



Επιστήμη Υλικών II (Θ)

Ενότητα 4 : Τριγωνικό Διάγραμμα Διαλυτότητας.
Το νερό ως διαλύτης.

Σταμάτης Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής
Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων & Έργων Τέχνης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Κλασματικές παράμετροι διαλυτότητας (παράμετροι Teas)

- Οι τρεις κλασματικές παράμετροι διαλυτότητας που σχηματίζονται με τον παραπάνω τρόπο είναι :

$$f_d = \frac{\delta_d}{\delta_d + \delta_p + \delta_h}$$

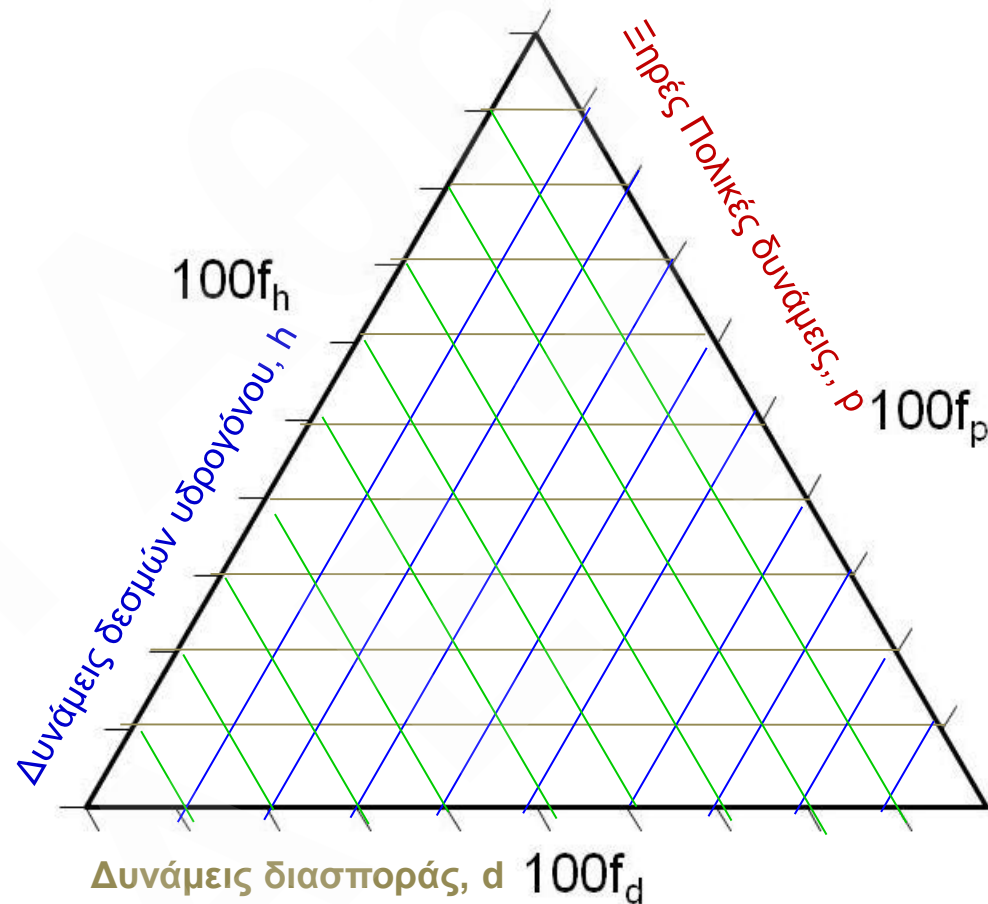
$$f_p = \frac{\delta_p}{\delta_d + \delta_p + \delta_h}$$

$$f_h = \frac{\delta_h}{\delta_d + \delta_p + \delta_h}$$

$$f_d + f_p + f_h = 1$$

Στην πράξη χρησιμοποιούνται οι παράμετροι **$100f_d$** , **$100f_p$** , και **$100f_h$** .

Το τριγωνικό διάγραμμα διαλυτότητας (ή διάγραμμα Teas)

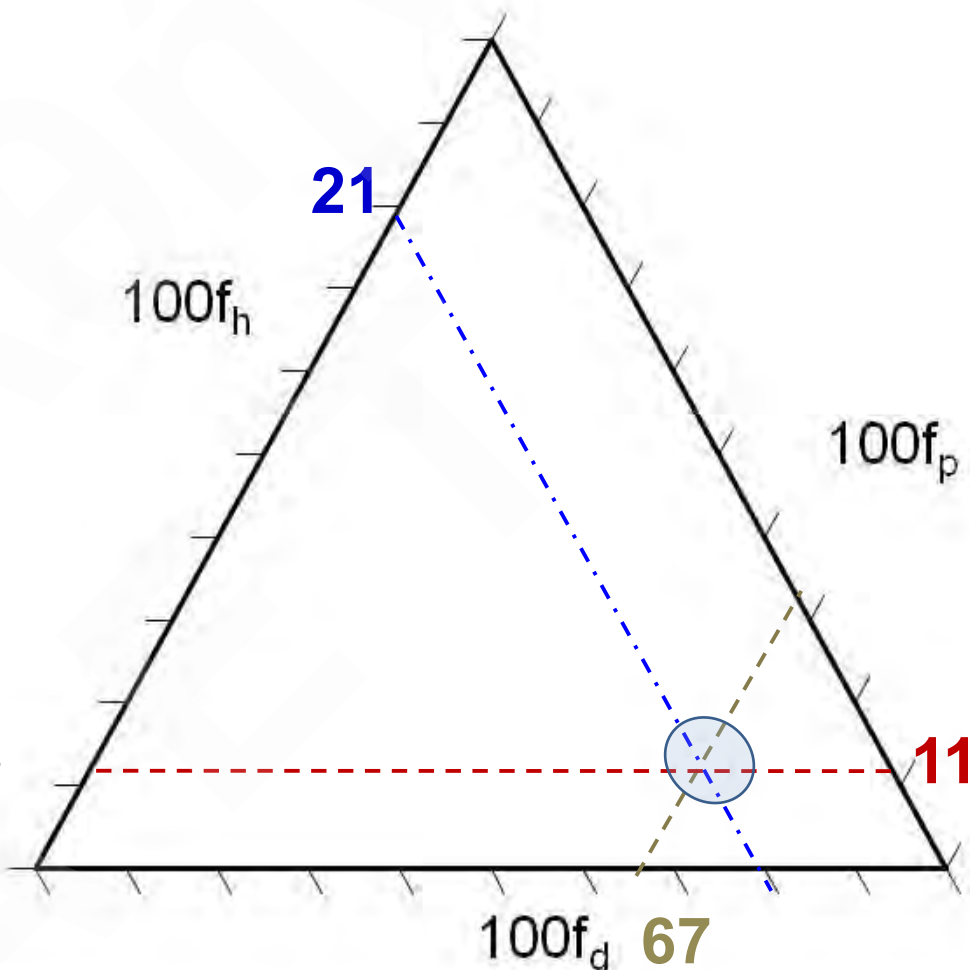


Η σημασία της θέσης στο τριγωνικό διάγραμμα

Χλωροφόρμιο

$$f_d=68, f_p=11, f_h=21$$

Εάν μια ρητίνη (βερνίκι) έχει τη θέση της στο τρίγωνο σε περιοχή που περιλαμβάνει τη θέση του χλωροφορμίου, τότε μπορεί να απομακρυνθεί με αυτό το διαλύτη.



Μίγματα διαλυτών

- Συχνά προκύπτει η ανάγκη να χρησιμοποιηθεί μίγμα δυο ή περισσότερων διαλυτών για να επιτευχθεί αποτελεσματικότερη διαλυτοποίηση.
- Ας υποθέσουμε ότι αναμιγνύουμε **χλωροφόρμιο 30% v/v** ($f_d=68$, $f_p=11$, $f_h=21$) και **αιθανόλη 70% v/v** ($f_d=36$, $f_p=18$, $f_h=46$).

Υπολογιστική μέθοδος

- Ο «νέος» διαλύτης που θα προκύψει θα έχει :

$$100f_d = 0.3 \times 68 + 0.7 \times 36 = 45.6$$

$$100f_p = 0.3 \times 11 + 0.7 \times 18 = 15.9$$

$$100f_h = 0.3 \times 21 + 0.7 \times 46 = 38.5$$

Η θέση του μίγματος διαλυτών στο τριγωνικό διάγραμμα

χλωροφόρμιο

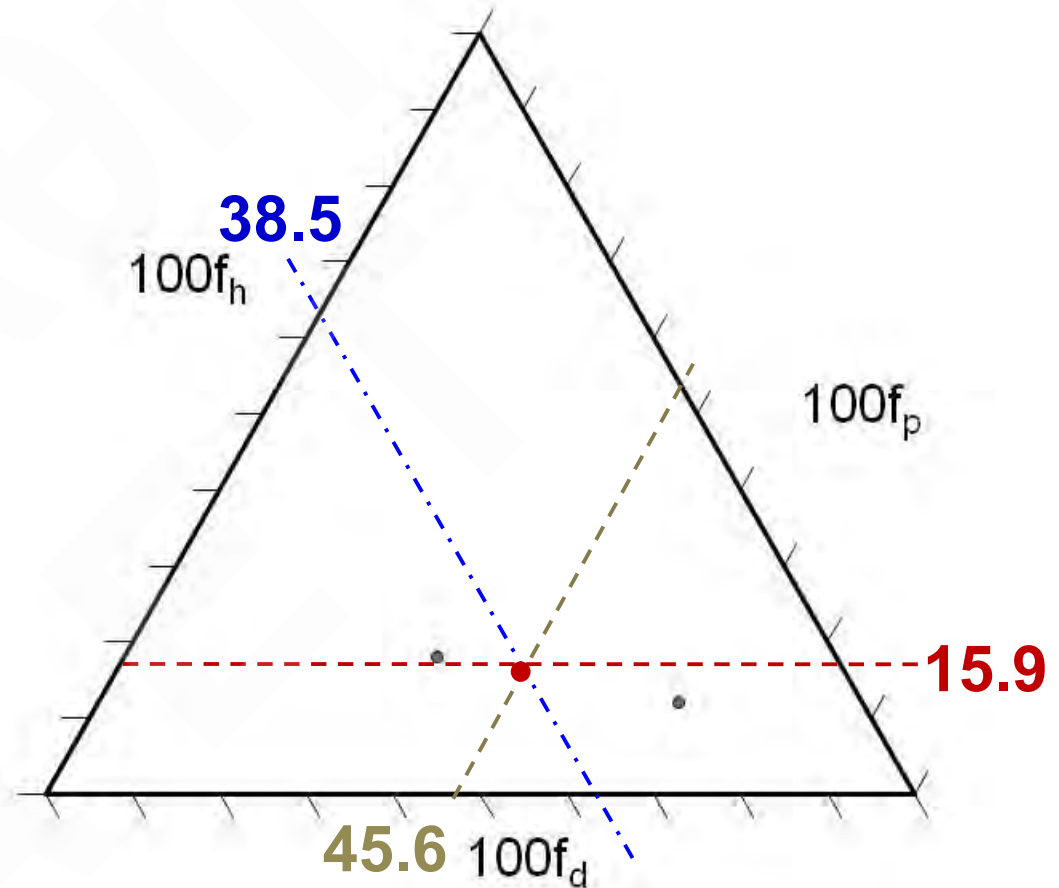
$(f_d=68, f_p=11, f_h=21)$

αιθανόλη

$(f_d=36, f_p=18, f_h=46)$

Μίγμα 30:70

$f_d=45.6, f_p=15.9, f_h=38.5$



Η θέση του μίγματος διαλυτών στο τριγωνικό διάγραμμα

Γραφική μέθοδος

χλωροφόρμιο

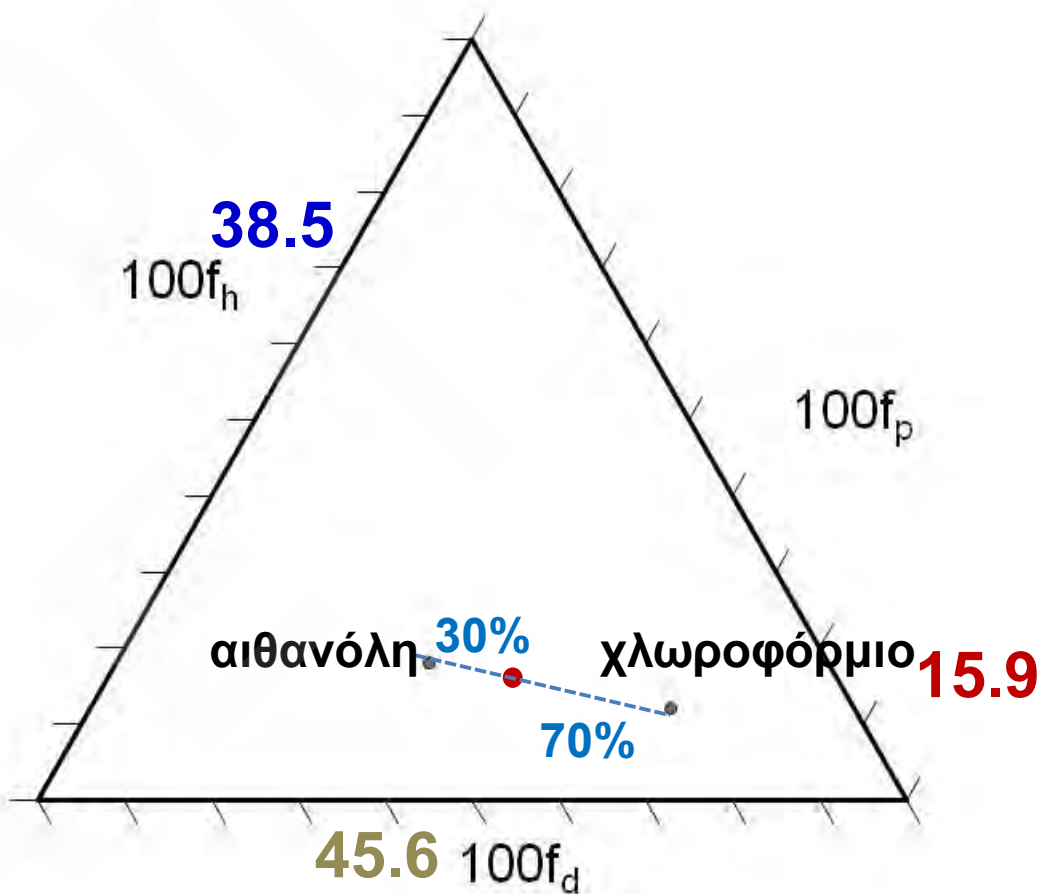
($f_d=68$, $f_p=11$, $f_h=21$)

αιθανόλη

($f_d=36$, $f_p=18$, $f_h=46$)

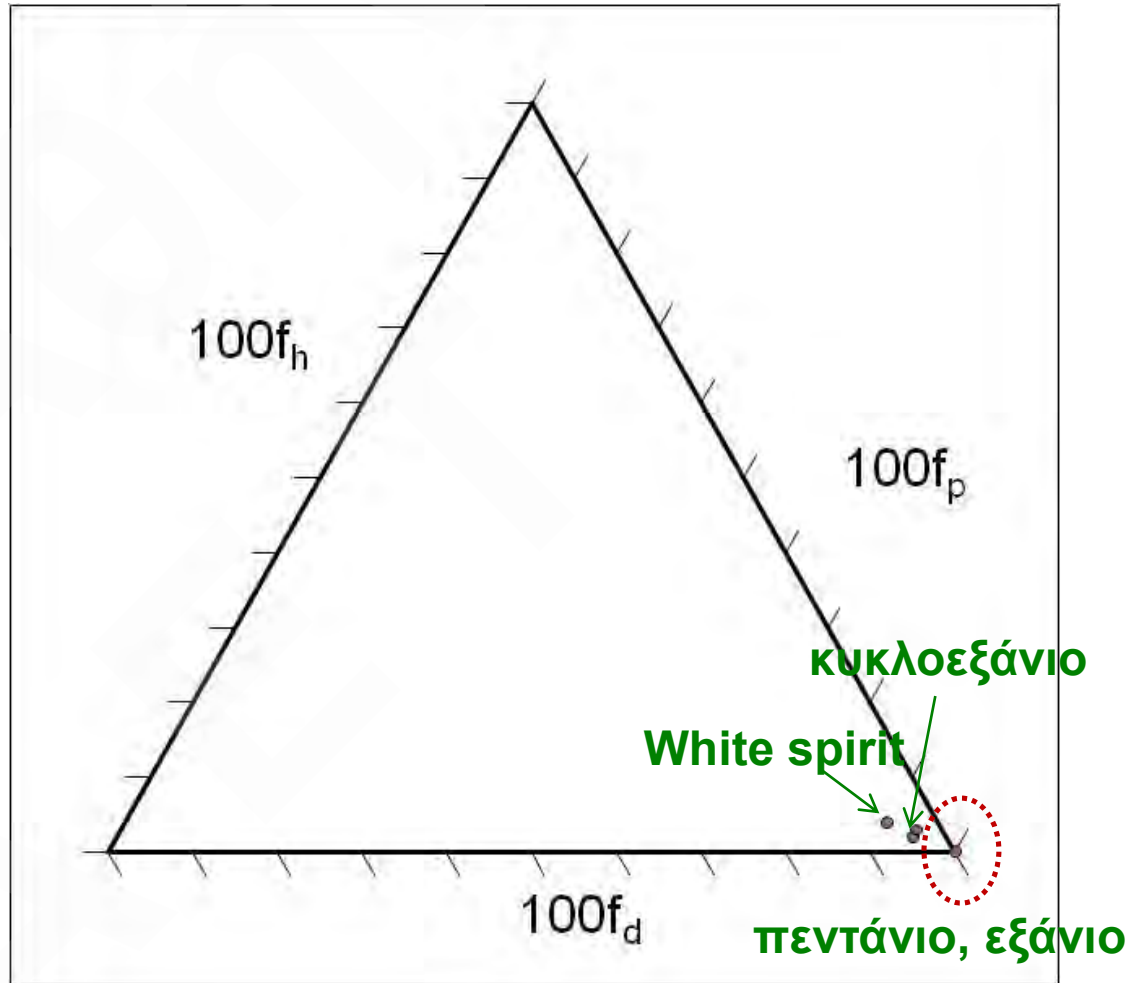
Μίγμα 30:70

$f_d=45.6$, $f_p=15.9$, $f_h=38.5$



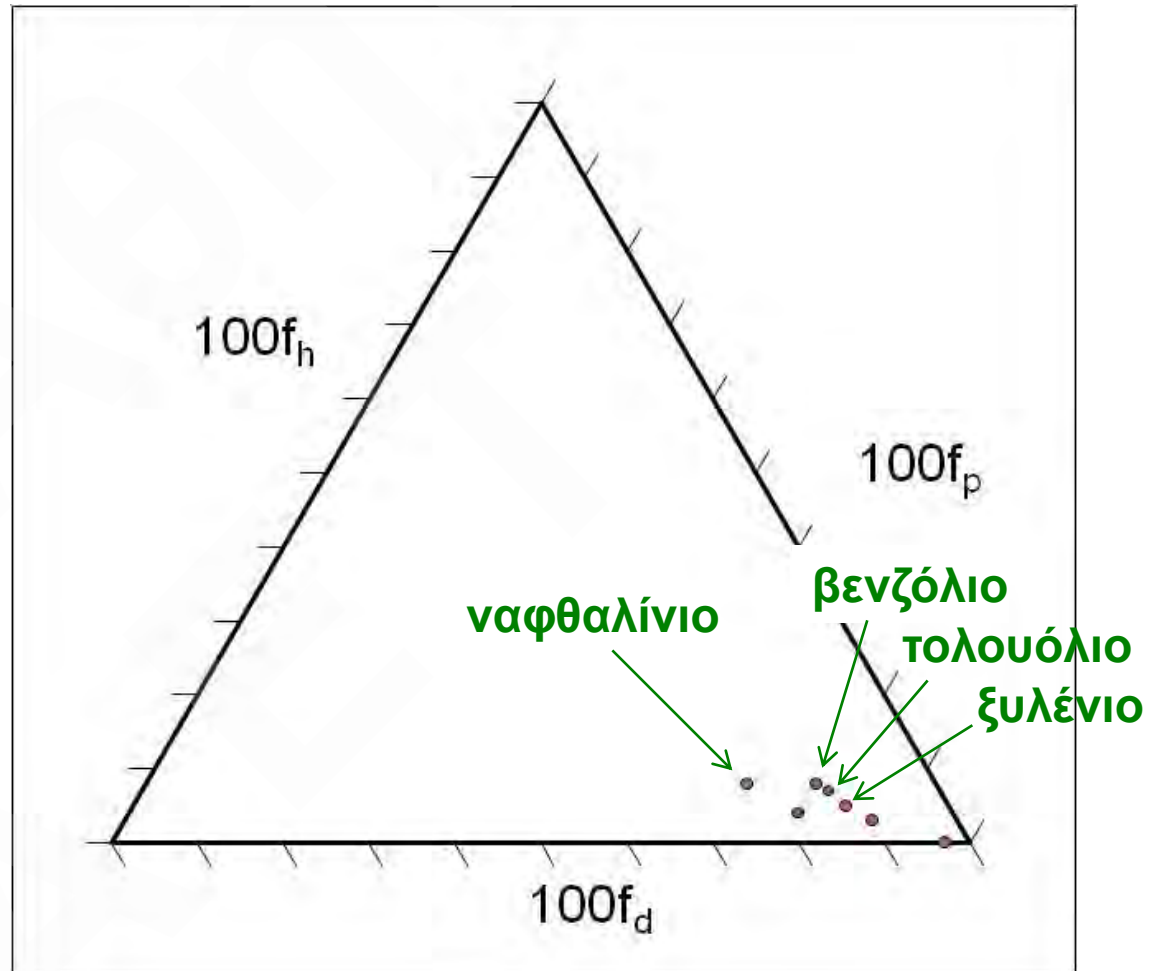
Κατηγορίες διαλυτών: αλειφατικοί και αλεικυκλικοί υδρογονάνθρακες

n-Pentane	0	100	0
n- Hexane	0	100	0
n-Heptane	0	100	0
n-Dodecane	0	100	0
Cyclohexane	2	94	4
Mineral Spirits	4	90	4



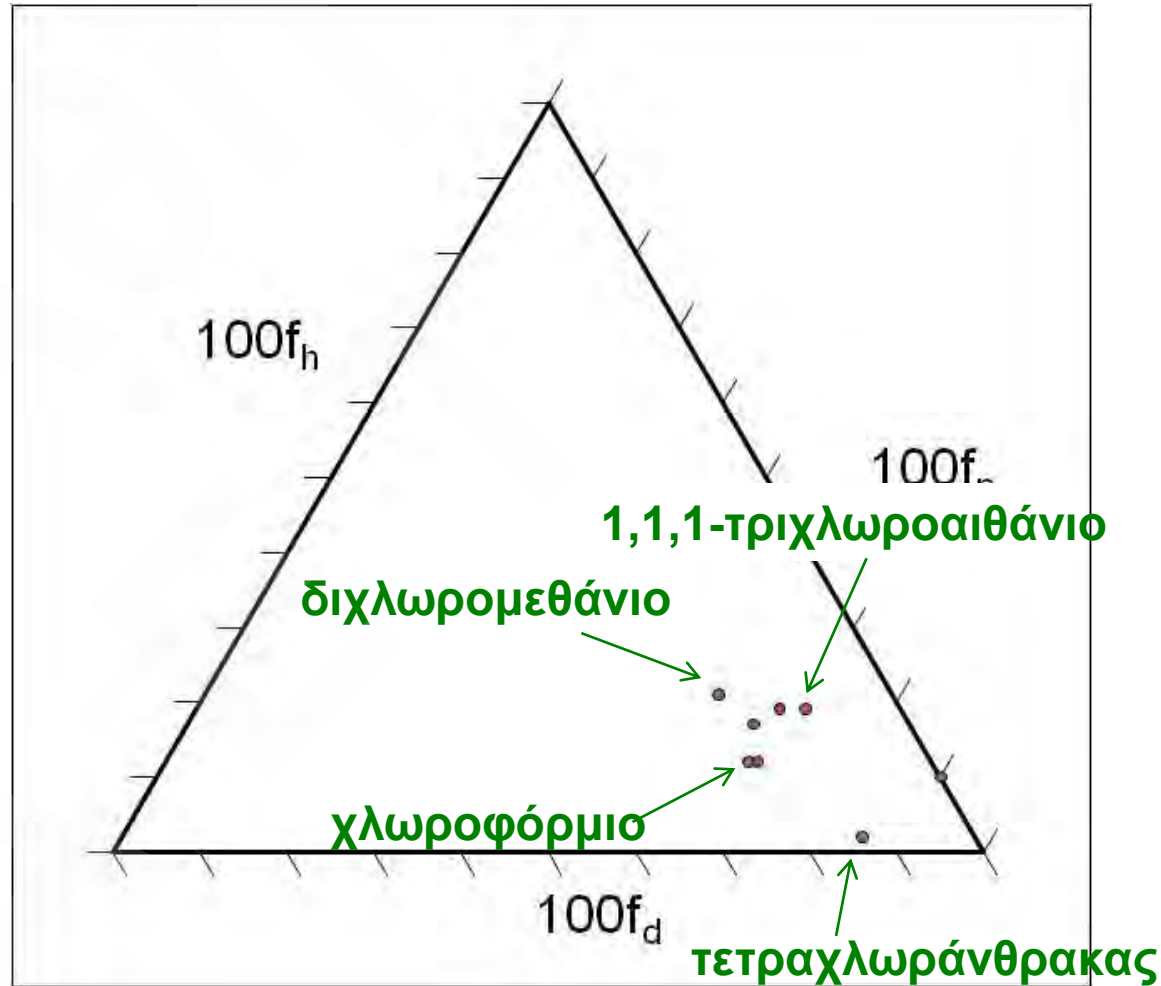
Κατηγορίες διαλυτών: αρωματικοί υδρογονάνθρακες

Benzene	8	78	14
Toluene	7	80	13
o-Xylene	5	83	12
Naphthalene	8	70	22
Styrene	4	78	18
Ethylbenzene	3	87	10
p-Diethyl benzene	0	97	3

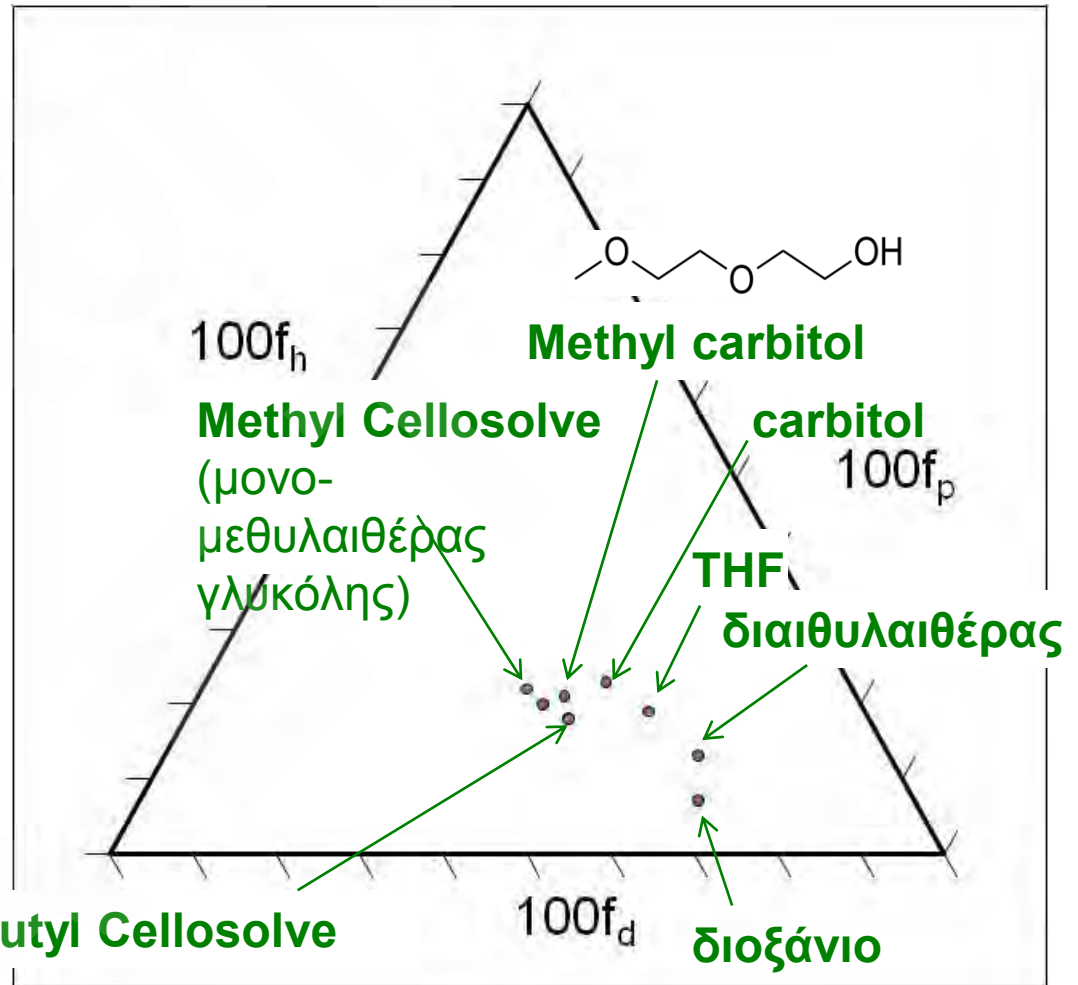


Κατηγορίες διαλυτών: χλωριωμένοι διαλύτες

Methylene chloride	21	59	20
Ethylene dichloride	19	67	14
Chloroform	12	67	21
Trichloroethylene	12	68	20
Carbon tetrachloride	2	85	13
1,1,1 Trichloroethane	19	70	11
Chlorobenzene	17	65	8
Trichlorotrifluoroethane	10	90	0

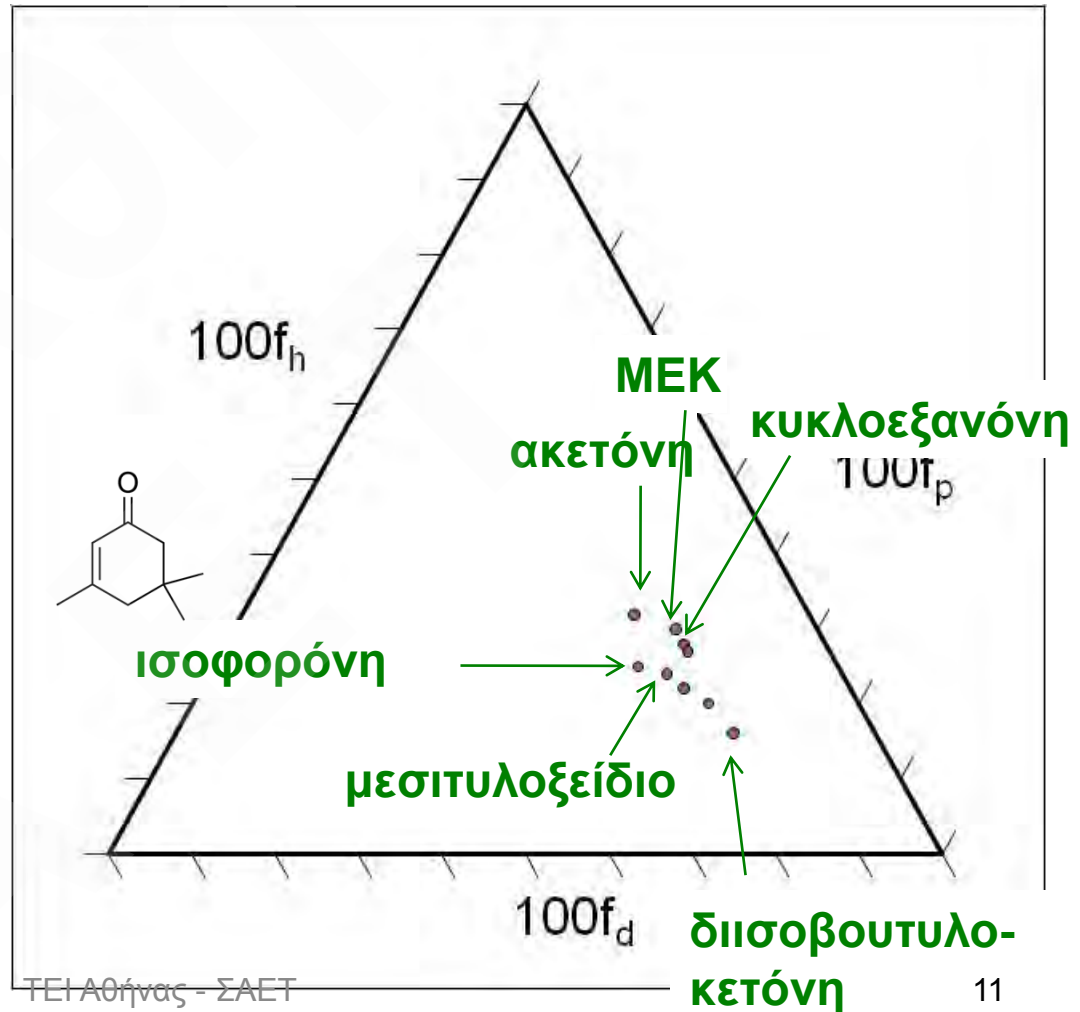


Κατηγορίες διαλυτών: αιθερικοί διαλύτες



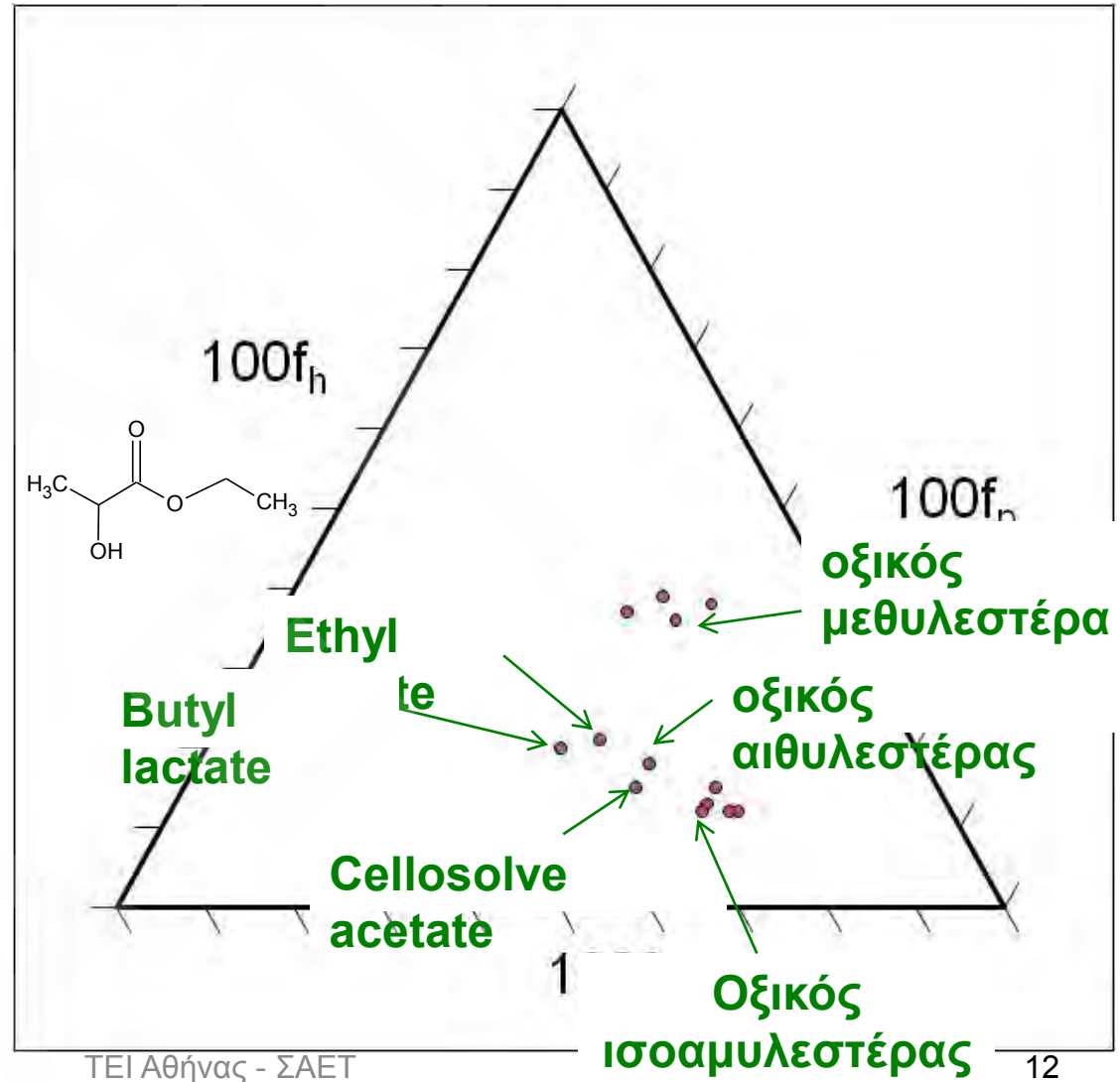
Diethyl ether	13	64	23
Tetrahydrofuran (THF)	19	55	26
Dioxane	7	67	26
Methyl Cellosolve	22	39	39
Cellosolve 8	20	42	38
Butyl Cellosolve	18	46	36
Methyl Carbitol	21	44	35
Carbitol [®]	23	48	29
Butyl Carbitol	18	46	36

Κατηγορίες διαλυτών: κετονικοί διαλύτες



Acetone	32	47	21
Methyl ethyl ketone	30	53	17
Cyclohexanone	28	55	17
Diethyl ketone	27	56	17
Mesityl oxide	24	55	21
Methyl isobutyl ketone	22	58	20
Methyl isoamyl ketone	20	62	18
Isophorone	25	51	24
Di-isobutyl ketone	16	67	17

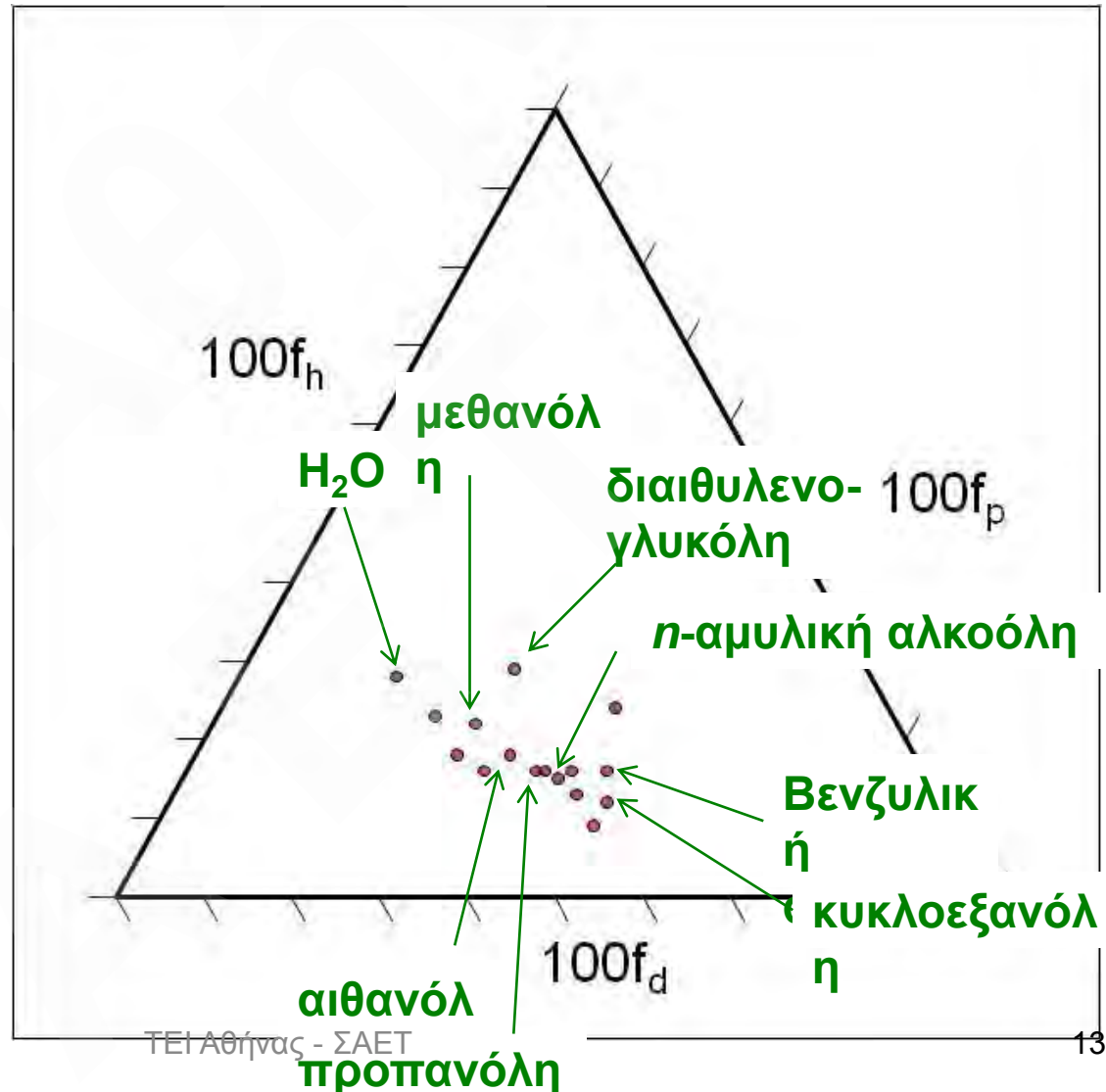
Κατηγορίες διαλυτών: εστερικοί διαλύτες



Methyl acetate	36	45	19
Propylene carbonate	38	48	14
Ethyl acetate	18	51	31
Trimethyl phosphate	37	39	24
Diethyl carbonate	12	64	24
Diethyl sulfate	39	42	19
<i>n</i> -Butyl acetate	13	60	27
Isobutyl acetate	15	60	25
Isobutyl isobutyrate	12	63	25
Isoamyl acetate	12	60	28
Cellosolve® acetate	15	51	34
Ethyl lactate	21	44	35
Butyl lactate	20	40	32

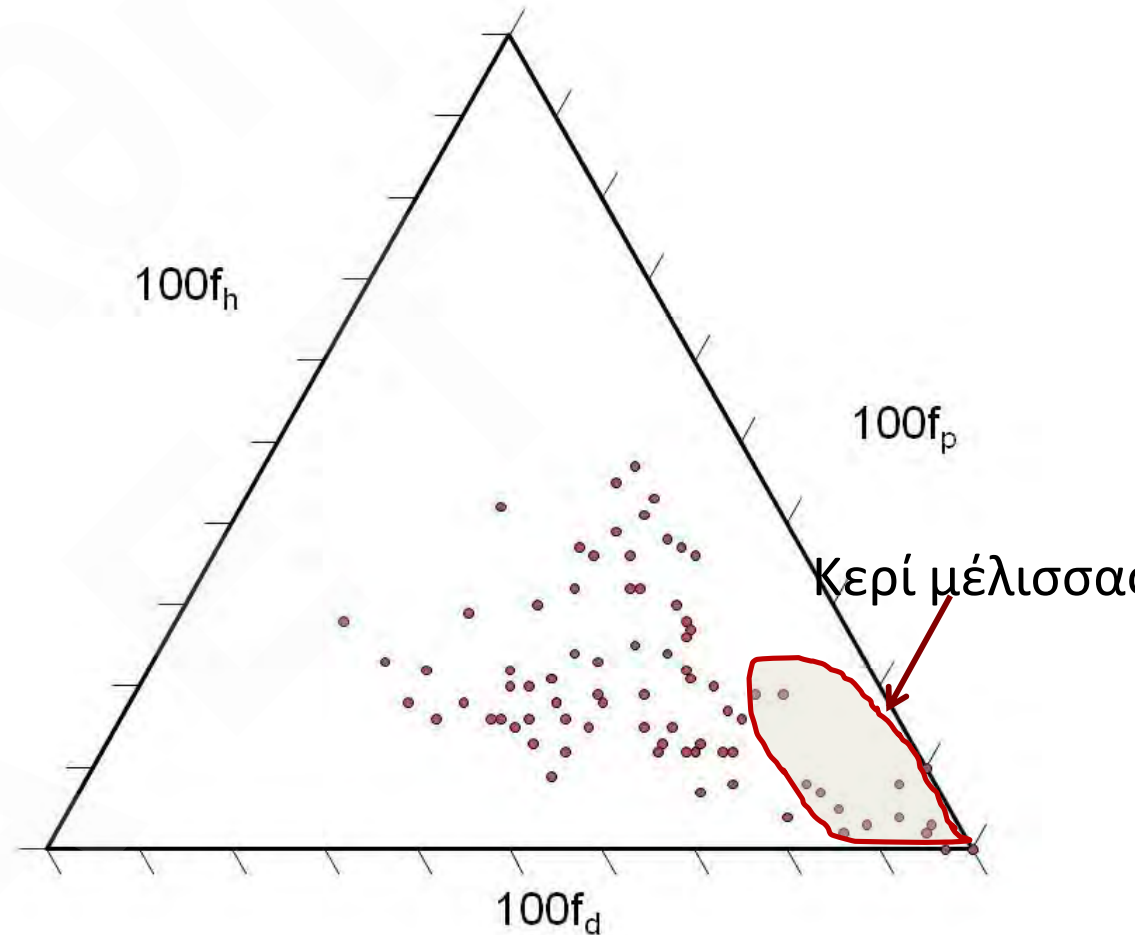
Κατηγορίες διαλυτών: αλκοόλες

Methanol	22	30	48
Ethanol	18	36	46
1-Propanol	16	40	44
2-Propanol	16	41	43
1-Butanol	15	43	42
2-Butanol	16	44	40
Benzyl alcohol	16	48	36
Cyclohexanol	12	50	38
<i>n</i> -amyl alcohol	13	46	41
Diacetone alcohol	24	45	31
2-Ethyl-1-hexanol	9	50	41
Ethylene glycol	18	30	52
Glycerol	23	25	52
Propylene glycol	16	34	50
Diethylene glycol	29	31	40
H2O	28	18	54



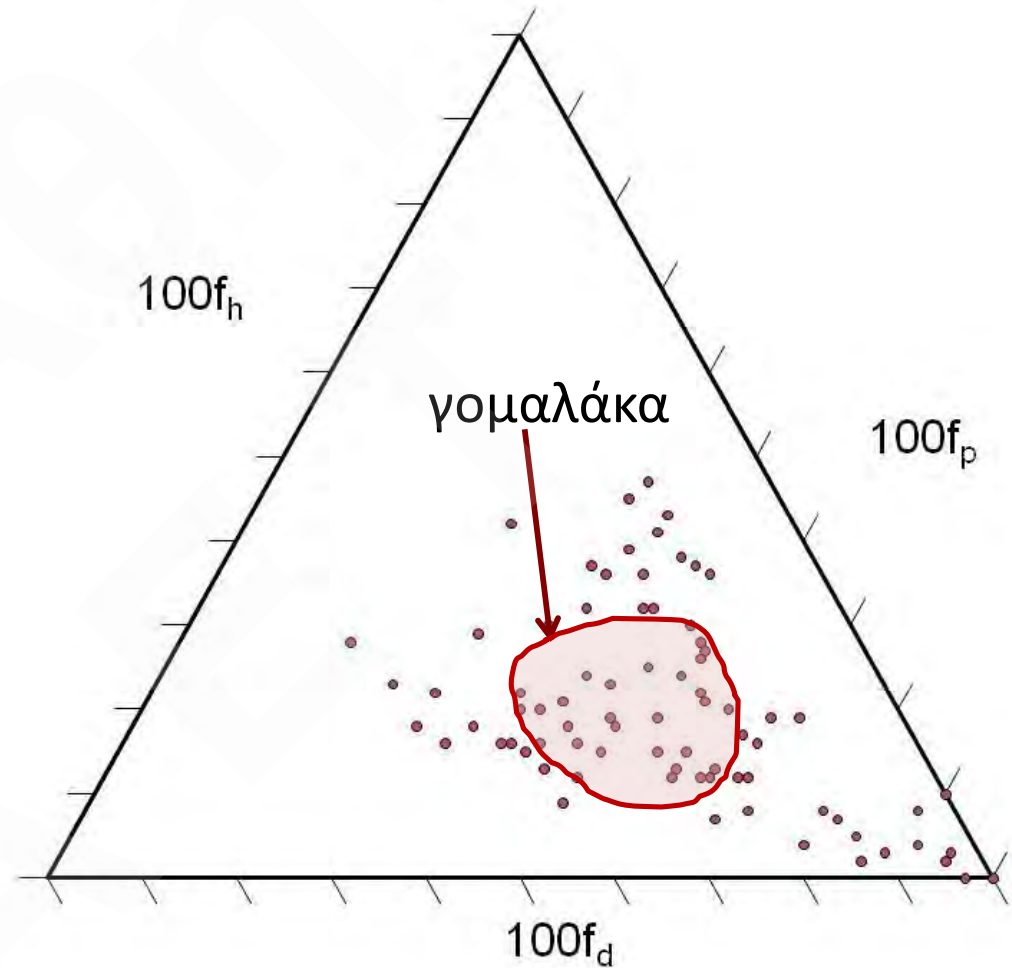
Παράδειγμα διαλυτοποίησης : κερι μέλισσας

- Το κερι μέλισσας έχει περίπλοκη σύσταση (υδρογονάνθρακες, λιπαροί εστέρες, ανώτερες αλκοόλες, κλπ.) που ποικίλλει.
- Για αυτό το λόγο, λέμε ότι έχει **περιοχή** ή **«παράθυρο» διαλυτότητας** που φαίνεται στο σχήμα.



Παράδειγμα διαλυτοποίησης : γομαλάκα

- Η γομαλάκα, είναι επίσης φυσικό υλικό με περίπλοκη σύσταση που ποικίλλει.
- Το «παράθυρο» διαλυτότητας φαίνεται στο σχήμα.

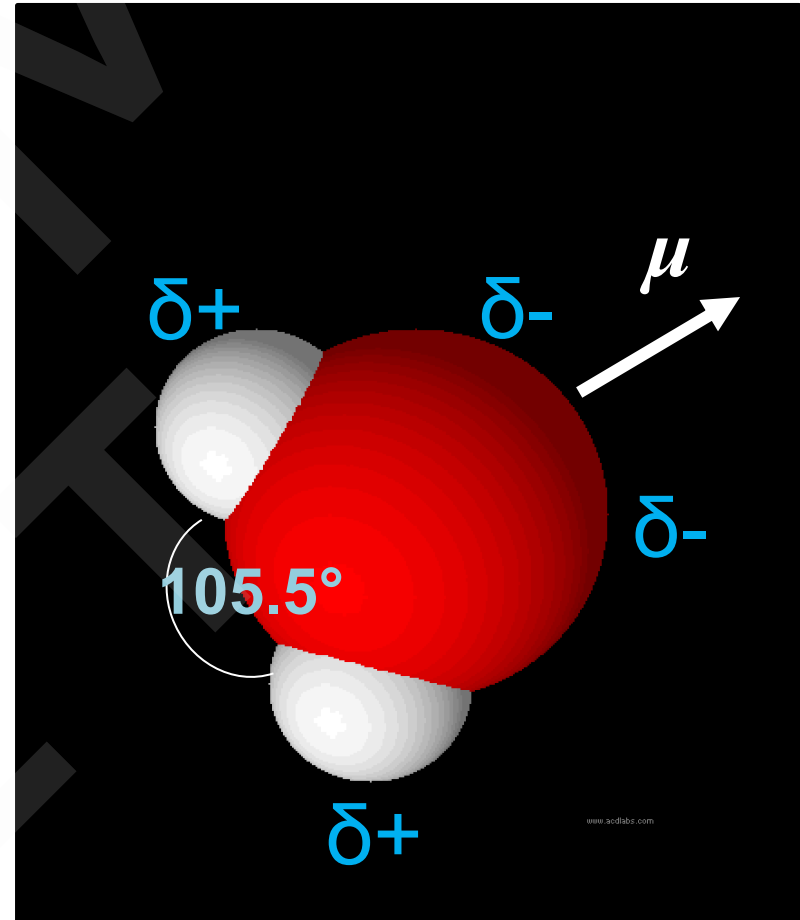


Η αναγκαιότητα για υδατικά μέσα

- Η αφαίρεση «δύσκολων» υλικών (φυσικά και συνθετικά πολυμερή και ρητίνες) με οργανικούς διαλύτες συχνά συναντά προβλήματα :
 - Η χρήση διαλυτών δεν συνοδεύεται πάντα από την μέγιστη **επιλεκτικότητα**
 - **Διόγκωση** υμενίων ρητίνης που δεν αποτελούν στόχο: μείωση της **μηχανικής αντοχής** τους
 - Οι περισσότεροι οργανικοί διαλύτες είναι **τοξικοί**
 - Αρκετοί οργανικοί διαλύτες προκαλούν προβλήματα όταν αποβάλλονται στο **περιβάλλον**

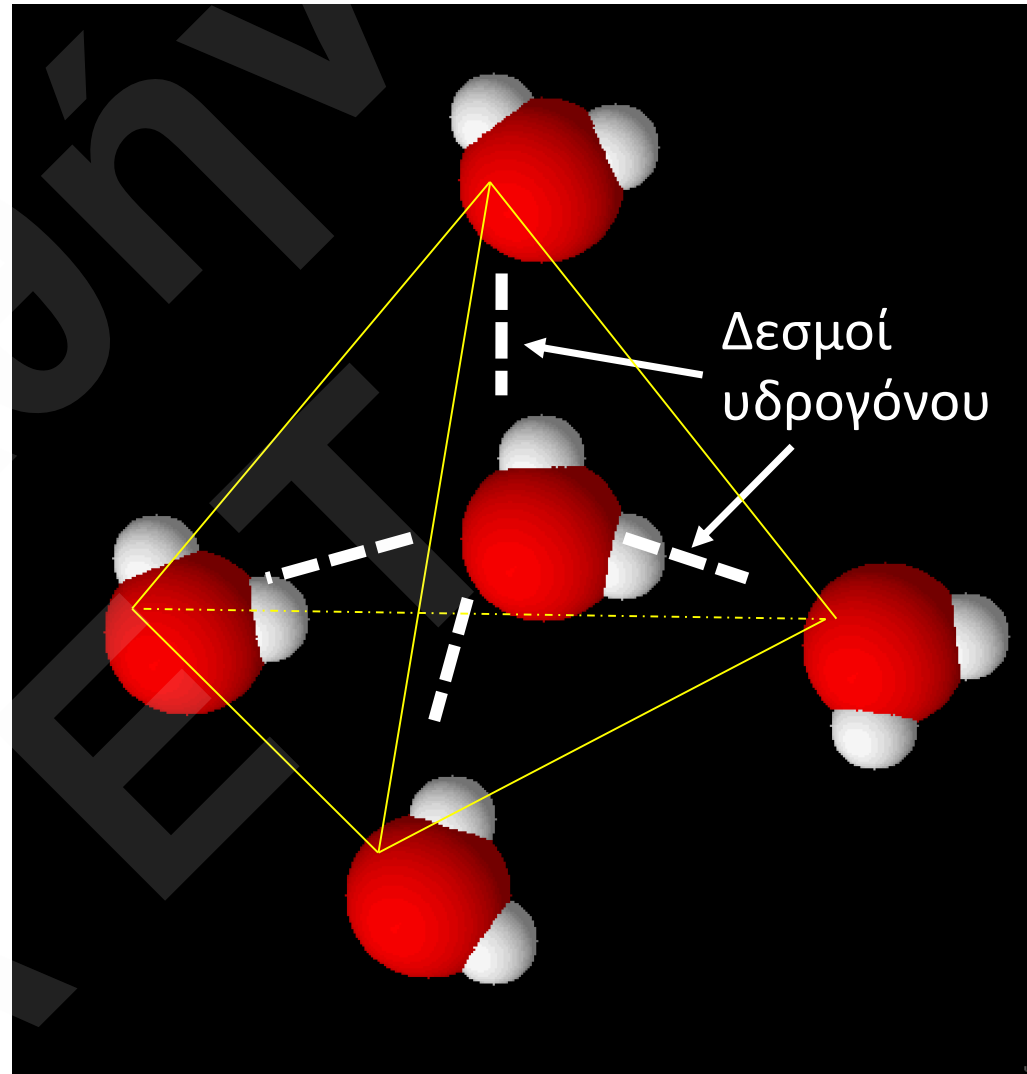
Το νερό

- Το μόριο του νερού είναι μικρό, αλλά με πολλές ιδιαιτερότητες.
- Γωνία 105.5° .
- Εμφάνιση φορτίων.
- Μεγάλη διπολική ροπή.
- Ισχυρές διαμοριακές δυνάμεις (δεσμοί υδρογόνου).



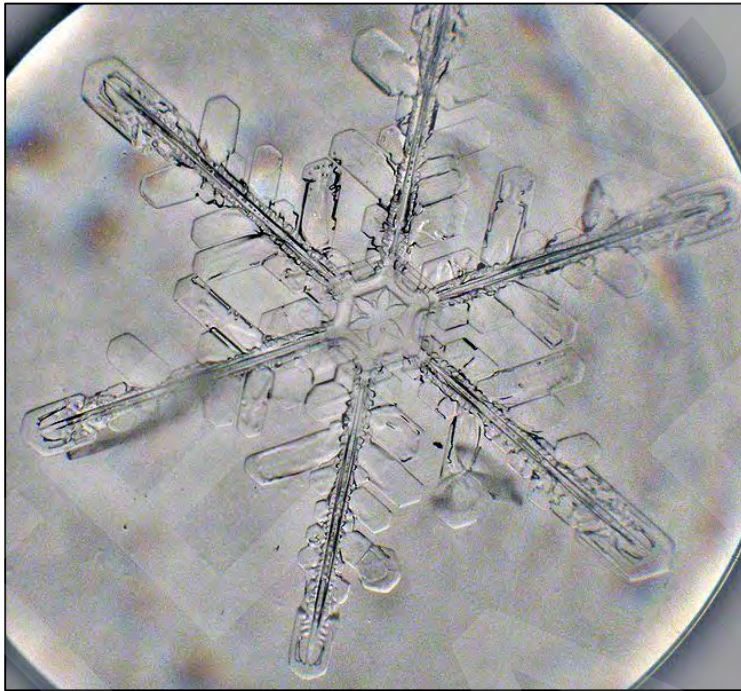
Η δομή του νερού

- Πολλά μόρια του νερού αποκτούν δυναμική οργάνωση με τη βοήθεια των δεσμών υδρογόνου.
- Δημιουργία «δικτύων» στην υγρή φάση.

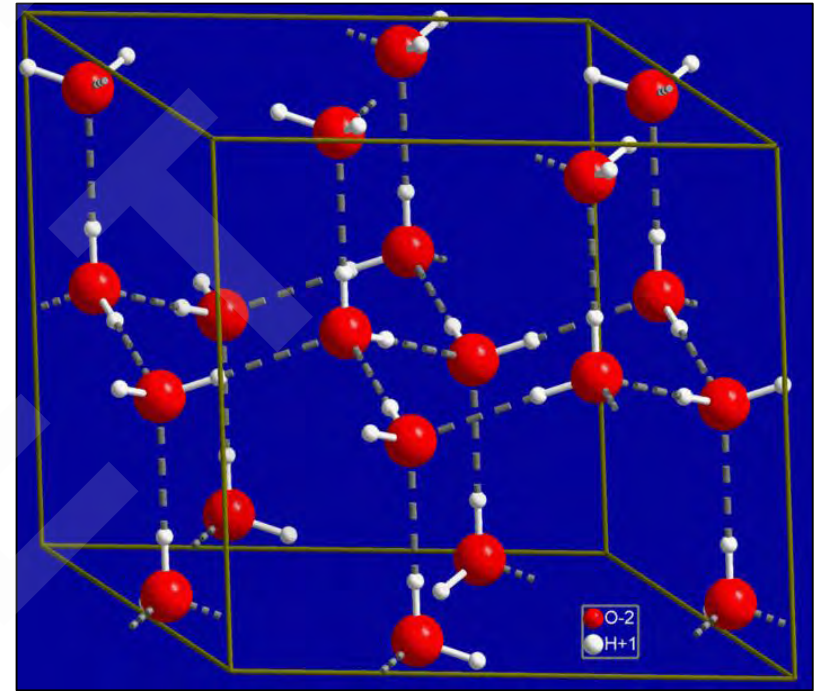


Η δομή του πάγου

- Τα μόρια του νερού σε θερμοκρασία $<100^{\circ}\text{C}$ ακινητοποιούνται σε θέσης τετραεδρικής διάταξης



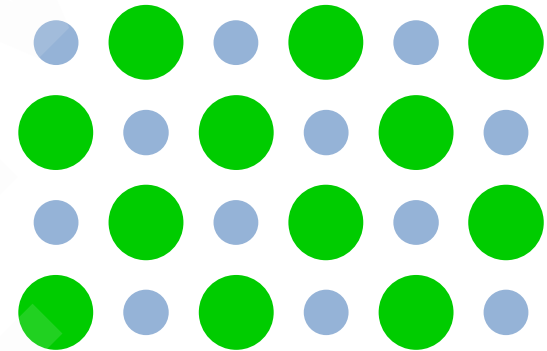
“Snowflake - Microphotograph by artgeek”, by [Jacopo Werther](#) available under [CC BY-SA 2.0](#)



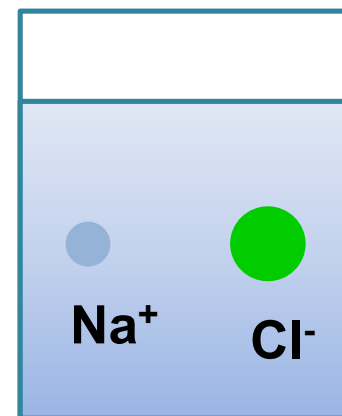
“Hex ice”, by [Glazo](#) available under Public Domain

Το νερό ως διαλύτης

- Το νερό μπορεί να διαλυτοποιεί υλικά που απαρτίζονται από ανόργανες χημικές ενώσεις (κυρίως ιοντικές), αλλά και από οργανικά μόρια.
- Η απλούστερη περίπτωση διαλυτοποίησης στο νερό, είναι εκείνη των **ανόργανων αλάτων**.
- Η διαλυτοποίηση των αλάτων συμβαίνει μέσω της **διάστασής τους σε ιόντα**.

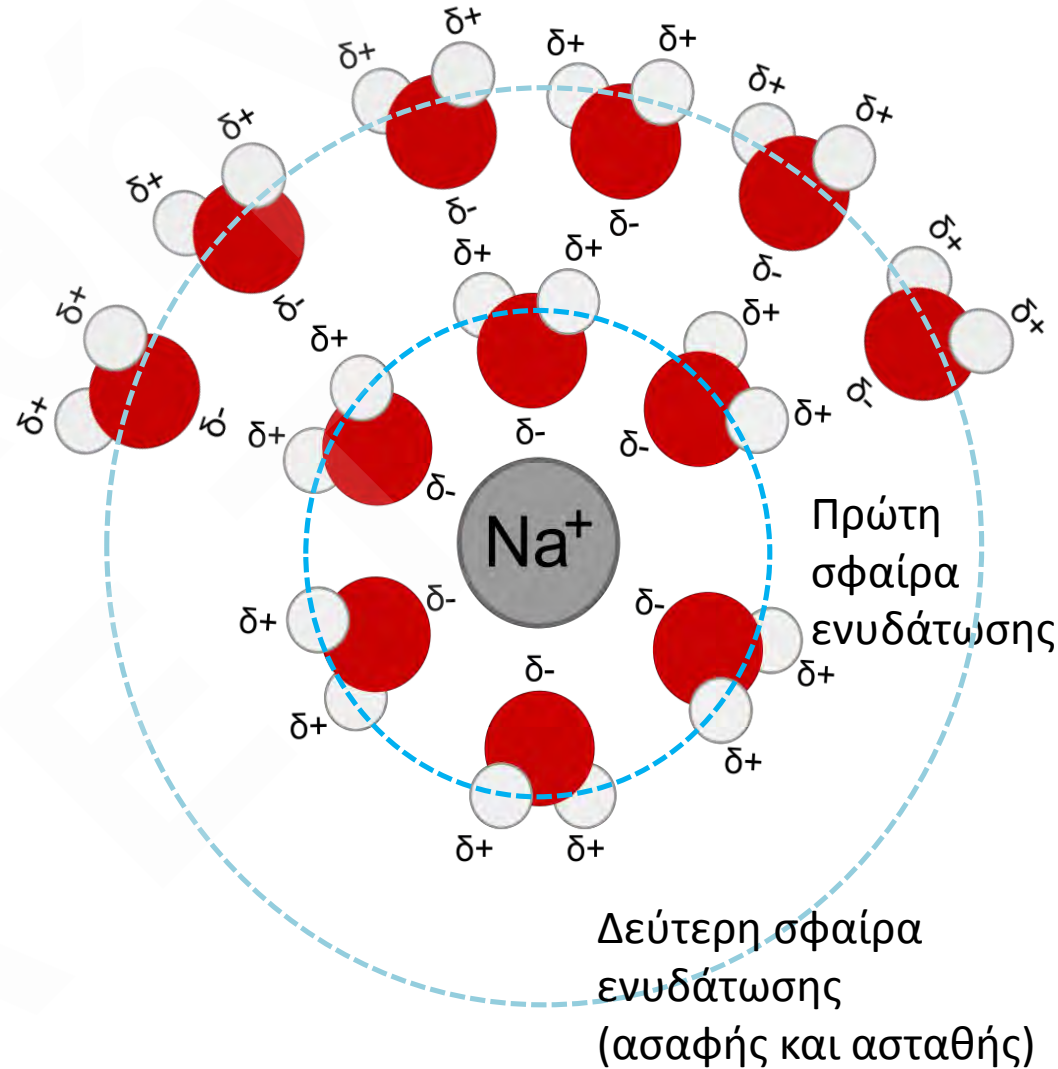


Κρύσταλλος NaCl
(στις 2 διαστάσεις)

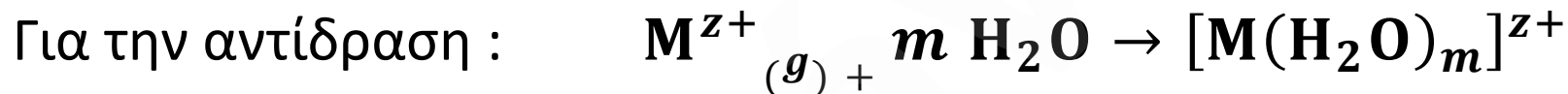


Πώς επιτυγχάνεται η ενυδάτωση των ιόντων;

- Τα ιόντα προκαλούν την αναδιάρθρωση της δομής του (υγρού) νερού.
- Κάθε ιόν περιστοιχίζεται από ένα αριθμό μορίων νερού, σχηματίζοντας τη **σφαίρα (ή κλωβό) ενυδάτωσης**.
- Σχηματίζεται το ιόν $\text{Na}^+(\text{aq})$ ή $[\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_6]^+$



Ενέργεια ενυδάτωσης ιόντων



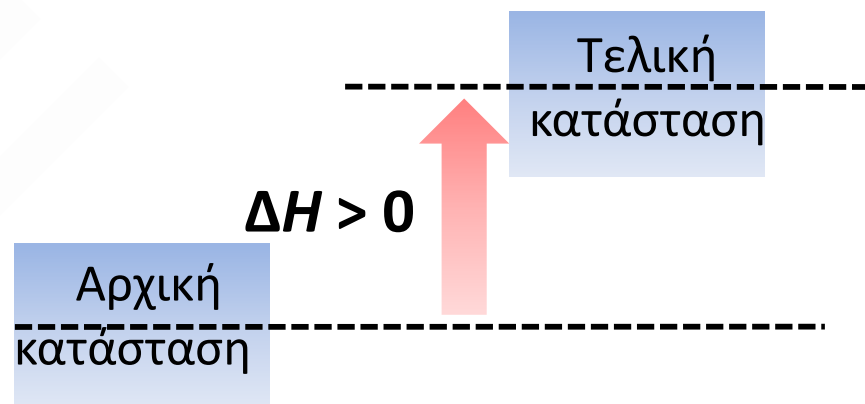
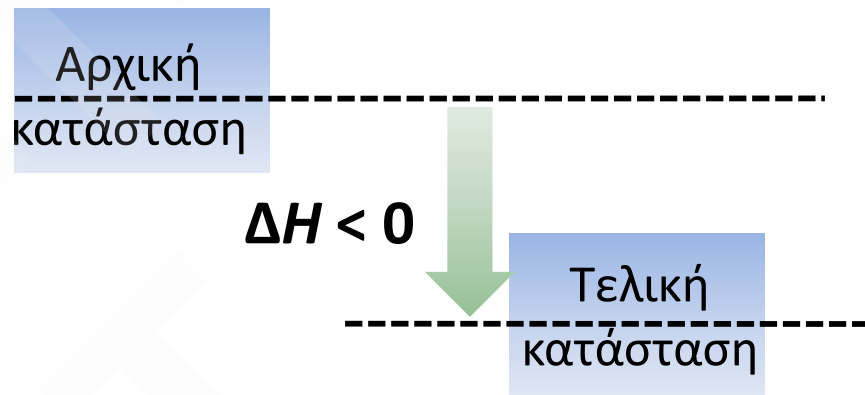
Η ενθαλπία ($\Delta H_{υδ} < 0$)
καλείται ενέργεια
ενυδάτωσης του ιόντος
 M^{z+} .

Το $[M(H_2O)_m]^{z+}$
συμβολίζεται και
 $M^{z+}(aq)$.

Ιόν	$\Delta H_{υδ}$ kJ/mol	Ιόν	$\Delta H_{υδ}$ kJ/mol	Ιόν	$\Delta h_{υδ}$ kJ/mol
H ⁺	-1130	Al ³⁺	-4665	Fe ³⁺	-4430
Li ⁺	-520	Be ²⁺	-2494	F ⁻	-505
Na ⁺	-406	Mg ²⁺	-1921	Cl ⁻	-363
K ⁺	-322	Ca ²⁺	-1577	Br ⁻	-336
Rb ⁺	-297	Sr ²⁺	-1443	I ⁻	-295
Cs ⁺	-276	Ba ²⁺	-1305	ClO ₄ ⁻	-238
Cr ²⁺	-1904	Mn ²⁺	-1841	Fe ²⁺	-1946
Co ²⁺	-1996	Ni ²⁺	-2105	Cu ²⁺	-2100
Zn ²⁺	-2046	Cd ²⁺	-1807	Hg ²⁺	-1824

Εξώθερμες και ενδόθερμες διαδικασίες

- Οι **εξώθερμες** διαδικασίες οδεύουν προς προϊόντα χαμηλότερης ενέργειας και συνεπώς, σταθερότερα.
- Οι **ενδόθερμες**, προς προϊόντα ψηλότερης ενέργειας



Βιβλιογραφία

- C. Tanford, *The Hydrophobic Effect: Formation of Micelles and Biological Membranes*. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 1973, ISBN 978-0-471-84460-0.
- Horie, V., *Materials for Conservation*, Elsevier & Butterworth-Heinemann, 2nd Ed., Amsterdam 2010.
- Holmberg K., Jonsson B., Kronberg B. and Lindman B., *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution*, John Wiley and Sons, Chichester, England, 2003.
- Wolbers P., *The Use of Water-Based Cleaning Systems on Fine Art Surfaces*, Archetype, July, 1999.
- *Solvent Gels for Cleaning Works of Art: The Residue Question*, V. Dorge (ed.), *Research in Conservation*, The Getty Conservation Institute, 2004.
- Moncrieff, A. and Weaver, G; *Science for Conservators Book 2: Cleaning*. Conservation Unit/Routledge 1987.

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

