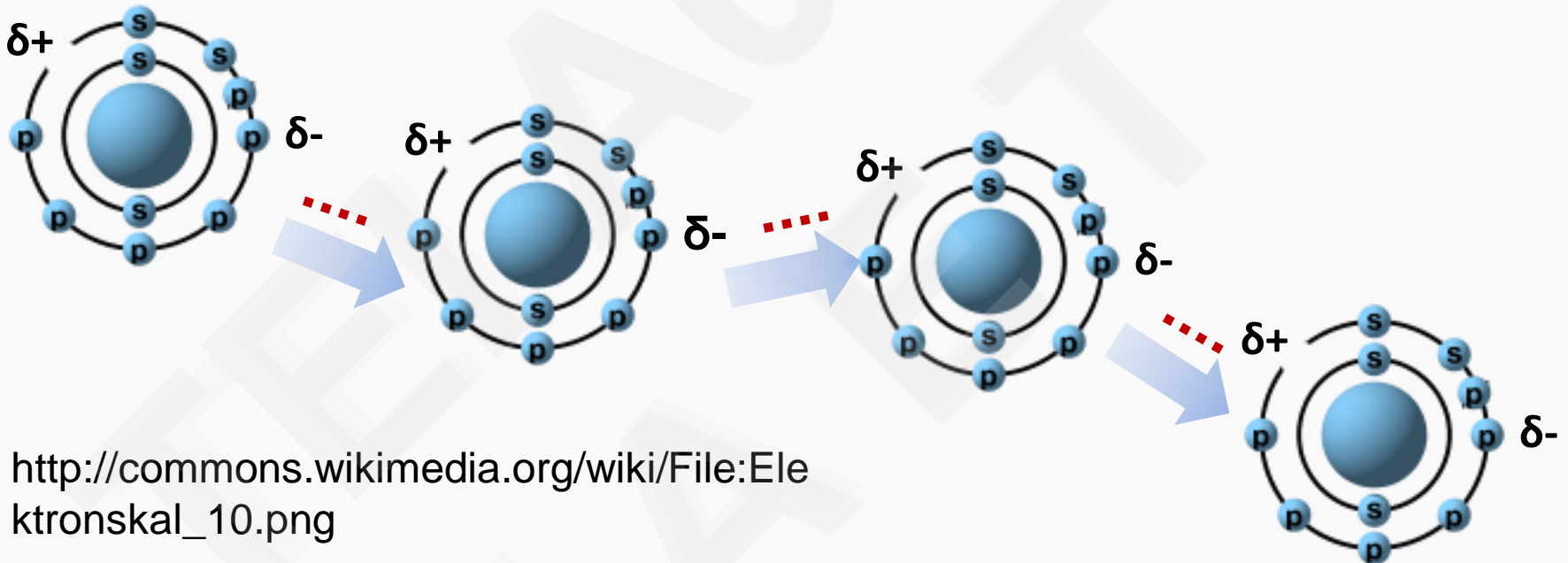


- Την ίδια στιγμή, σε άλλη περιοχή του μορίου θα εμφανίζεται ένα **θετικό φορτίο**.

- Συνεπώς, σχηματίζεται ένα **στιγμαίο δίπολο**.

Δυνάμεις διπόλων εξ επαγωγής στο άτομο του Ne

- Άτομο (= μόριο) του στοιχείου ^{10}Ne : Ας δούμε τι συμβαίνει σε ένα στιγμιότυπο.

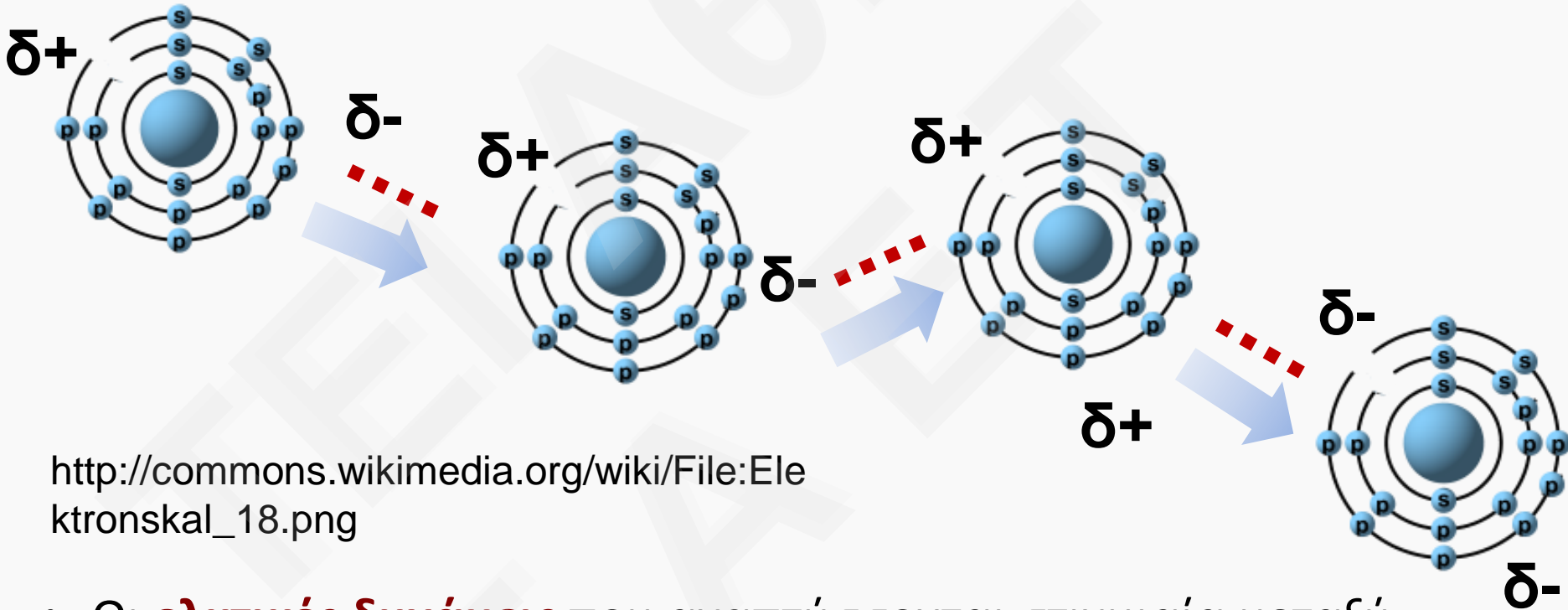


http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elektronskal_10.png

- Αναπτύσσονται εξ επαγωγής **ελκτικές δυνάμεις** μεταξύ των στιγμιαίων διπόλων.

Δυνάμεις Van der Waals στο άτομο του Ar

- Άτομο (= μόριο) του στοιχείου ^{18}Ar : Ας δούμε τι συμβαίνει σε ένα στιγμιότυπο.

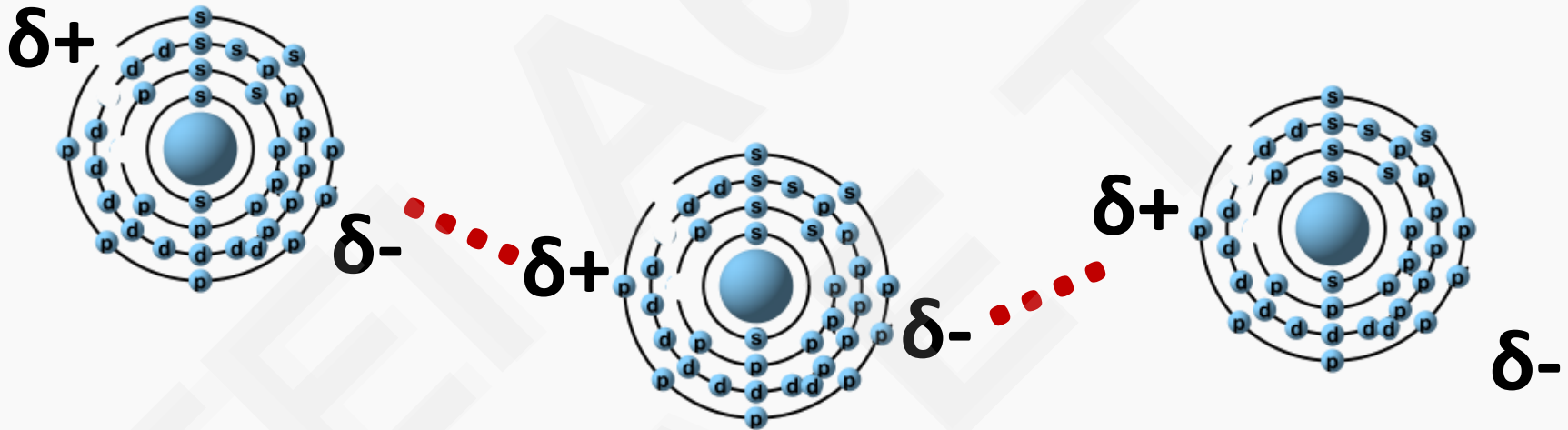


http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elektronskal_18.png

- Οι **ελκτικές δυνάμεις** που αναπτύσσονται στιγμιαία μεταξύ των παροδικών διπόλων είναι **πιο έντονες**

Δυνάμεις Van der Waals στο άτομο του Kr

- Άτομο (= μόριο) του στοιχείου ^{36}Kr : Ας δούμε τι συμβαίνει σε ένα στιγμιότυπο.

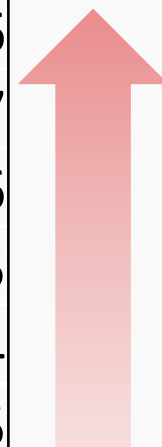


- Οι **ελκτικές δυνάμεις** που αναπτύσσονται στιγμιαία μεταξύ των παροδικών διπόλων είναι **ακόμα πιο έντονες**

Πως επηρεάζουν οι διαμοριακές δυνάμεις τις φυσικές ιδιότητες των ευγενών αερίων

Η αύξηση της έντασης των διαμοριακών δυνάμεων van der Waals έχει σημαντική επίδραση στη θερμοκρασία βρασμού (ή υγροποίησης) των ευγενών αερίων.

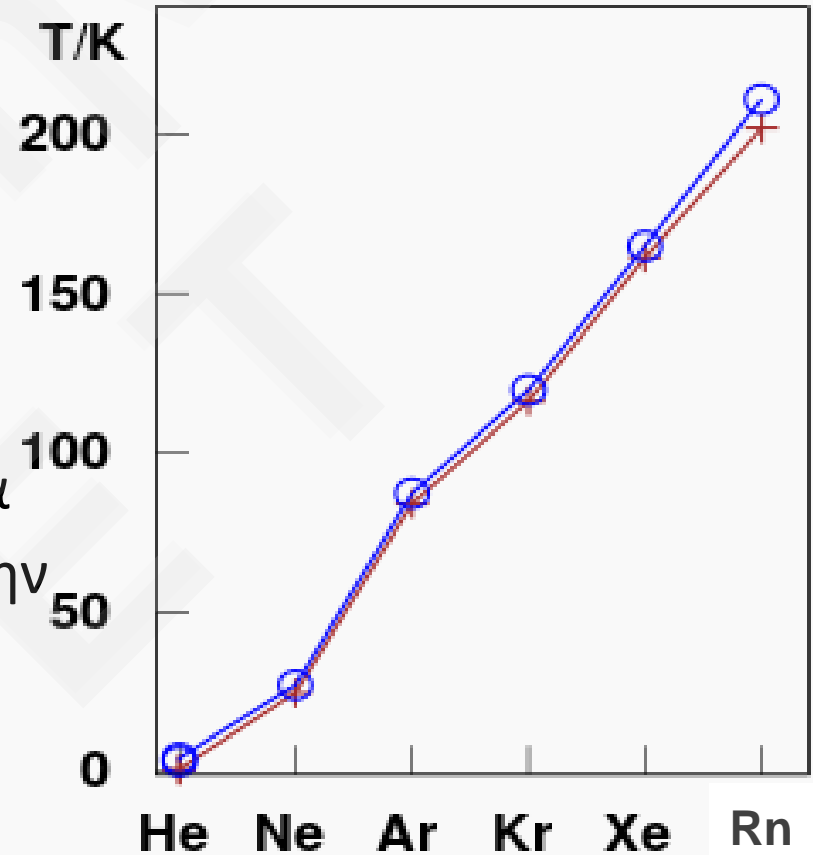
Θερμοκρασία βρασμού		
	K	°C
He	4.4	-268.6
Ne	27.3	-245.7
Ar	87.4	-185.6
Kr	121.5	-151.5
Xe	166.6	-106.4
Rn	211.5	-61.5



Δυσκολία υγροποίησης

Συμπερασματικά : εξ επαγωγής δίπολα στα ευγενή αέρια

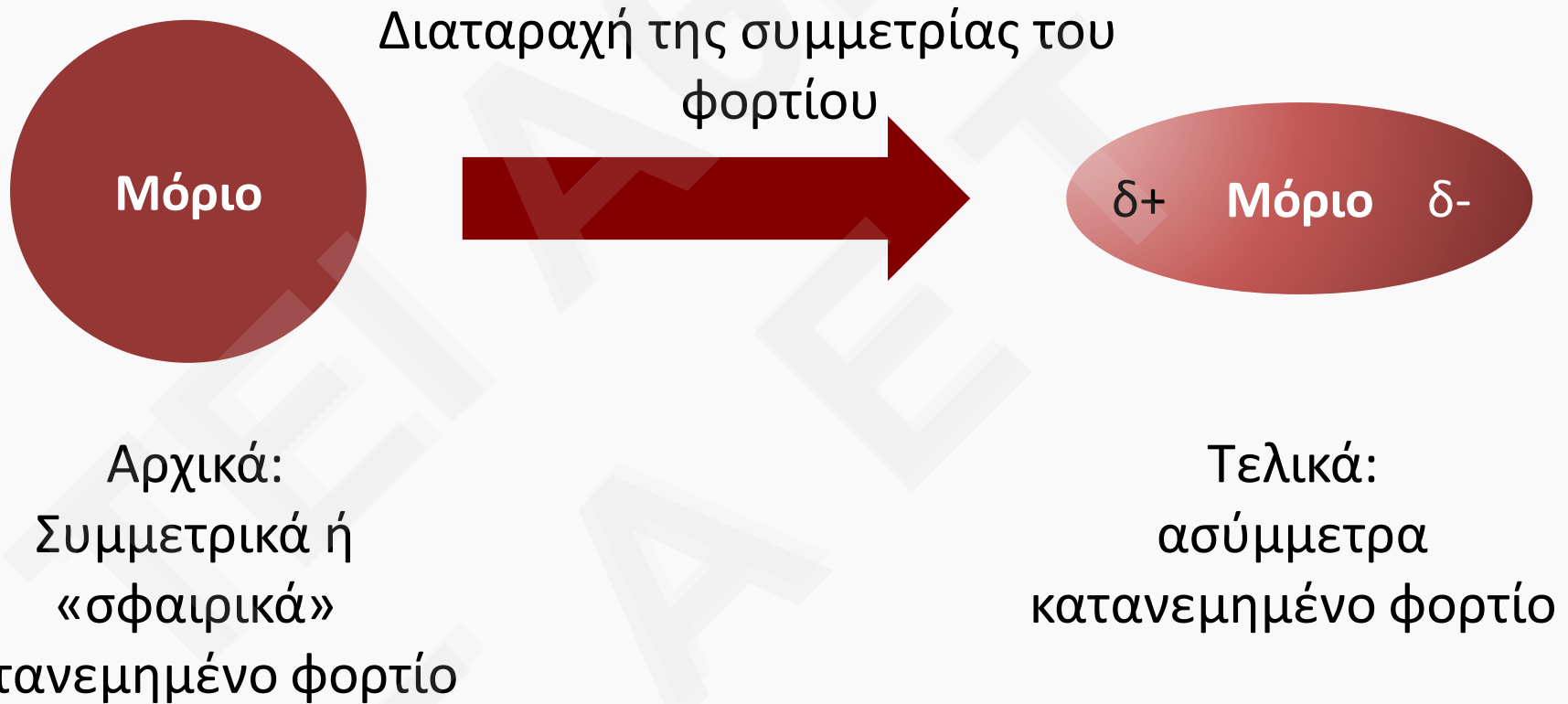
- Οι ελκτικές δυνάμεις αυξάνουν τη **συνοχή** μεταξύ των μορίων.
- Συνοχή σημαίνει ότι απαιτείται ενέργεια για να απομακρύνει τα μόρια μεταξύ τους.
- Δηλαδή, σημαντική ενέργεια π.χ. για να μεταβούν από την υγρή φάση στην αέρια (υγροποίηση, σημείο βρασμού).
- Τα σημεία **τήξης** και **βρασμού** των ευγενών αερίων έχουν τη σχέση **He < Ne < Ar < Kr < Xe < Rn.**



“Noble gases phase transitions”,
by Iridos available under public domain

Στ. Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής

Εμφάνιση δυνάμεων διασποράς



Δυνάμεις διασποράς London (1 από 2)

- Οι δυνάμεις που ασκούνται στα εξ επαγωγής δίπολα μεταξύ μη πολικών μορίων καλούνται **δυνάμεις διασποράς London**.



(Fritz London 1900-1954).

“London, Fritz 1928 München”,
by [GFHund](#) available under [CC BY 3.0](#)

Δυνάμεις διασποράς London (2 από 2)

- Οι δυνάμεις διασποράς London είναι εντονότερες όταν η εξωτερική επιφάνεια του μορίου είναι μεγαλύτερη.
- Γιαυτό το **Ήλιο** (το μικρότερο μόριο, $Z=2$) υγροποιείται δύσκολα, στους 4K (ή -269°C), ενώ το **Ξένο** ($Z=54$) στους 165K ή -108°C).



"2 Helium", by [File Upload Bot \(Magnus Manske\)](#) available under public domain

Ενέργεια συνοχής των μορίων (1 από 2)

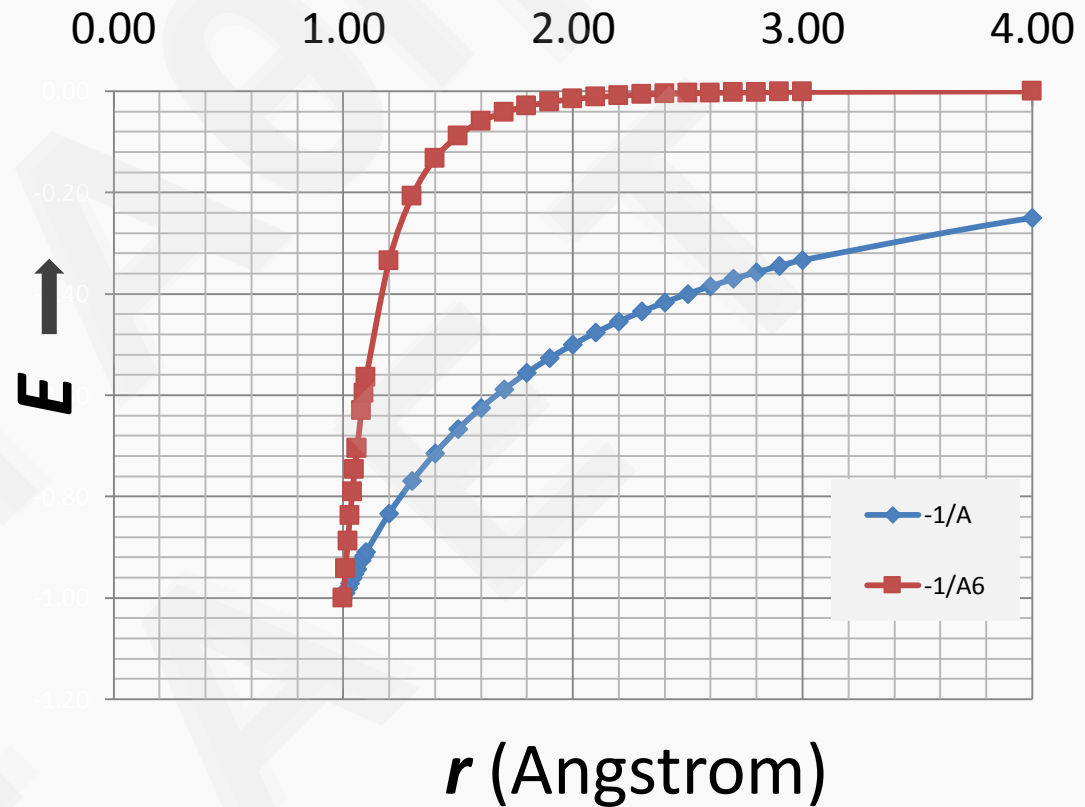
- Η ενέργεια συνοχής εξαρτάται από τη φύση των μορίων (και συνεπώς από τη φύση της δημιουργίας ηλεκτρικών φορτίων σε αυτά), καθώς και από την απόσταση μεταξύ τους.
- Είναι μάλιστα αντιστρόφως ανάλογη της έκτης δύναμης της απόστασης αυτής :

$$\text{ενέργεια συνοχής} \quad \varepsilon = - \frac{A}{r^6}$$

- Αυτό σημαίνει ότι συμβαίνει **δραματική μείωση** των δυνάμεων αυτών με μικρή μόνο μείωση της απόστασης r .

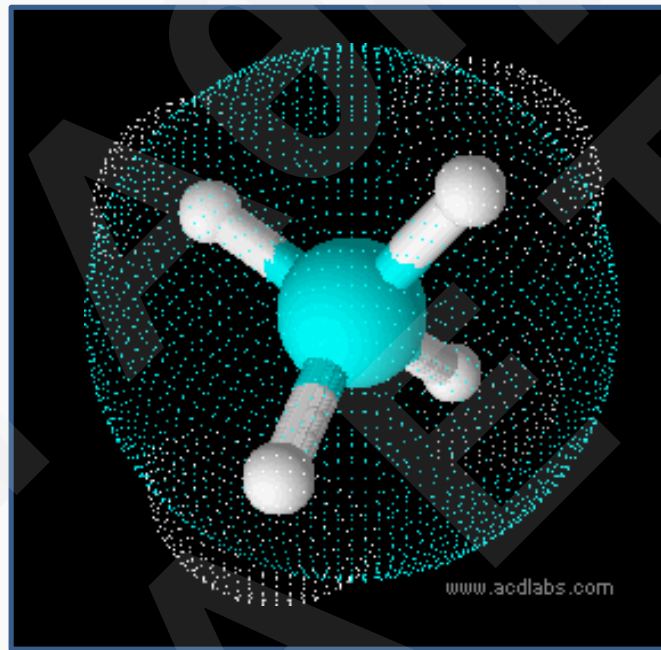
Ενέργεια συνοχής των μορίων (2 από 2)

$$\varepsilon = -\frac{A}{r^6}$$



Δυνάμεις Van der Waals στα πολυατομικά μόρια (1 από 3)

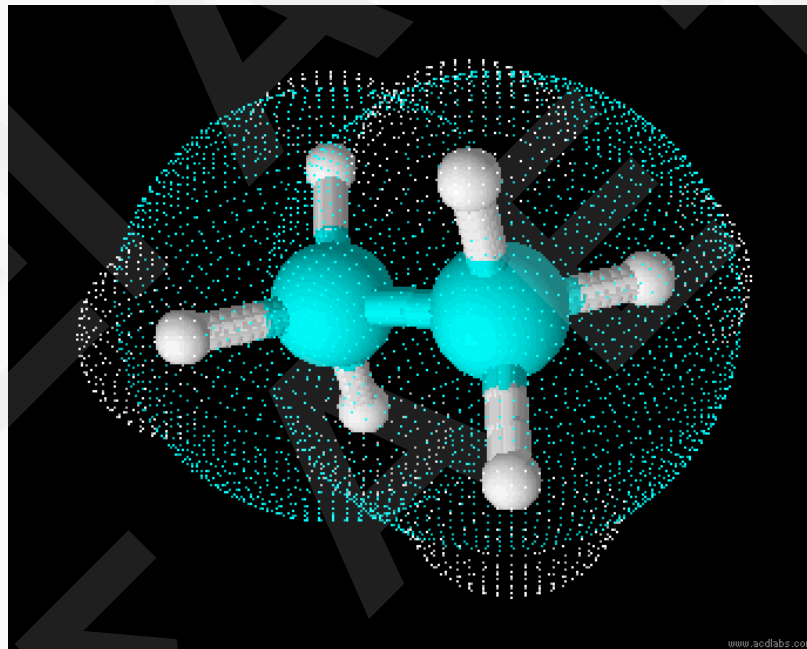
- **Μόριο του μεθανίου:** Ας δούμε τι συμβαίνει σε ένα στιγμιότυπο.



- Στιγμιαία, αναπτύσσονται **παροδικά δίπολα** .
- Αποτέλεσμα: **ελκτικές δυνάμεις** μεταξύ των παροδικών διπόλων.

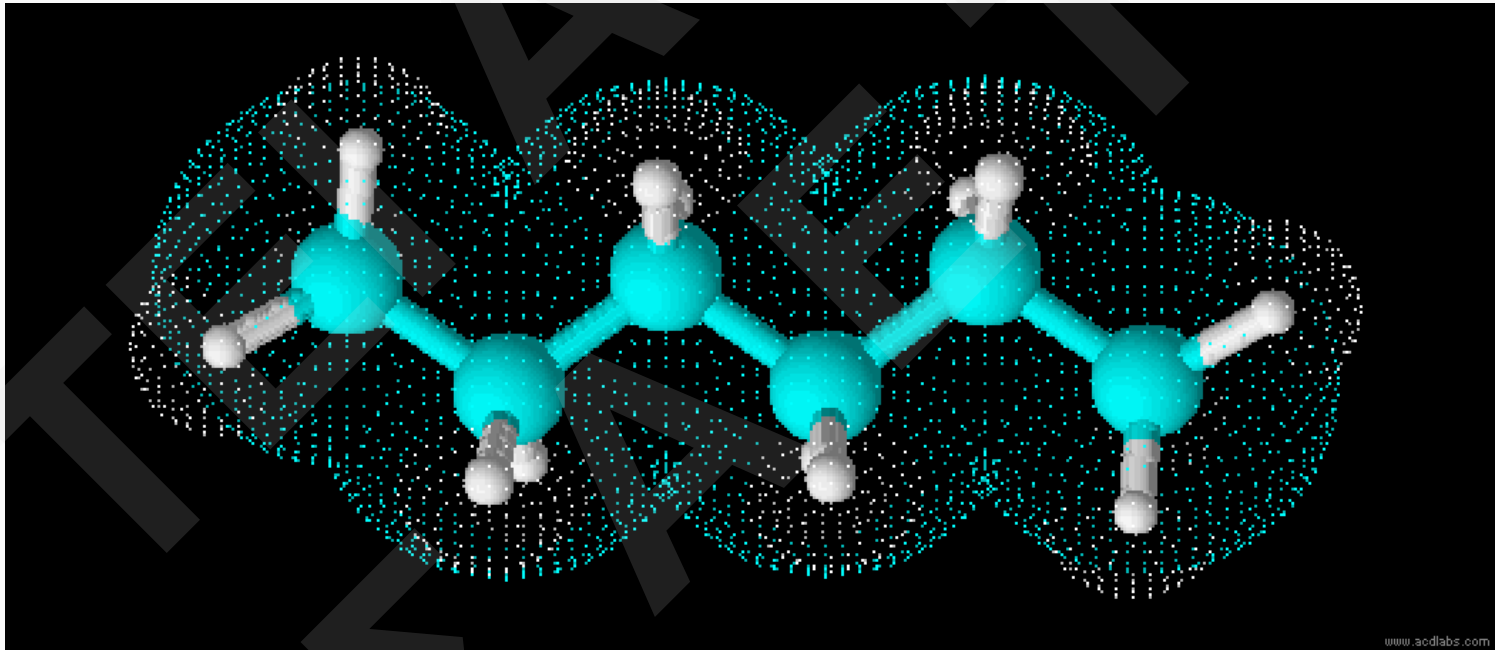
Δυνάμεις Van der Waals στα πολυατομικά μόρια (2 από 3)

- Σε μεγαλύτερα μόρια υδρογονανθράκων (αιθάνιο) : τα παροδικά δίπολα είναι εντονότερα.
- Αποτέλεσμα: οι ελκτικές δυνάμεις μεγαλύτερες.



Δυνάμεις Van der Waals στα πολυατομικά μόρια (3 από 3)

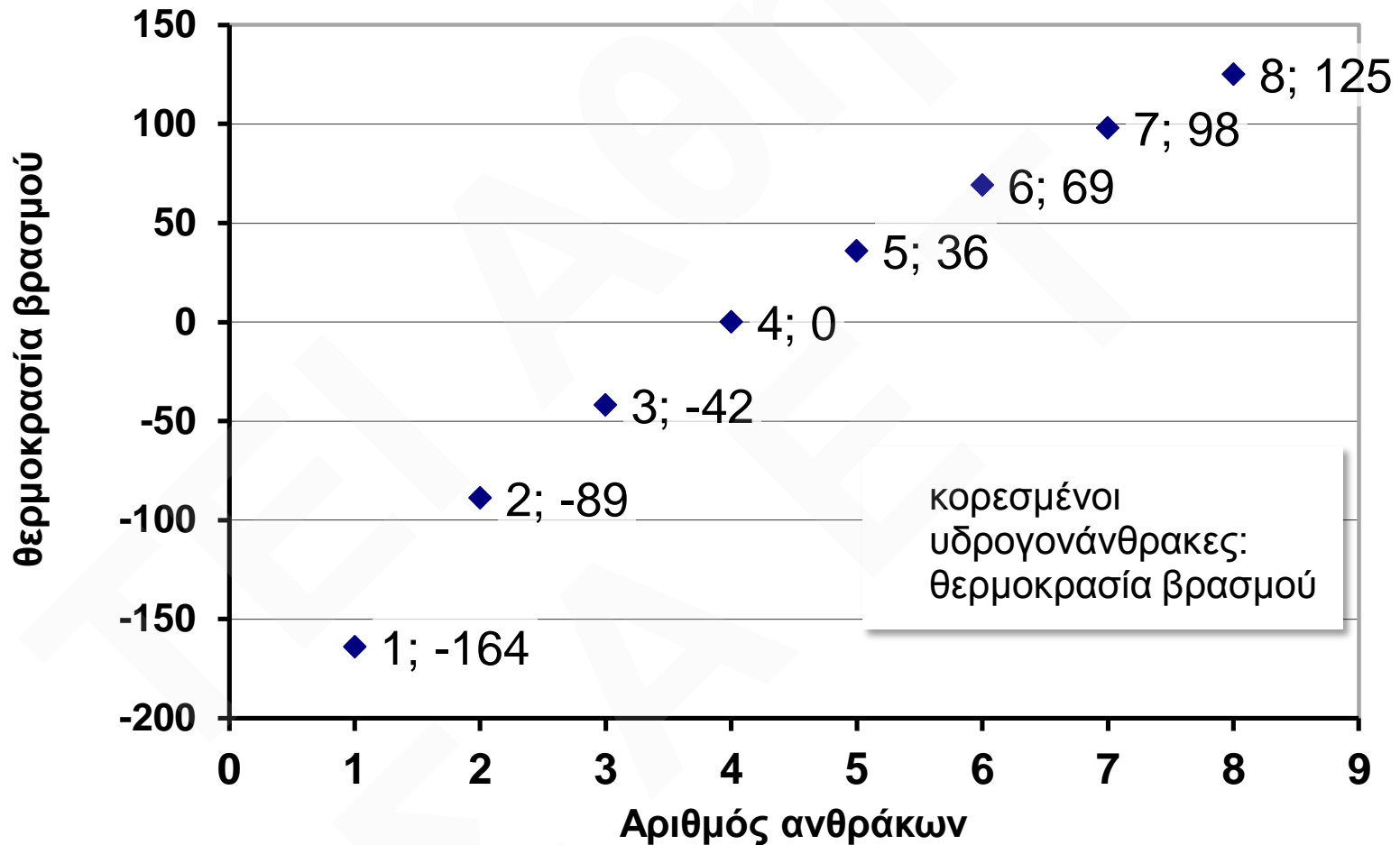
- Σε μεγαλύτερα μόρια υδρογονανθράκων (εξάνιο) : τα παροδικά δίπολα είναι ακόμα πιο έντονα.
- Αποτέλεσμα: οι ελκτικές δυνάμεις πολύ μεγαλύτερες.



Διαμοριακές ελκτικές δυνάμεις στους υδρογονάνθρακες

- Μεγαλύτερες διαμοριακές ελκτικές δυνάμεις σημαίνει μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για να ξεχωρίσουν τα μόρια μεταξύ τους.
- Άρα και δυσκολότερη τήξη και υγροποίηση.

Θερμοκρασίες βρασμού υδρογονανθράκων



Που εμφανίζονται οι δυνάμεις διασποράς;

- Οι δυνάμεις διασποράς εμφανίζονται σε **όλα** τα οργανικά μόρια.
- Μεταβάλλεται το ποσοστό συνεισφοράς τους, ανάλογα με το είδος των μορίων
- Εμφανίζονται ακόμα και στο **νερό**, όπου δεν υπάρχουν άτομα άνθρακα

Βιβλιογραφία

- Wypych G., Handbook of Solvents, ChemTec Publishing, Toronto-New York, 2000
- Burke, J., Solubility Parameters and Application, The Book and Paper Group, J. American Inst. for Conserv., v. 3, 1984;
<http://aic.stanford.edu/sg/bpg/annual/v03/bp03-04.html>
- Bishop, An Introduction to Chemistry, e-book (ελεύθερο), κεφ. 15 , http://preparatorychemistry.com/Bishop_iBook_CF.htm
- Moncrieff, A. and; Weaver, G; Science for Conservators Book 2: Cleaning. Conservation Unit/Routledge 1987
- Torraca, G; Solubility and solvents for conservation problems. ICCROM, Rome 1978

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ