



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Βιοοργανικές Νανοδομές

- Ενότητα <6>: Αυτοοργάνωση – Δεσμοί Υδρογόνου.

Κέλλυ Βελώνια

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών



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

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στην άδεια χρήσης Creative Commons και ειδικότερα

Αναφορά – Μη εμπορική Χρήση – Όχι Παράγωγο Έργο v. 3.0

(Attribution – Non Commercial – Non-derivatives)



- Εξαιρείται από την ως άνω άδεια υλικό που περιλαμβάνεται στις διαφάνειες του μαθήματος, και υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης. Η άδεια χρήσης στην οποία υπόκειται το υλικό αυτό αναφέρεται ρητώς.

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

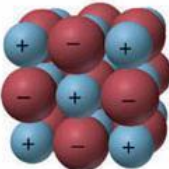

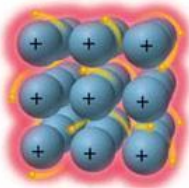

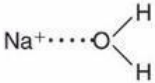

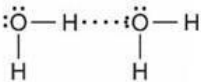






Αυτοοργάνωση – Δεσμοί Υδρογόνου

It will be many years before our understanding of molecular structure becomes great enough to encompass in detail such substances as the proteins, but the attack on these substances by the methods of modern structural chemistry can be begun now, and it is my belief that this attack will ultimately be successful.

Linus Pauling, 1939

Ενδομοριακές/Διαμοριακές Αλληλεπιδράσεις

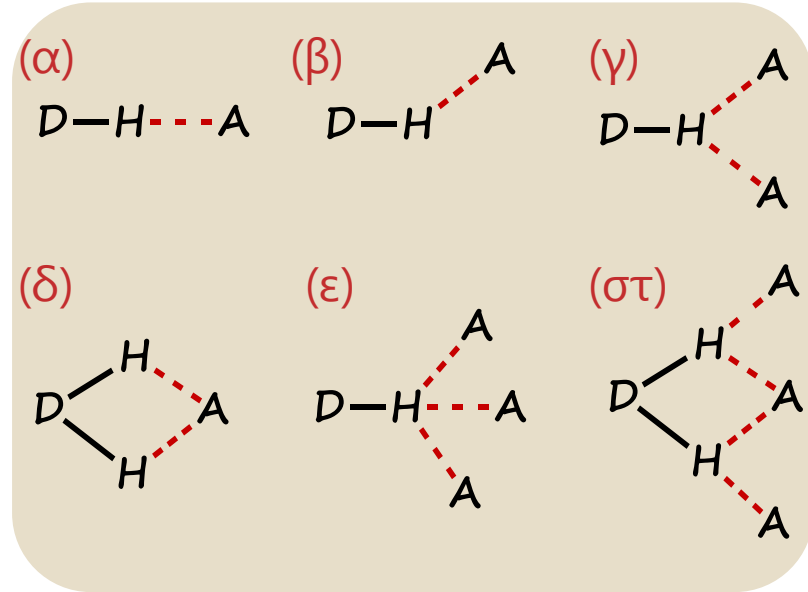
Force	Model	Basis of Attraction	Energy (kJ/mol)	Example
Bonding				
Ionic		Cation–anion	400–4000	NaCl
Covalent		Nuclei–shared e ⁻ pair	150–1100	H–H
Metallic		Cations–delocalized electrons	75–1000	Fe
Nonbonding (Intermolecular)				
Ion-dipole		Ion charge–dipole charge	40–600	Na ⁺ ····· 
H bond		Polar bond to H–dipole charge (high EN of N, O, F)	10–40	
Dipole-dipole		Dipole charges	5–25	I–Cl·····I–Cl
Ion–induced dipole		Ion charge–polarizable e ⁻ cloud	3–15	Fe ²⁺ ·····O ₂
Dipole–induced dipole		Dipole charge–polarizable e ⁻ cloud	2–10	H–Cl·····Cl–Cl
Dispersion (London)		Polarizable e ⁻ clouds	0.05–40	F–F·····F–F

Εικόνα από UFL

Δεσμοί Υδρογόνου

Η ισχύς των δεσμών υδρογόνου μπορεί να διαφέρει πολύ ανάλογα με το σύστημα ενώ δεν συσχετίζεται απαραίτητα με την κατά Brønsted οξύτητα του δότη πρωτονίου. Αντίθετα, εξαρτάται άμεσα από το είδος του ηλεκτραρνητικού ατόμου με το οποίο συνδέεται ομοιοπολικά το άτομο του υδρογόνου και την γεωμετρία που υιοθετεί ο δεσμός υδρογόνου στη σχηματιζόμενη δομή. Τυπικά, η ισχύς ενός ΔΥ κυμαίνεται από 4 μέχρι 120 kJ/mol^{-1} , με τους περισσότερους ΔΥ να έχουν ισχύ μικρότερη από 60 kJ/mol^{-1} .

Οι κύριες γεωμετρίες αλληλεπιδράσεων με ΔΥ (σχήμα) είναι εκείνες στις οποίες υπάρχει άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ του δότη και του δέκτη. Υπάρχουν και δευτερογενείς αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε γειτονικές ομάδες που επίσης πρέπει να συνυπολογίζονται. Τα μερικά φορτία π.χ. γειτονικών ομάδων μπορεί να αυξάνουν ή να μειώνουν την ισχύ των αλληλεπιδράσεων.

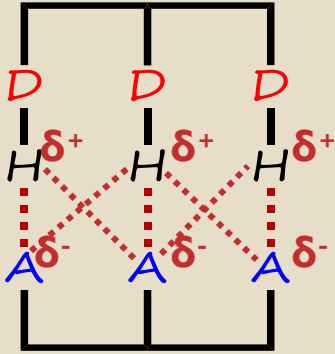


Διάφοροι τύποι γεωμετρίας δεσμών υδρογόνου:

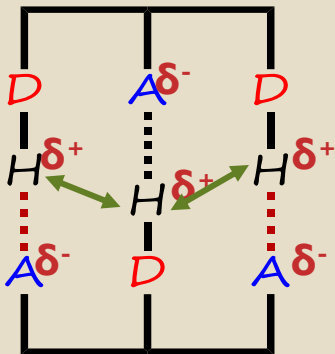
- (α) γραμμική,
- (β) κεκαμμένη,
- (γ) διακλαδισμένη στον δότη,
- (δ) διακλαδισμένη στον δέκτη,
- (ε) με τρεις διακλαδώσεις και
- (στ) με διακλαδώσεις σε 3 κέντρα.

Δεσμοί Υδρογόνου

Παραδείγματα ΔΥ με δότες και δέκτες να βρίσκονται σε εγγύτητα.



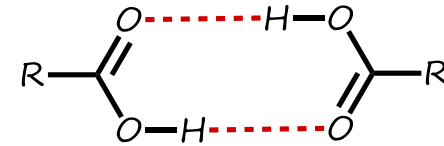
Όταν ένα μόριο με τρεις δότες (DDD) δημιουργεί ΔΥ με ένα μόριο με τρεις δέκτες (AAA), αναπτύσσονται μόνο ελκτικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των γειτονικών ομάδων, ενισχύοντας την δημιουργία της υπερμοριακής δομής.



Σε "μεικτά" συμπληρωματικά, όσο αφορά την αντιστοιχία δότη/δέκτη, μόρια (ADA, DAD), δημιουργούνται απώσεις μεταξύ όμοιων μερικών φορτίων που βρίσκονται σε εγγύτητα με αποτέλεσμα να μειώνεται η ισχύς των πρωτογενών αλληλεπιδράσεων.

Δεσμοί Υδρογόνου

Interaction/property	Strong	Moderate	Weak
D-H...A	Mainly covalent	Mainly electrostatic	Electrostatic
Bond energy (kJ mol ⁻¹)	60–120	16–60	< 12
Bond length (Å)			
H...A	1.2–1.5	1.5–2.2	2.2–3.2
D...A	2.2–2.5	2.5–3.2	3.2–4.0
Bond angle (degrees)	175–180	130–180	90–150
Example	HF complexes H ₅ O ₂ ⁺ —	Acids Alcohols DNA/RNA	C–H...A D–H...π —



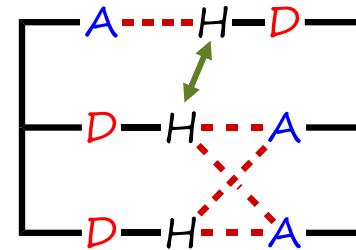
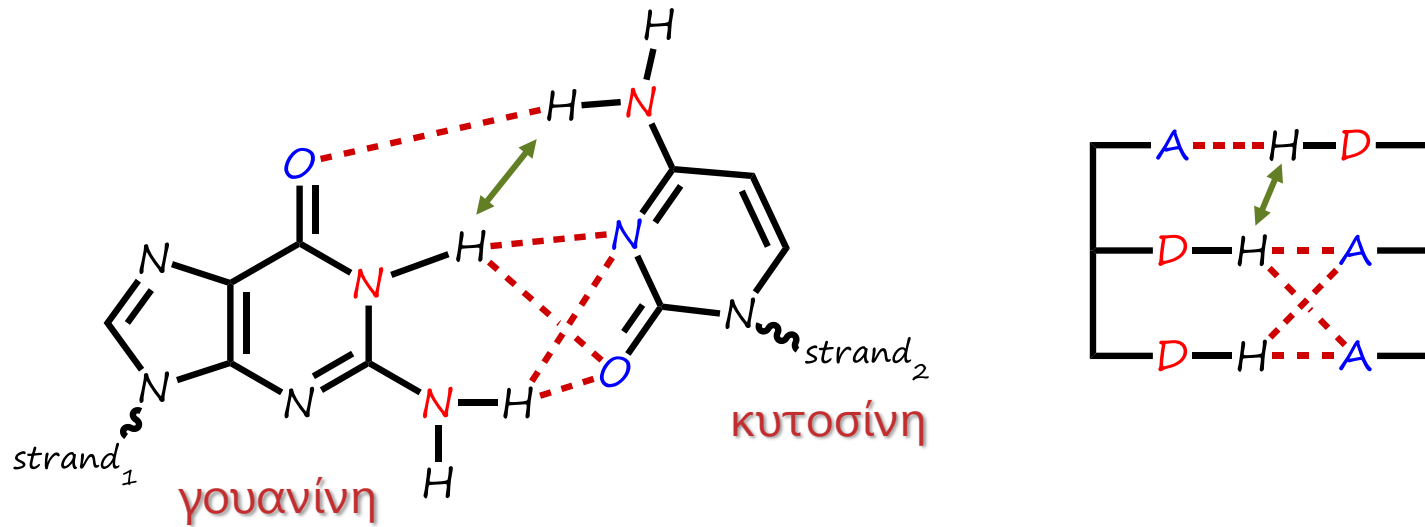
Η ισχύς, το μήκος και η φύση ενός ΔΥ εξαρτώνται άμεσα από τον τη χημική δομή δότη και δέκτη, έτσι οι ΔΥ μπορεί να είναι:

Ισχυρές αλληλεπιδράσεις, που προσομοιάζουν έναν ομοιοπολικό δεσμό και δημιουργούνται όταν το άτομο του υδρογόνου που συμμετέχει στον ΔΥ βρίσκεται ανάμεσα στο δότη και το δέκτη (γραμμική γεωμετρία).

Μέτριας ισχύος αλληλεπιδράσεις, που σχηματίζονται ανάμεσα σε μη-φορτισμένους δότη και δέκτη μέσω μη-δεσμικών ηλεκτρονίων όπως για παράδειγμα κατά τον “διμερισμό” καρβοξυλικών οξέων. Τέτοιου τύπου ΔΥ δεν έχουν γραμμική γεωμετρία αλλά είναι ελαφρά κεκαμμένοι.

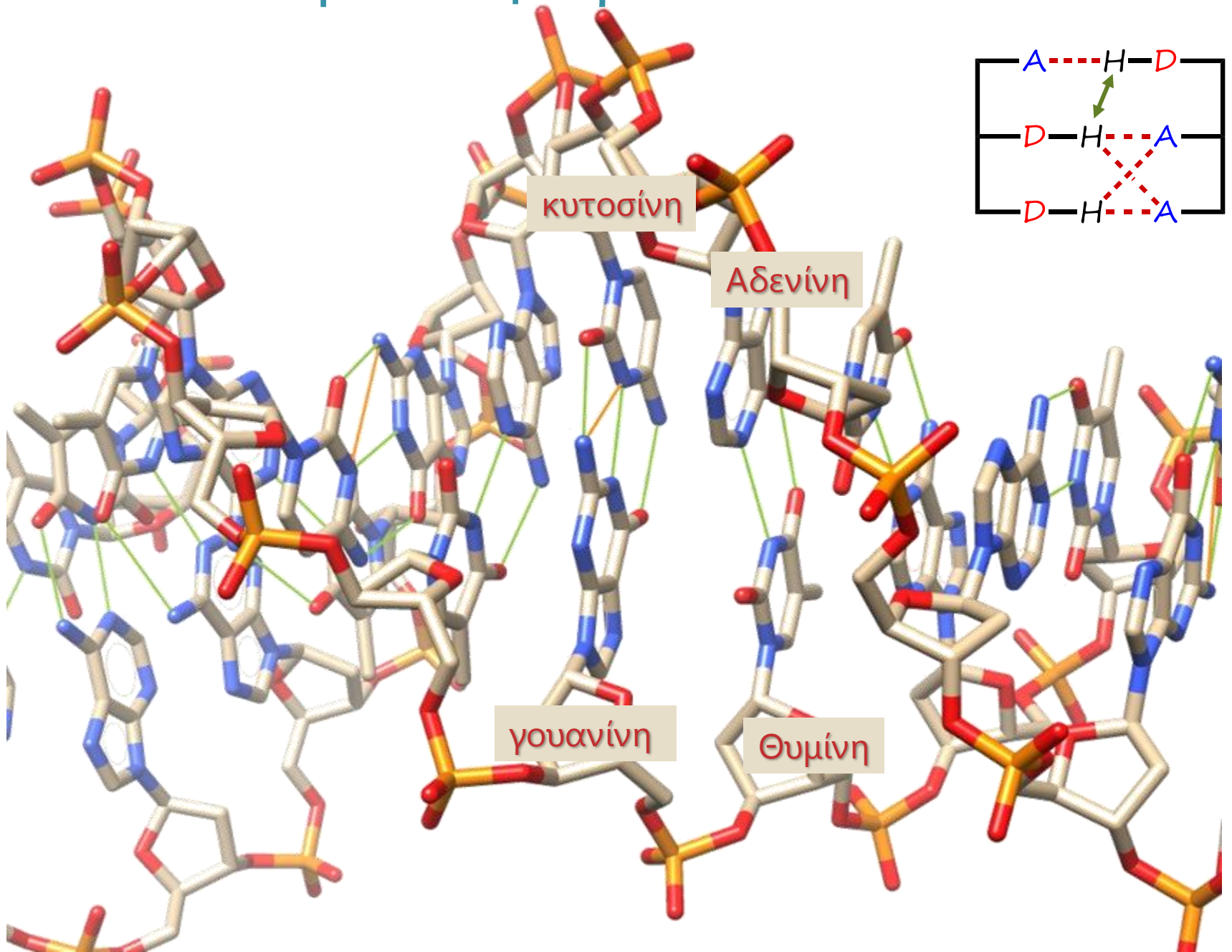
Ασθενείς αλληλεπιδράσεις, οι οποίες απέχουν ακόμα περισσότερο από την γραμμικότητα. Σε μερικές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα στην αλληλεπίδραση C–H...π μπορούν να σχηματίζουν γωνία 90°.

Δεσμοί Υδρογόνου - DNA

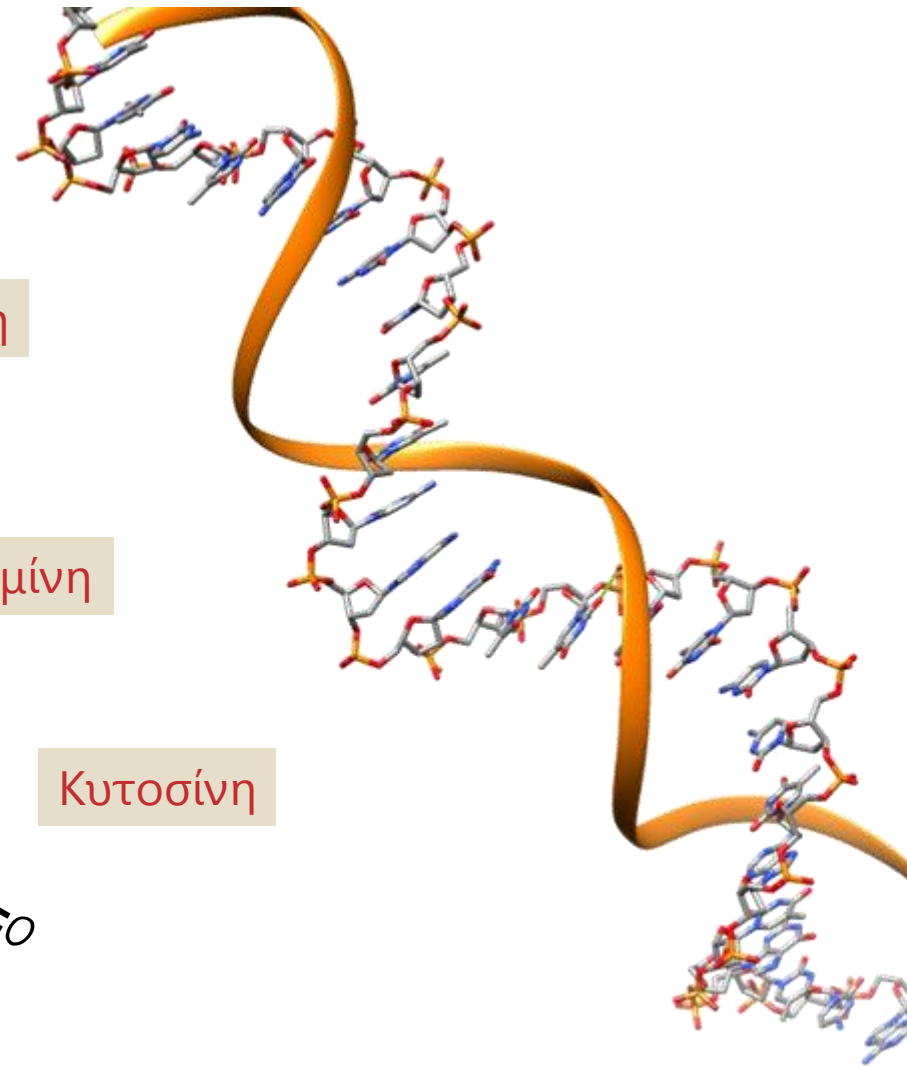
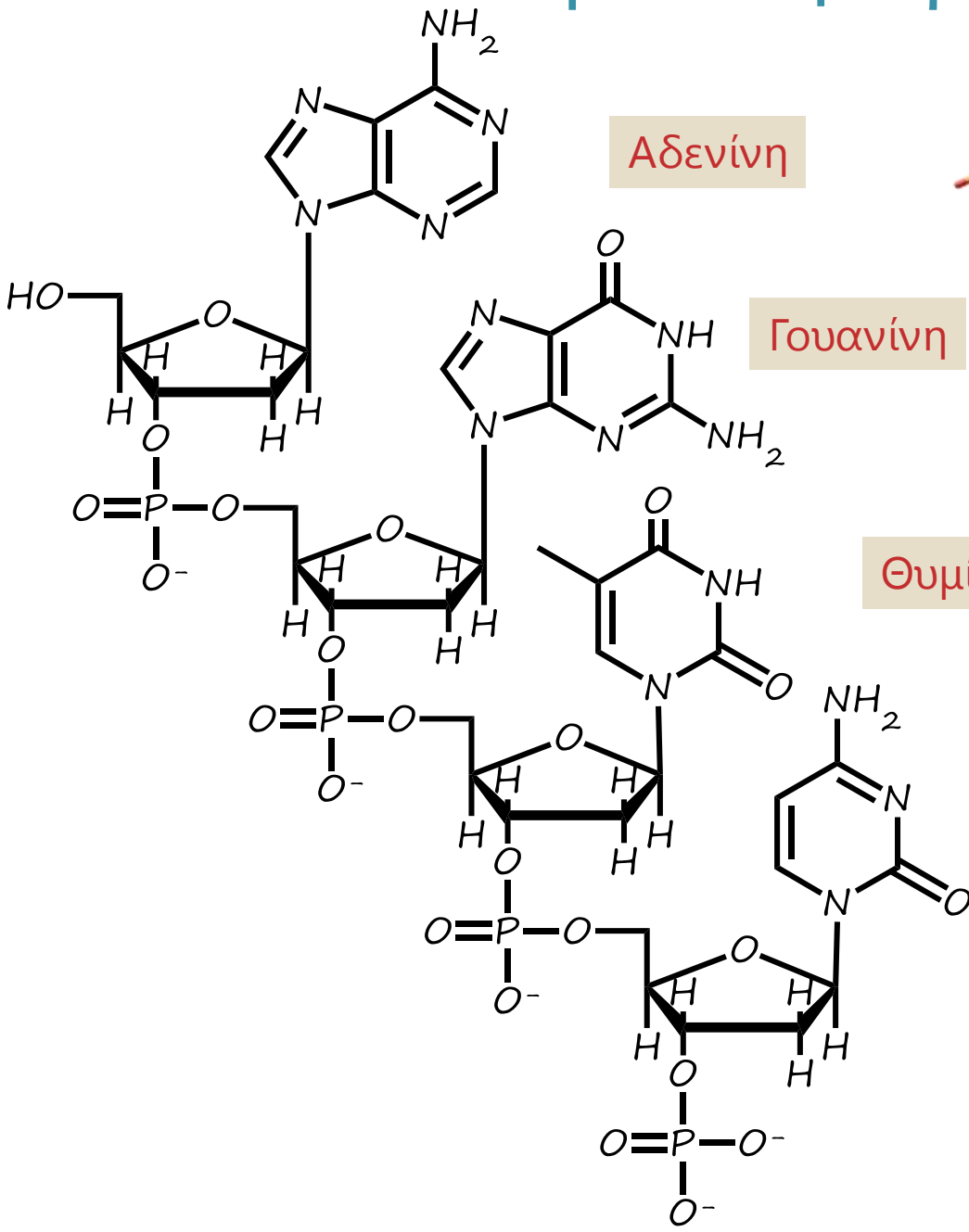


Πρωτογενείς και δευτερογενείς αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στην γουανίνη και την κυτοσίνη.

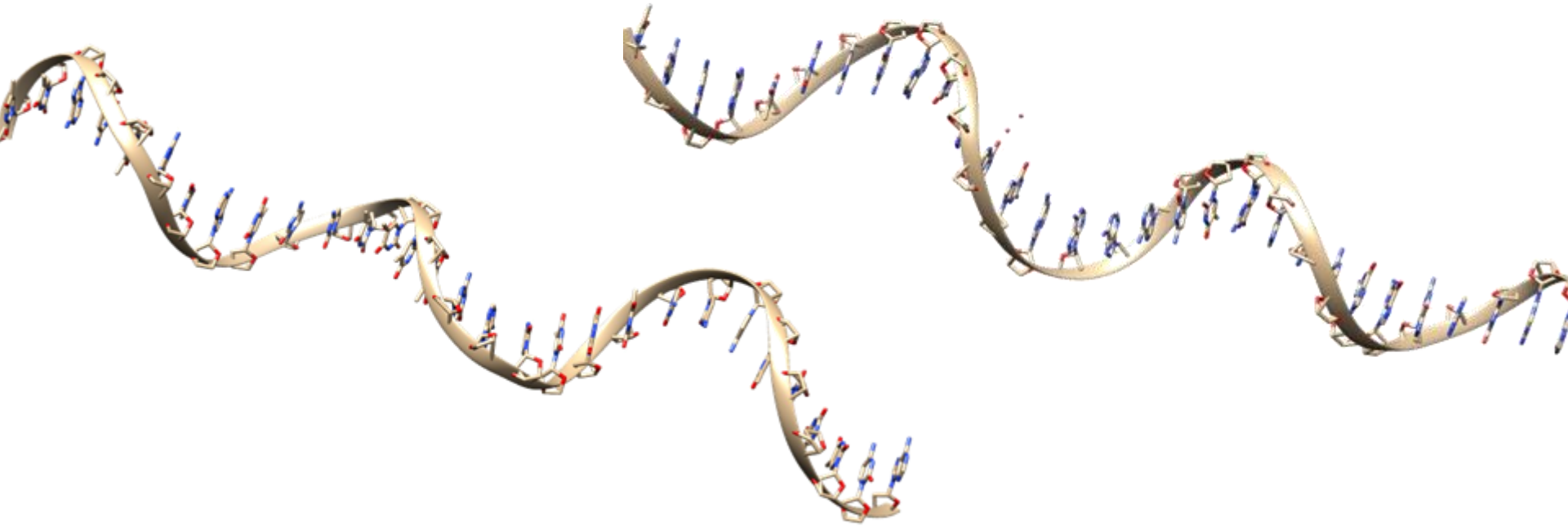
Δεσμοί Υδρογόνου - DNA



Δεσμοί Υδρογόνου DNA



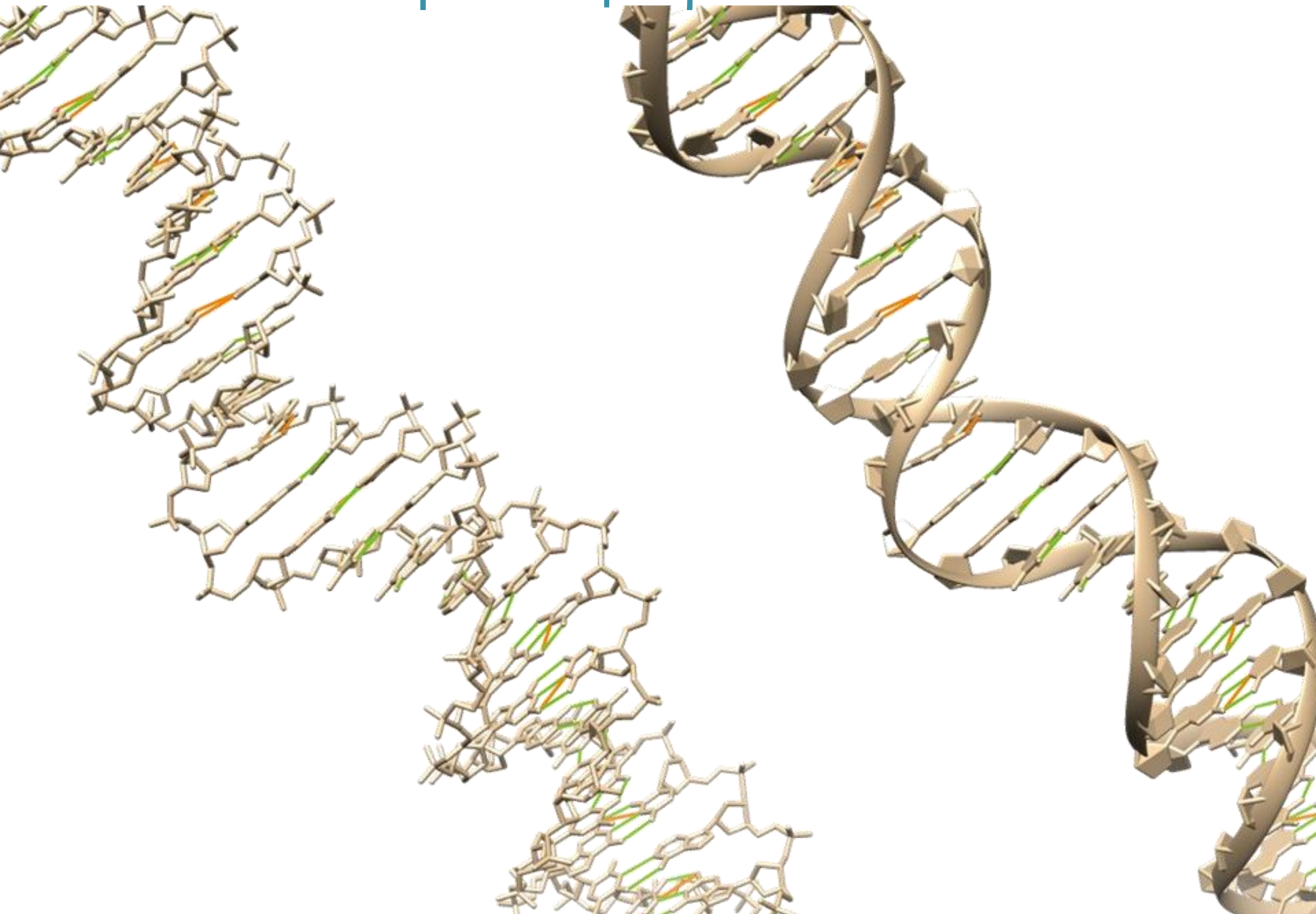
Δημιουργία dsDNA



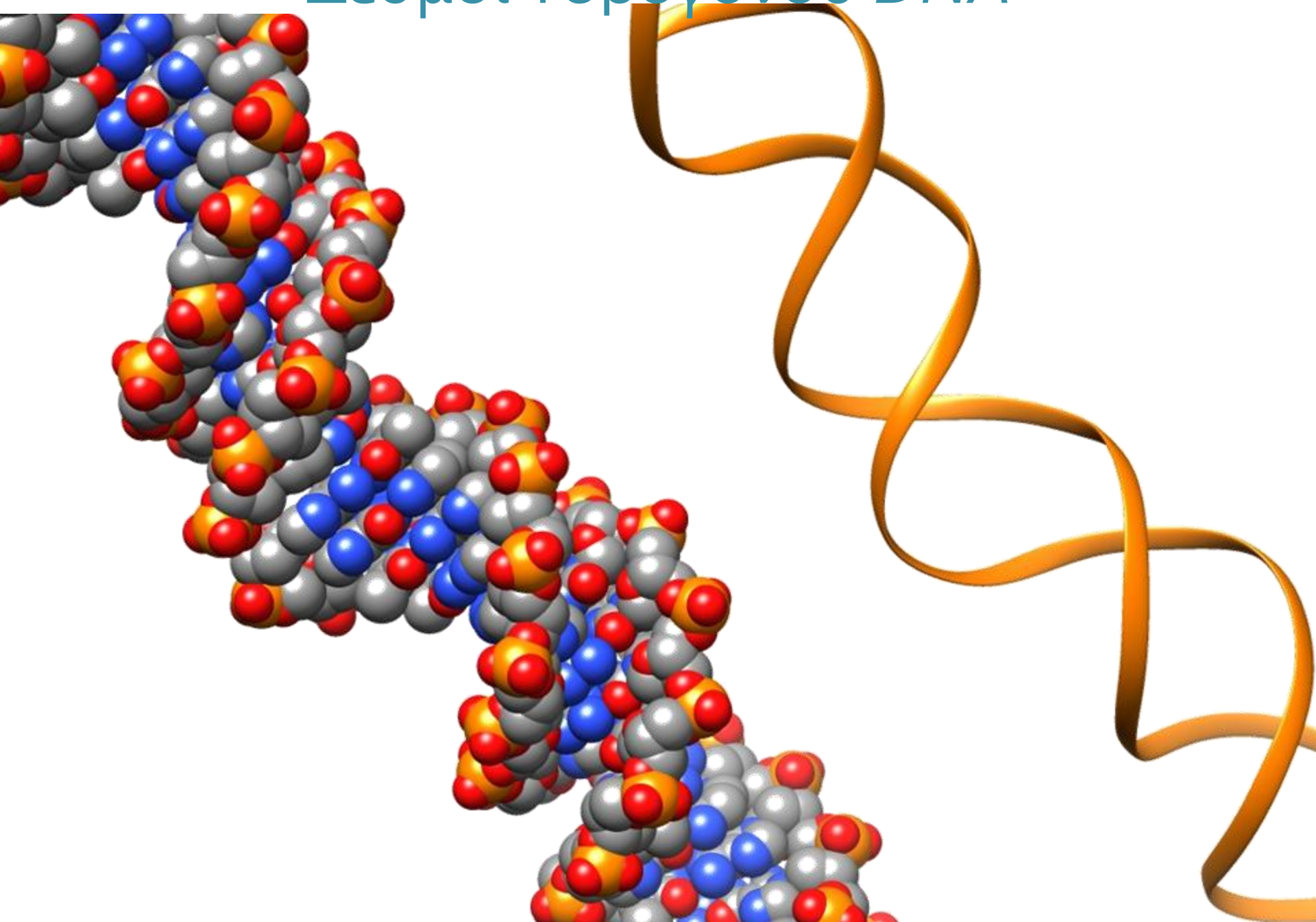
Αναγνώριση



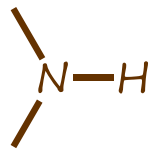
Δεσμοί Υδρογόνου DNA



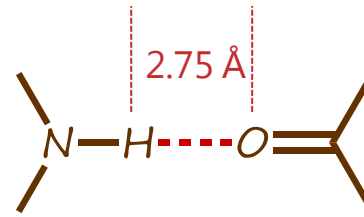
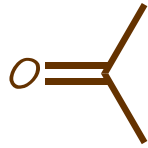
Δεσμοί Υδρογόνου DNA



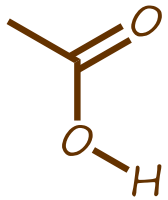
Δεσμοί Υδρογόνου



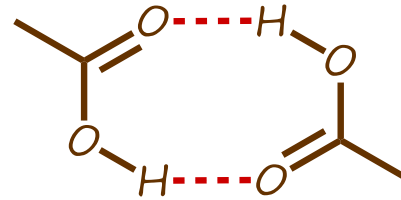
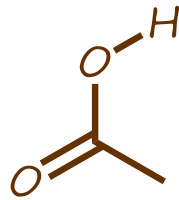
+



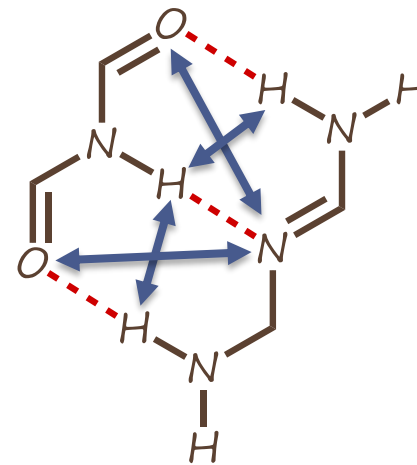
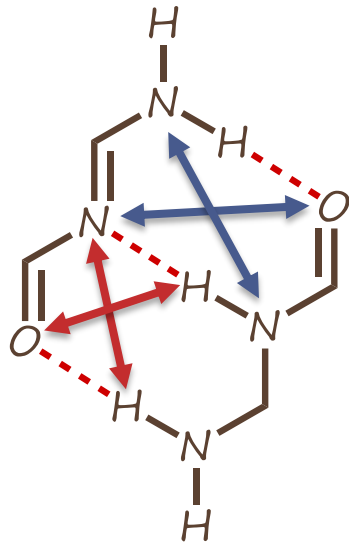
$\Delta G^\circ \approx 6$ Kcal/mole
 $K_a \approx 10^{4.34}$



+

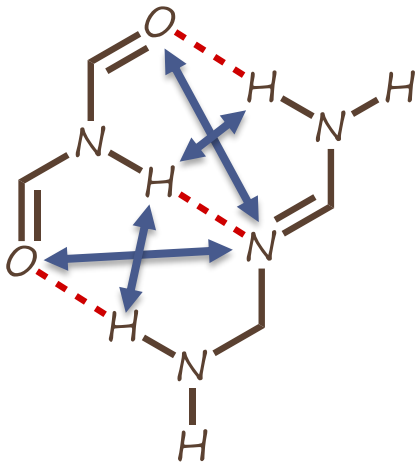


$\Delta G^\circ \approx 12$ Kcal/mole

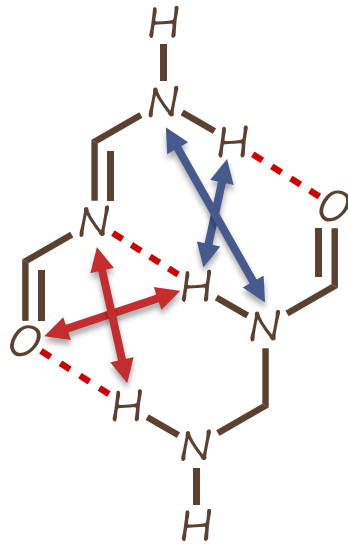


- έλξη
- άπωση

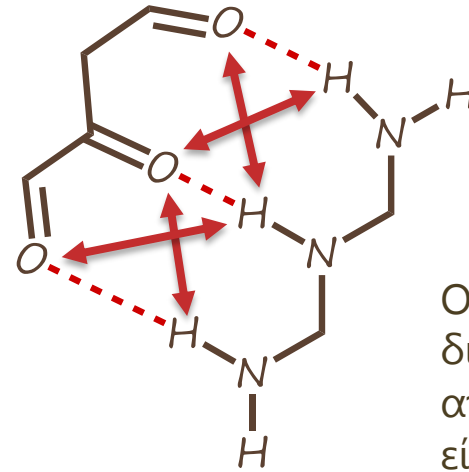
Δεσμοί Υδρογόνου



ADA-DAD



AAD-DDA

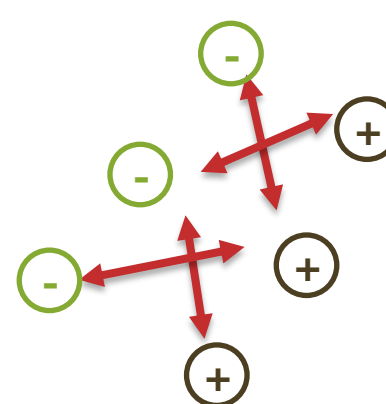
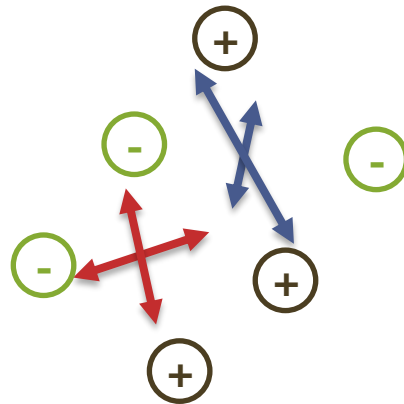
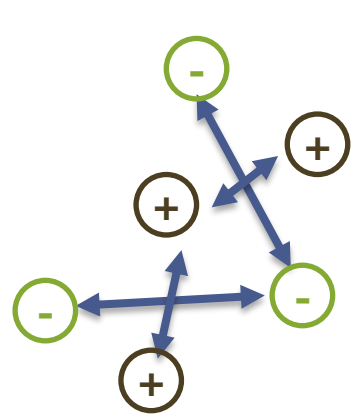


AAA-DDD

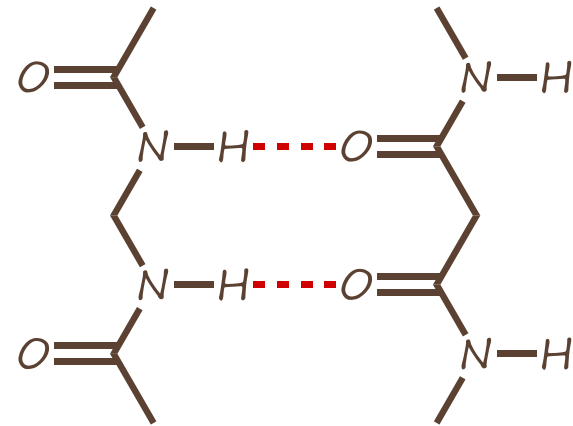
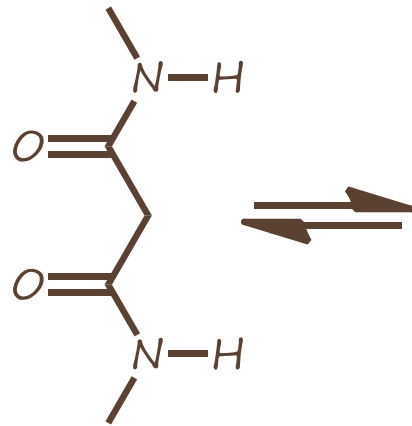
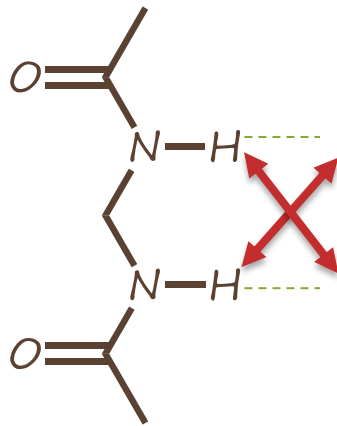
- έλξη
- άπωση

Ομάδες που είναι διαγωνίως απέναντι απωθούνται όταν είναι και οι δύο δότες ή δέκτες –αντίθετα, τα ζεύγη D-A ή A-D έλκονται.

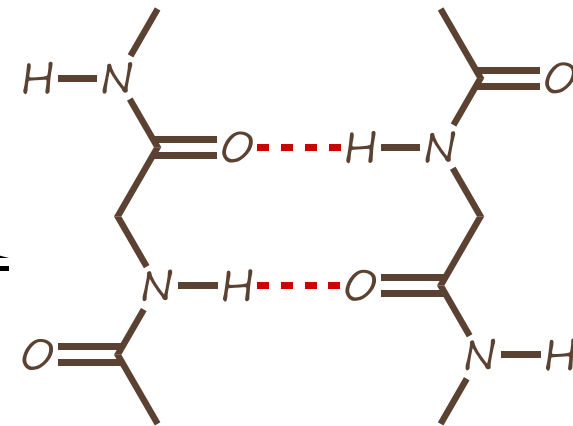
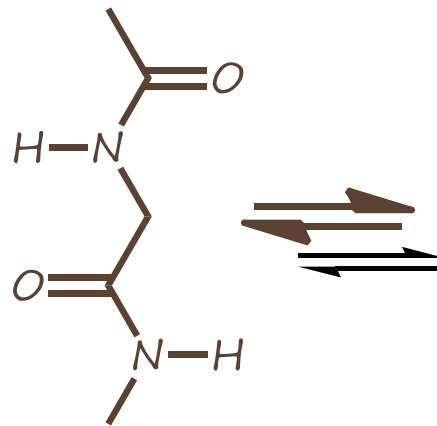
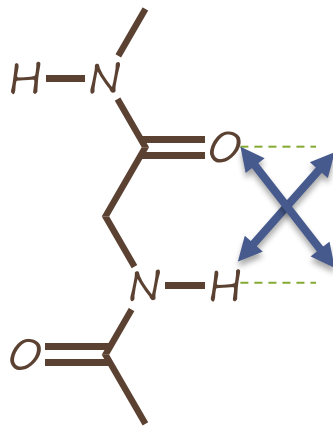
Στο μοτίβο DDD-AAA ο αριθμός των δευτεροόντων ελκτικών αλληλεπιδράσεων μεγιστοποιείται. Στο μοτίβο ADA-DAD ο αριθμός των απωστικών αλληλεπιδράσεων είναι μέγιστος.



Δεσμοί Υδρογόνου



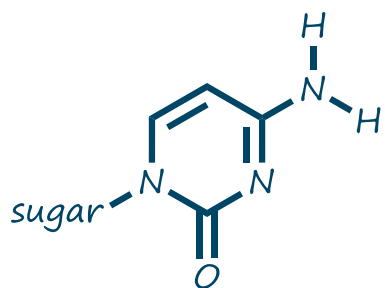
$E = 23.2 \text{ Kcal/mol}$



$E = 12 \text{ Kcal/mol}$

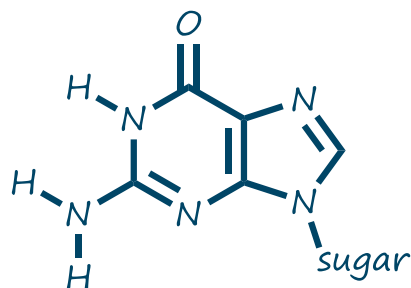
- έλξη
- άπωση

Δεσμοί Υδρογόνου

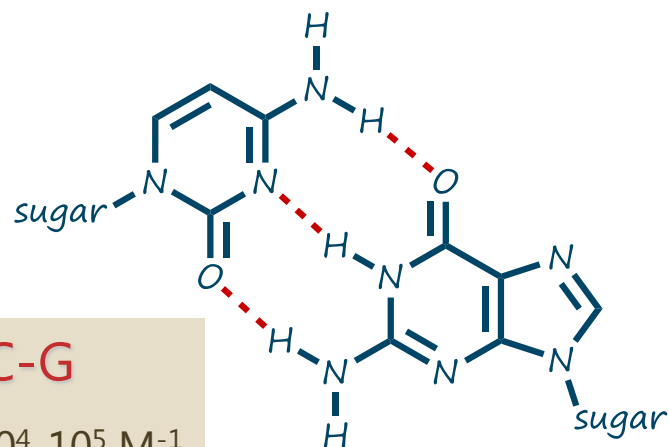


Κυτοσίνη

+



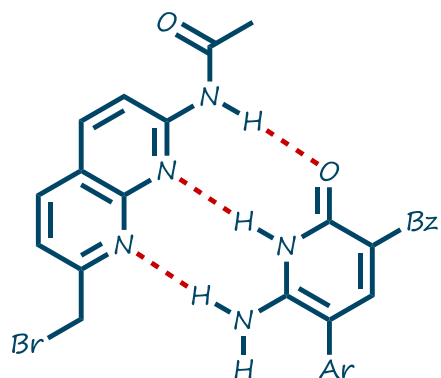
Γουανίνη



C-G

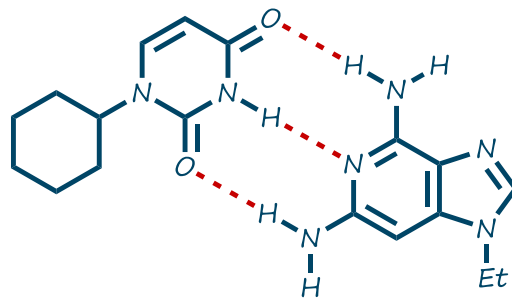
$$K_a = 10^4 - 10^5 \text{ M}^{-1}$$

σε CHCl_3 .



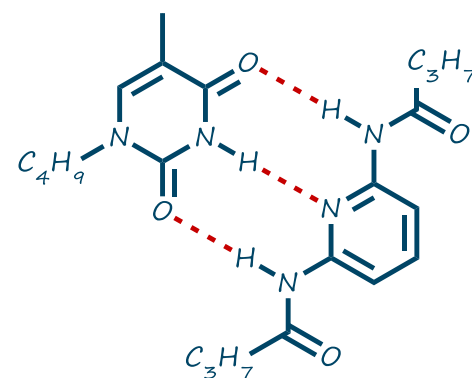
$$K_a = 1.7 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$$

σε CHCl_3 .



$$K_a = 170 \text{ M}^{-1}$$

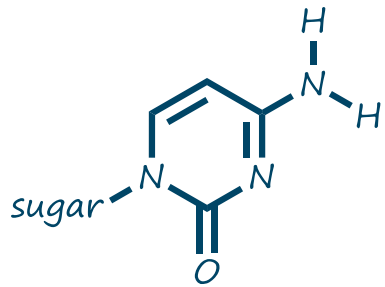
σε CHCl_3 .



$$K_a = 90 \text{ M}^{-1}$$

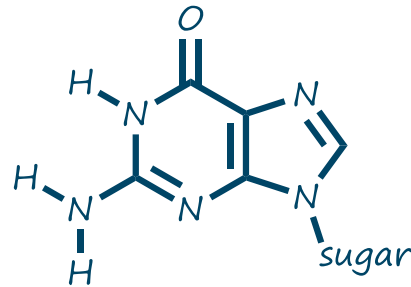
σε CHCl_3 .

Δεσμοί Υδρογόνου

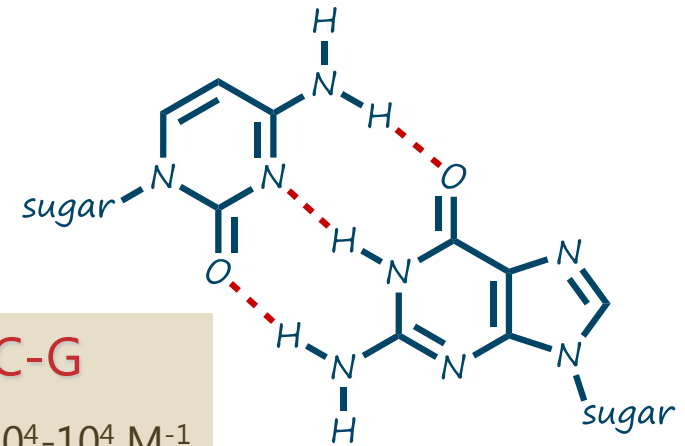


Κυτοσίνη

+



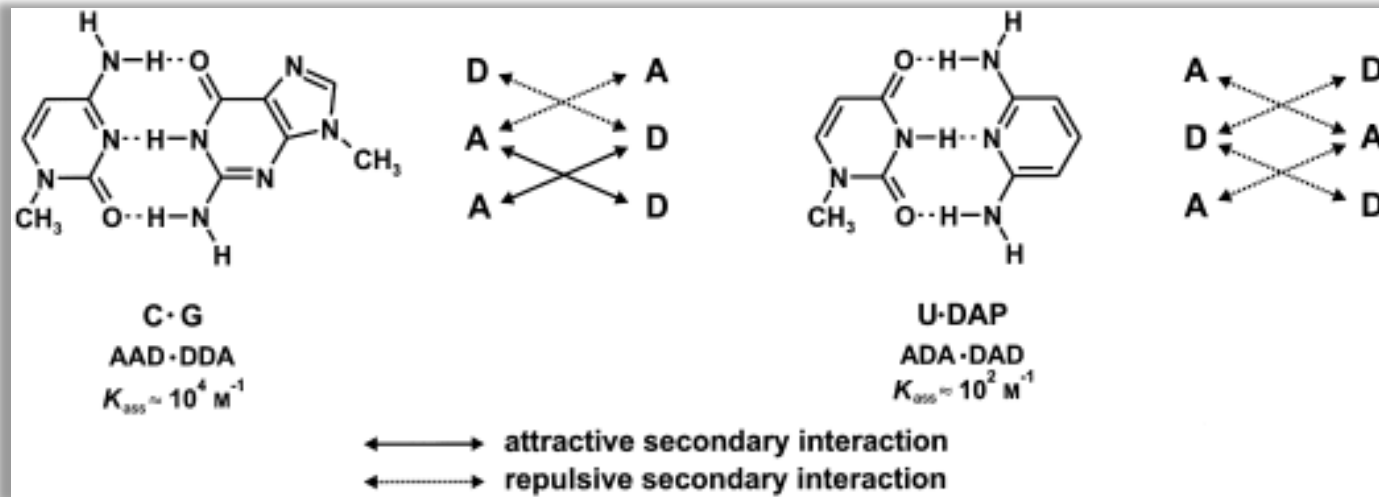
Γουανίνη



C-G

$$K_a = 10^4 - 10^4 \text{ M}^{-1}$$

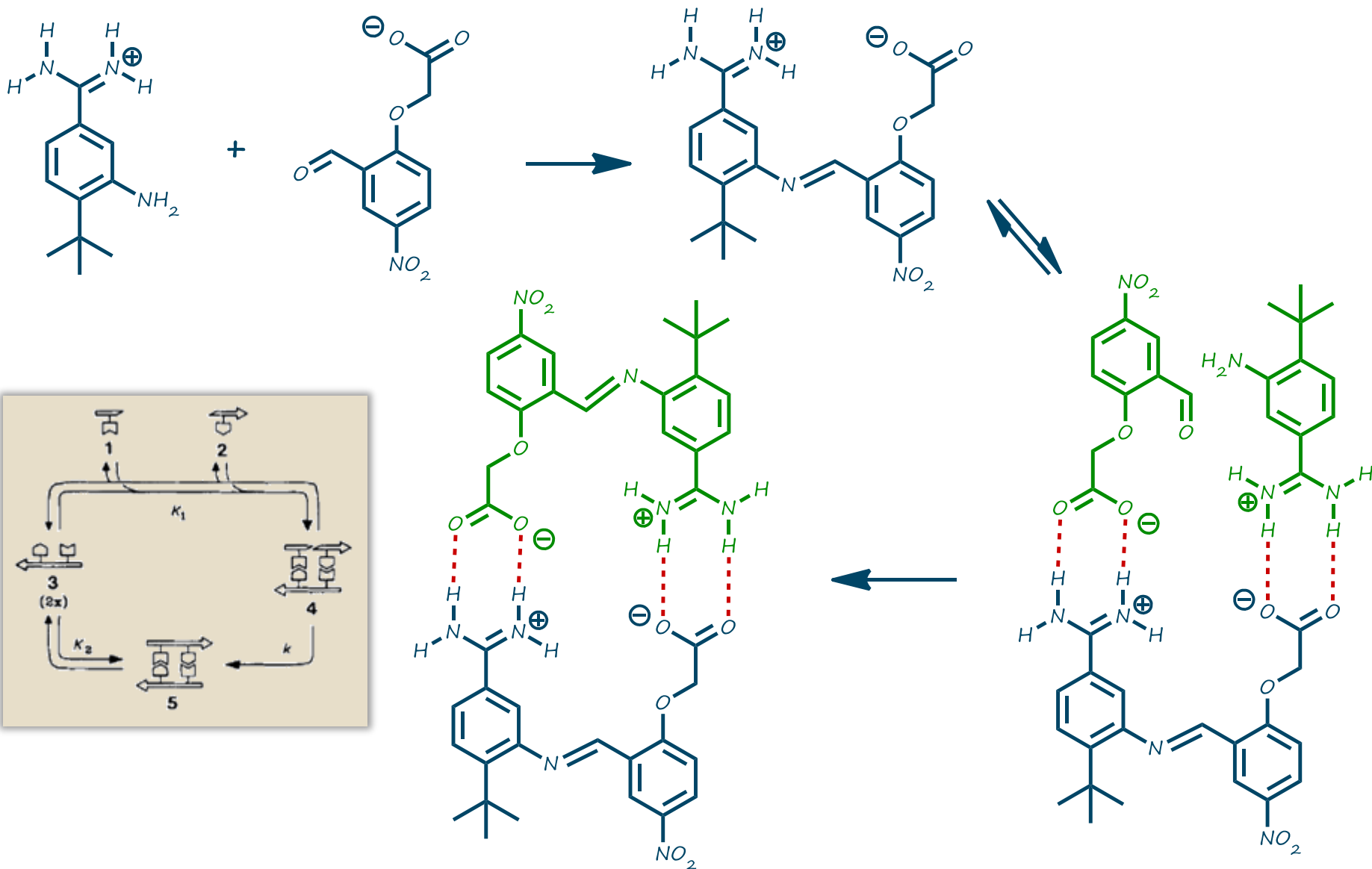
σε CHCl_3 .



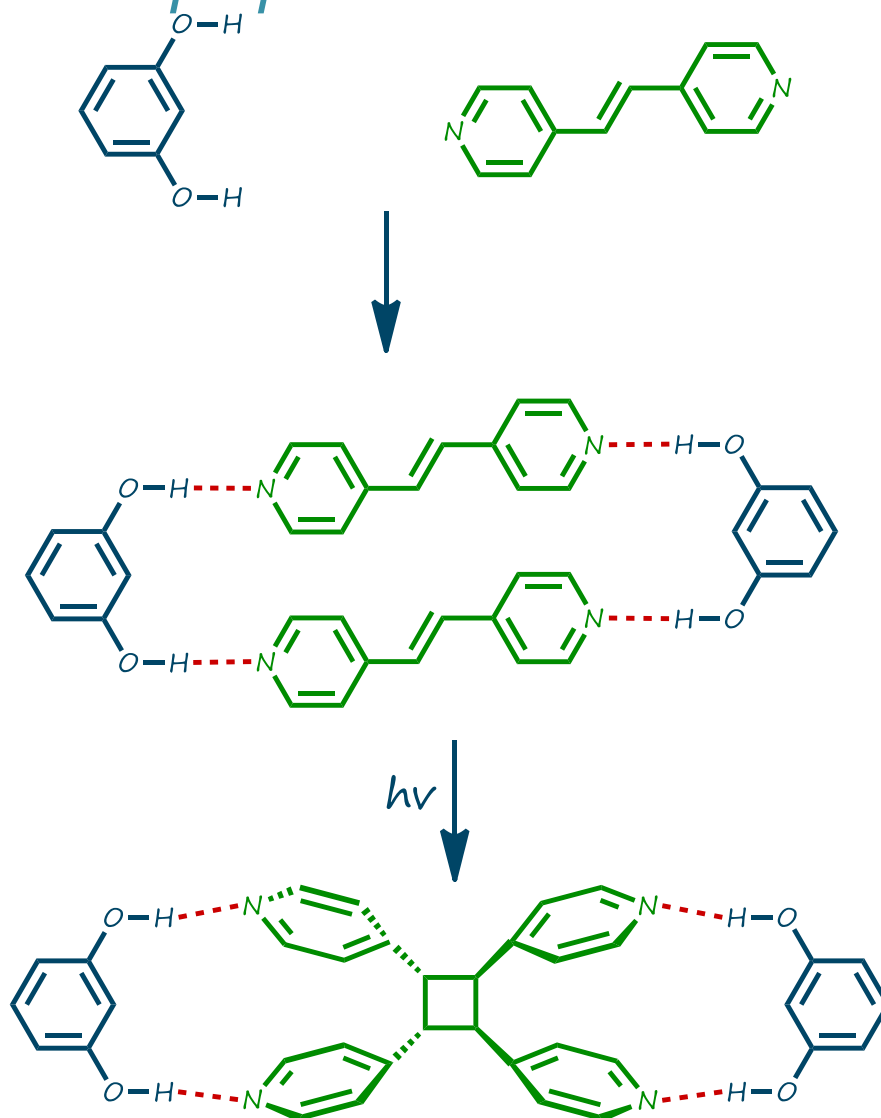
Jorgensen, W. L., Pranata, J. [Importance of secondary interactions in triply hydrogen bonded complexes: guanine-cytosine vs uracil-2,6-diaminopyridine](#), *J. Am. Chem. Soc.*, **1990**, 112, 2008.

Prins, L. J., Reinhoudt, D. N., Timmerman, P., [Noncovalent Synthesis Using Hydrogen Bonding](#), *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2001**, 40, 2382.

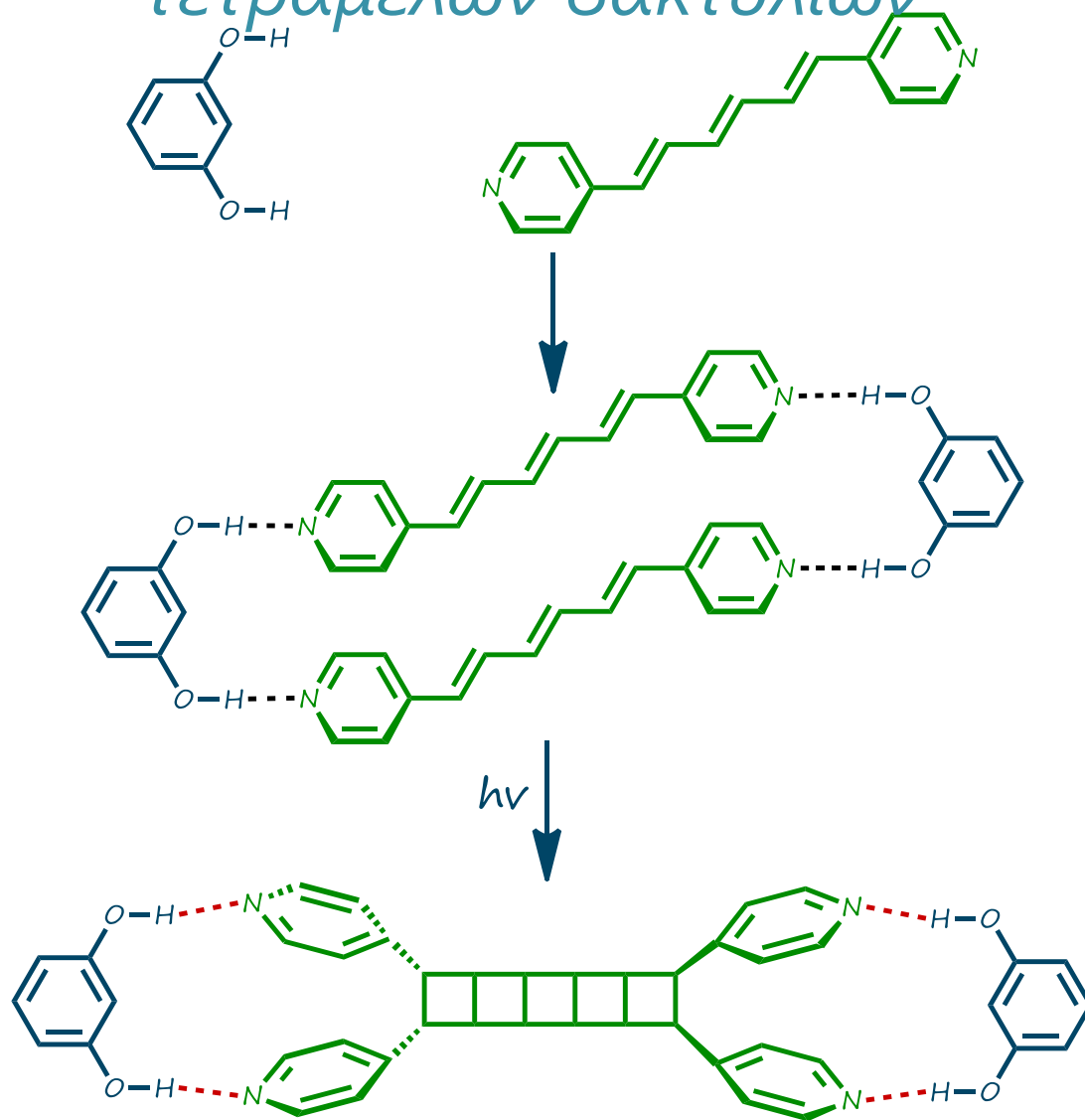
ΔY : συνεισφορά στην (αυτο)αναπαραγωγή μορίων



ΔY : συνεισφορά στον σχηματισμό παρεμποδισμένων τετραμελών δακτυλίων



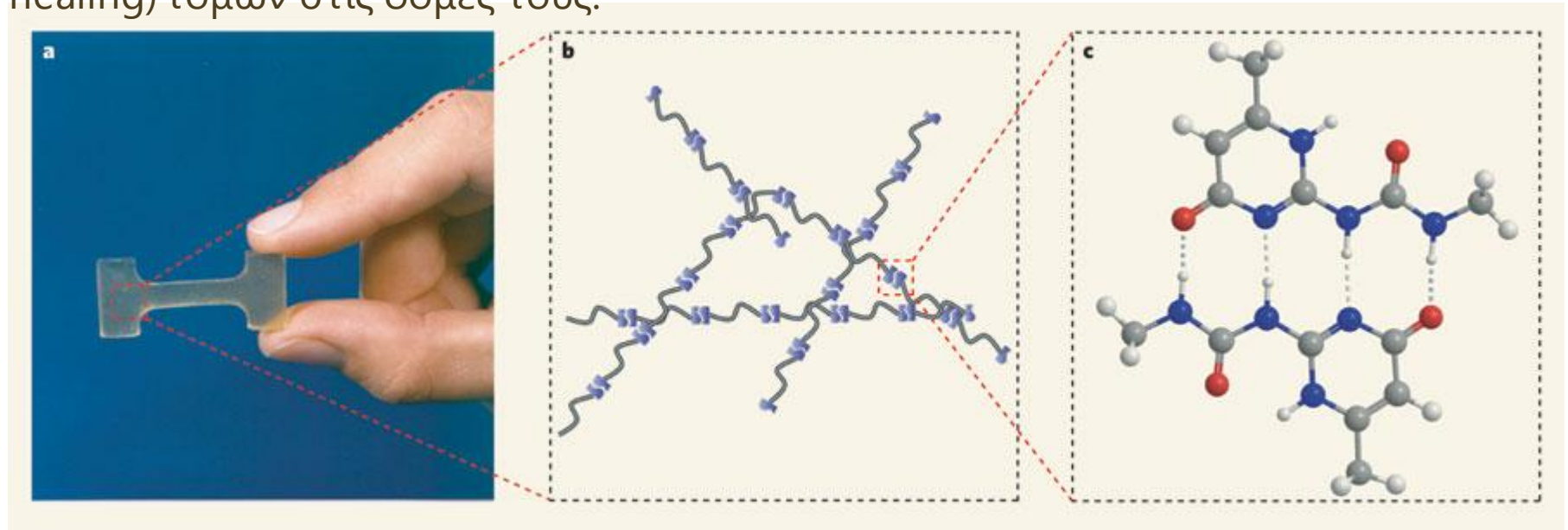
ΔY : συνεισφορά στον σχηματισμό πολλαπλών τετραμελών δακτυλίων



Υπερμοριακά Πολυμερή

Τα συμβατικά πολυμερή έχουν άριστες ιδιότητες αλλά η τήξη τους οδηγεί σε ιδιαίτερα παχύρρευστα υλικά, δύσκολα στην επεξεργασία και τον χειρισμό (που συνήθως απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις). Το γεγονός αυτό περιορίζει τις εφαρμογές τους.

Αντίθετα τα υπερμοριακά πολυμερή συνδυάζουν τις άριστες ιδιότητες των συμβατικών πολυμερών, εμφανίζουν χαμηλό ιξώδες κατά την τήξη τους και έχουν νέα, αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά, όπως η ικανότητα αυτοεπούλωσης (self-healing) τομών στις δομές τους.



a, Πλαστικό φτιαγμένο από υπερμοριακό πολυμερές. **b**, Μοριακή δομή μονομερών που συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου. **c**, Χαρακτηριστικό παράδειγμα των υπερμοριακών αλληλεπιδράσεων που συντελούν στην αυθόρμητη δημιουργία υπερμοριακών πολυμερών.

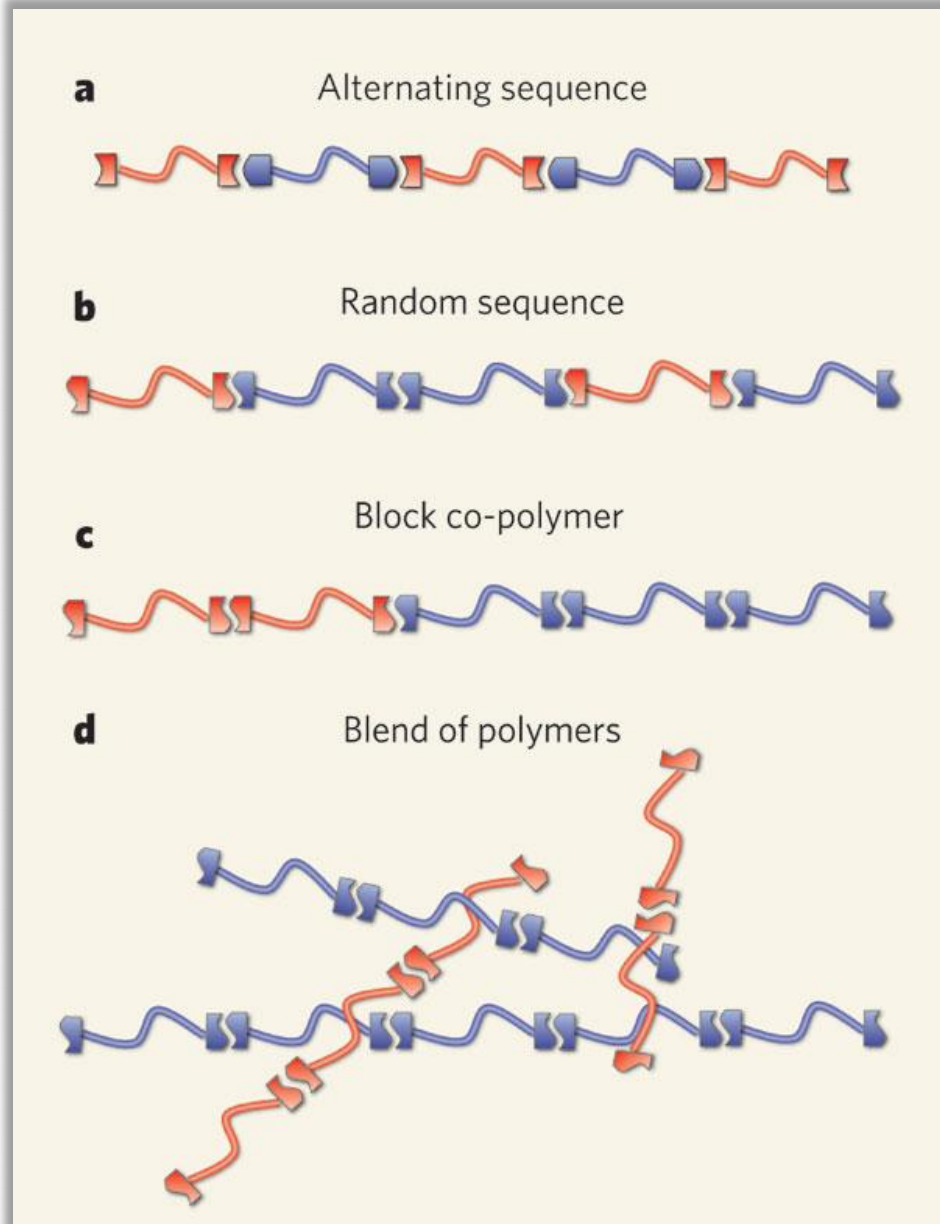
Υπερμοριακά πολυμερή: βιβλιογραφία

- ➔ de Greef, T. F. A., Meijer, E. W. [Materials science: Supramolecular polymers](#), *Nature*, **2008**, 453, 171-173.
- ➔ Brunsveld, L., Folmer, B. J. B., Meijer, E. W. & Sijbesma, R. P. *Chem. Rev.* **2001**, 101, 4071–4098 .
- ➔ Ciferri, A. (ed.) *Supramolecular Polymers* (CRC, New York, **2005**).
- ➔ Lehn, J.-M. *Polym. Int.*, **2002**, 51, 825–839.
- ➔ Binder, W. (ed.) *Hydrogen Bonded Polymers* (Springer, New York, **2007**).
- ➔ www.suprapolix.com/index.php?page=supramolecular
- ➔ Dankers, P. Y. W., Meijer, E. W. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2007**, 80, 2047–2073.
- ➔ Cordier, P., Tournilhac, T., Soulié-Ziakovic, C., Leibler, L. *Nature*, **2008**, 451, 977–980.

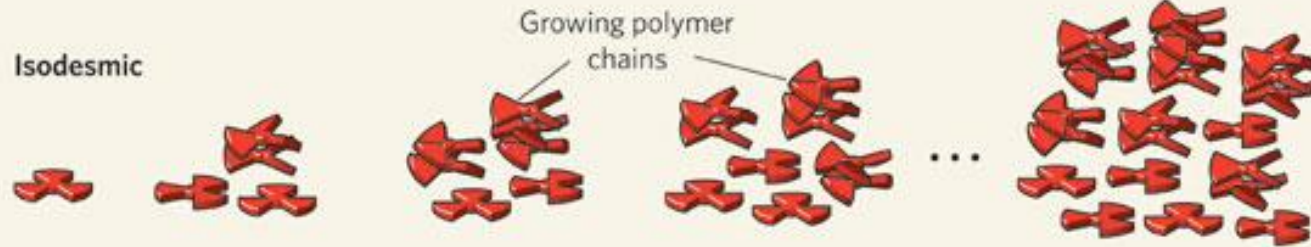
Υπερμοριακά Πολυμερή

Τρόποι σχηματισμού υπερμοριακών συμπολυμερών:

- Συμπληρωματικότητα μεταξύ διαφορετικών μονομερών οδηγεί στον σχηματισμό εναλλασσόμενης αλληλουχίας στο συμπολυμερές.
- Αν τα μονομερή έχουν συμπληρωματικότητα με τον εαυτό τους και ταυτόχρονα μπορούν να φτιάξουν και ΔΥ με άλλες ομάδες υπάρχουν τρεις πιθανότητες.
 - Συμπολυμερή τυχαίας αλυσίδας.
 - Συμπολυμερή ομοπολυμερών.
 - Μείγματα ομοπολυμερών.



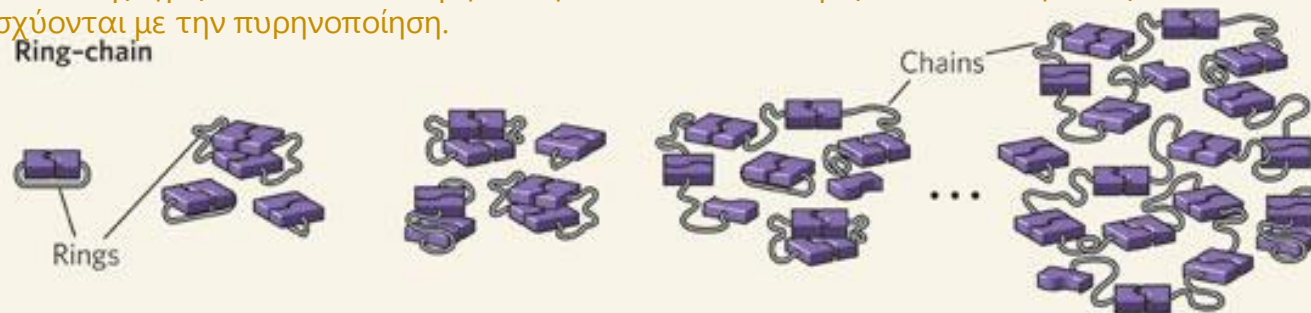
Μηχανισμοί ανάπτυξης υπερμοριακών πολυμερών



Ισοδεσμικός: Η ισχύς των δευτεροταγών αλληλεπιδράσεων μεταξύ μονομερών, δεν επηρεάζεται από το μήκος της αλυσίδας. Κάθε μονομερές αυξάνει την θερμοδυναμική σταθερότητα του πολυμερούς κατά τον ίδιο βαθμό.



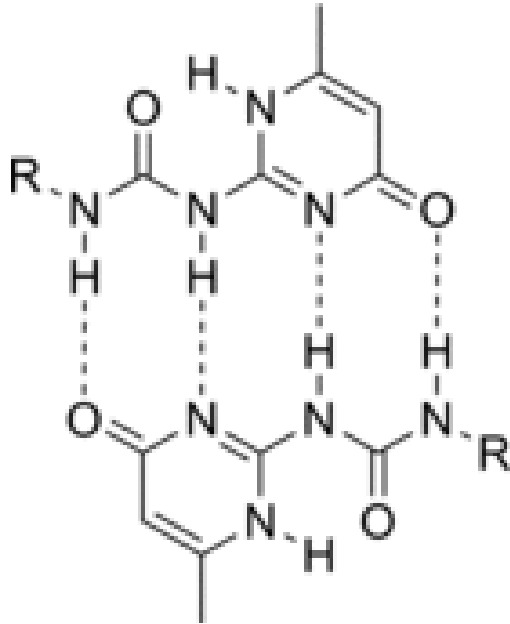
Μηχανισμός πυρηνοποίησης-επιμήκυνσης: Ανάπτυξη διατεταγμένων πολυμερών, όπως αυτά που σχηματίζουν έλικες. Περιλαμβάνει ένα αργό στάδιο πυρηνοποίησης που ακολουθείται από το γρήγορο στάδιο επιμήκυνσης. Ασθενείς διαμοριακές αλληλεπιδράσεις που ενισχύονται με την πυρηνοποίηση.



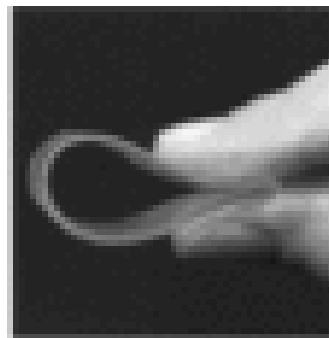
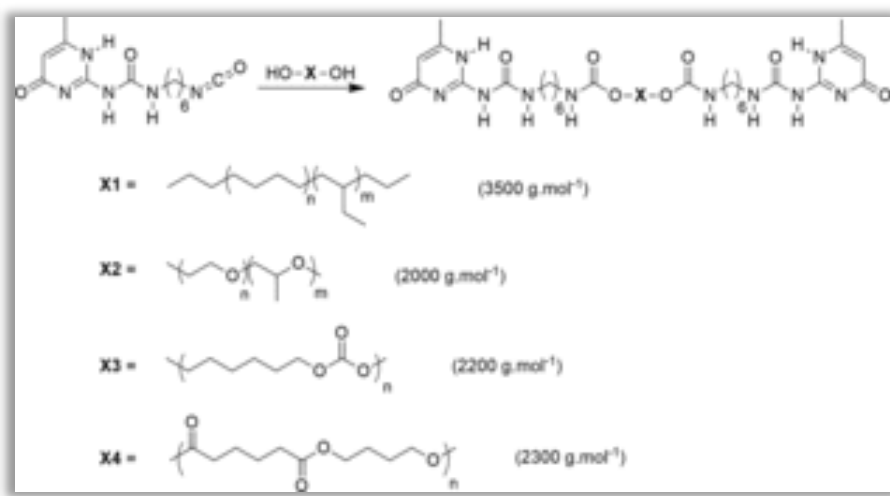
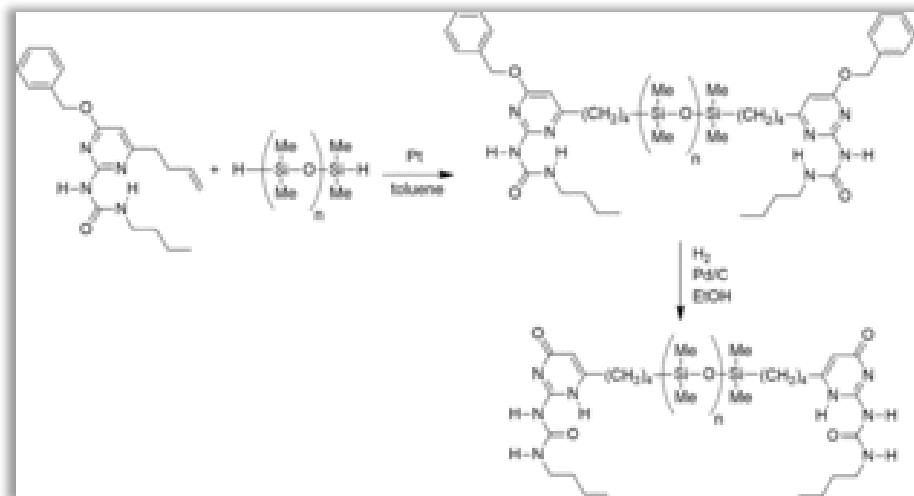
Μηχανισμός δακτυλίου-αλυσίδας. Ειδική περίπτωση μηχανισμού πυρηνοποίησης, που παρατηρείται συχνά στα ομοιοπολικά πολυμερή, και χαρακτηρίζεται από ισορροπία μεταξύ δακτυλίων και αλυσίδων.

Concentration

Υπερμοριακά Πολυμερή



Ο Meijer και οι συνεργάτες του έδειξαν ότι η ureidopyrimidinone (UPy) διμερίζεται ισχυρά ($K_{\text{assoc}} > 10^7 \text{ M}^{-1}$ σε χλωροφόρμιο) σε μία αυτοσυμπληρωματική σειρά τεσσάρων συμπληρωματικών ΔΥ.

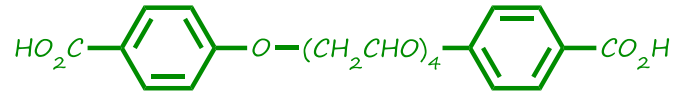
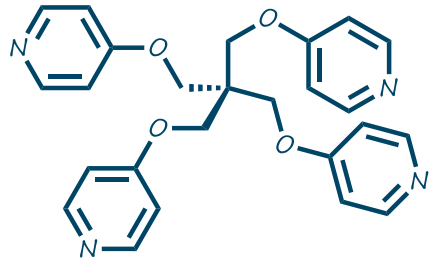


R. P. Sijbesma, F. H. Beijer, L. Brunsveld, B. J. B. Folmer, J. H. K. K. Hirschberg, R. F. M. Lange, J. K. L. Lowe, E. W. Meijer, *Science* **1997**, 278, 1601.

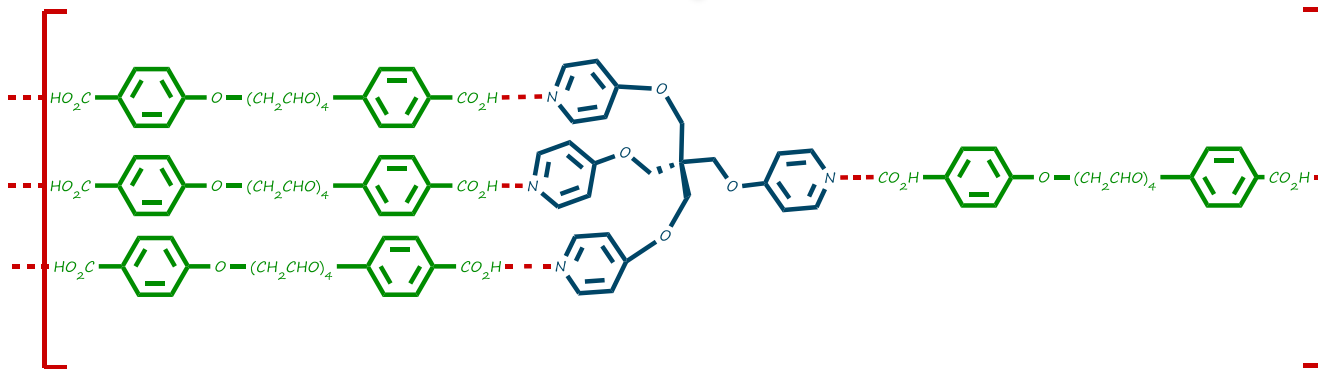
F. H. Beijer, R. P. Sijbesma, H. Kooijman, A. L. Spek, E. W. Meijer, *J. Am. Chem. Soc.* **1998**, 120, 6761.

B. J. B. Folmer, R. P. Sijbesma, R. M. Versteegen, J. A. J. van der Rijt, E. W. Meijer, *Adv. Mater.* **2000**, 12, 874.

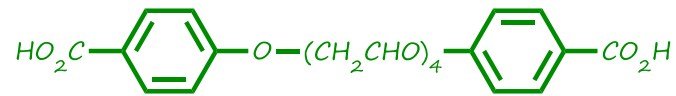
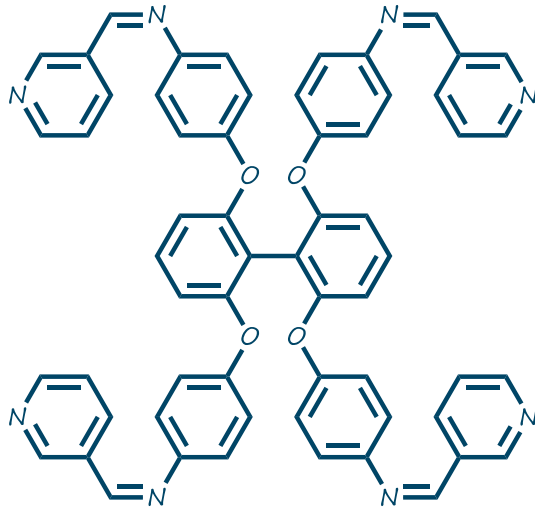
Υπερμοριακά Πολυμερή



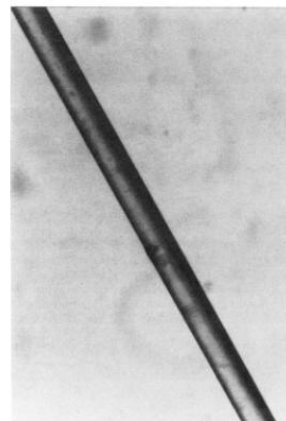
Σχηματισμός ενός γραμμικού υπερμοριακού δικτύου.



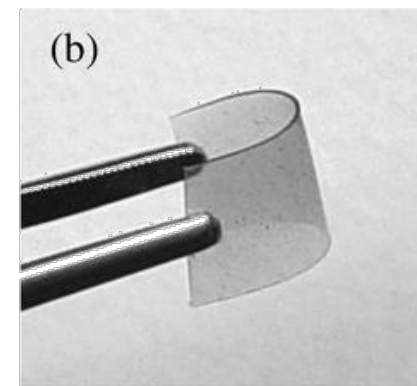
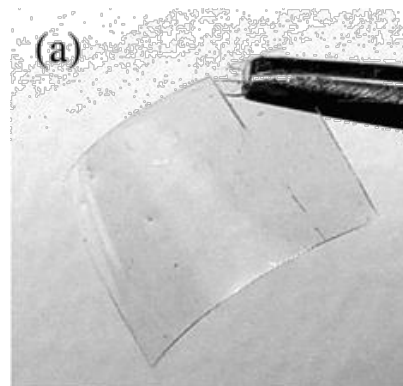
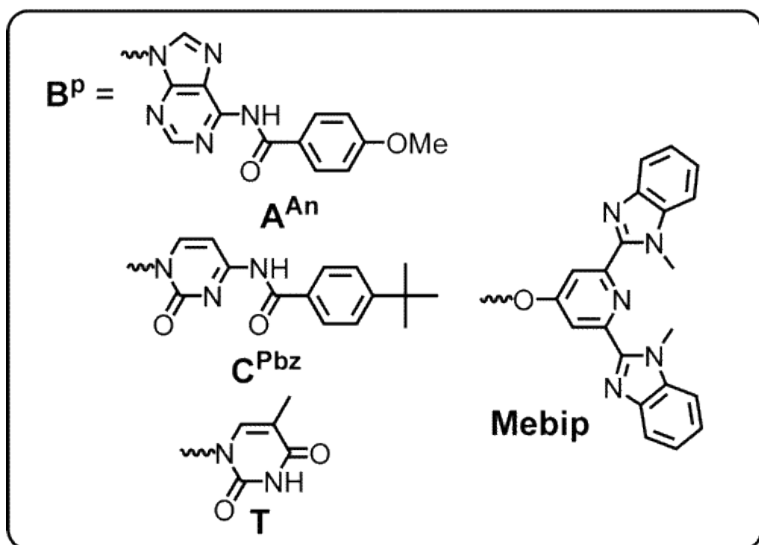
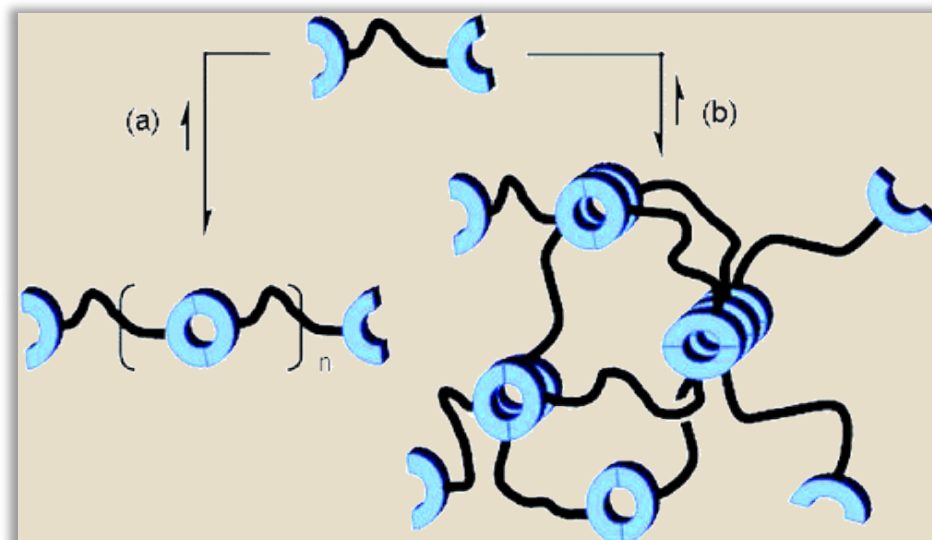
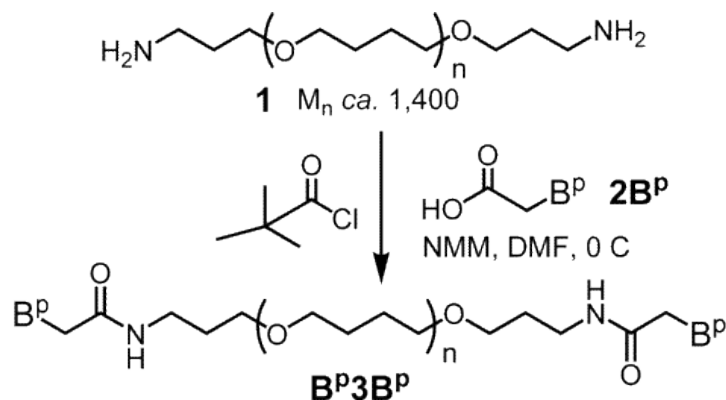
Υπερμοριακά Πολυμερή



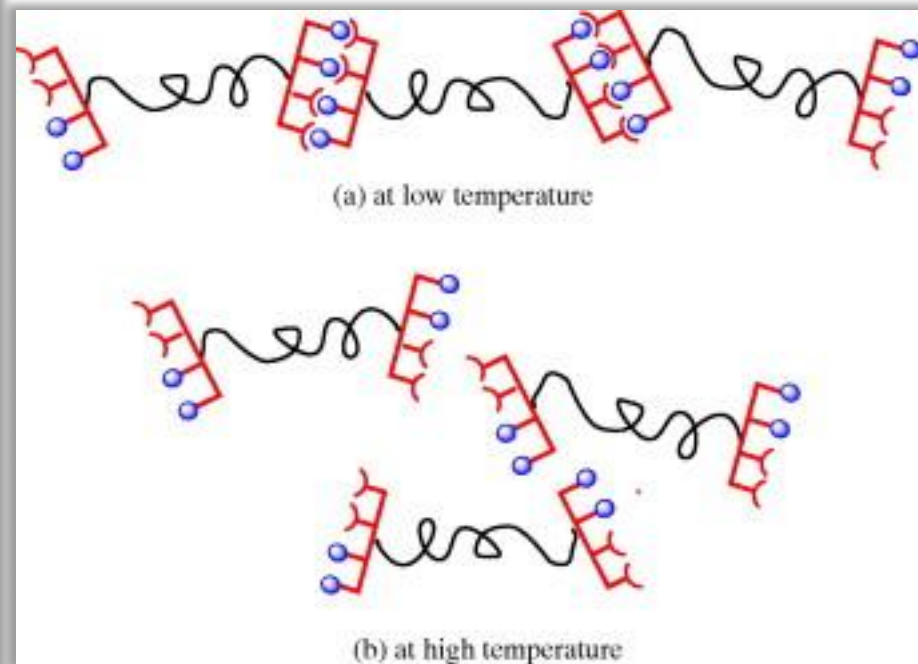
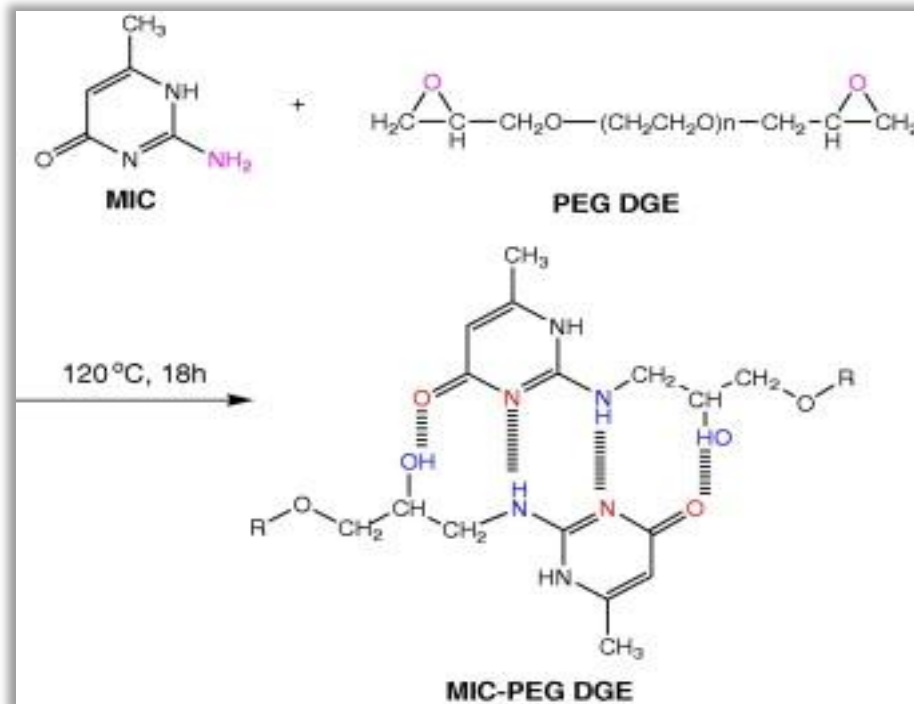
Σχηματισμός ενός γραμμικού υπερμοριακού πολυμερούς.



Υπερμοριακά Πολυμερή



Υπερμοριακά Πολυμερή



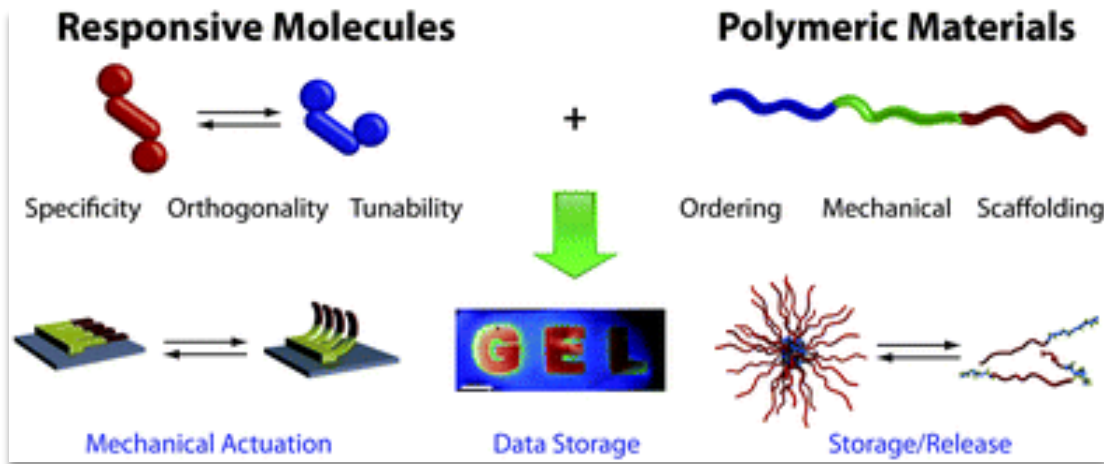
(a) PEG DGE

(b) MIC-PEG DGE at 20 °C

(c) MIC-PEG DGE at 70 °C

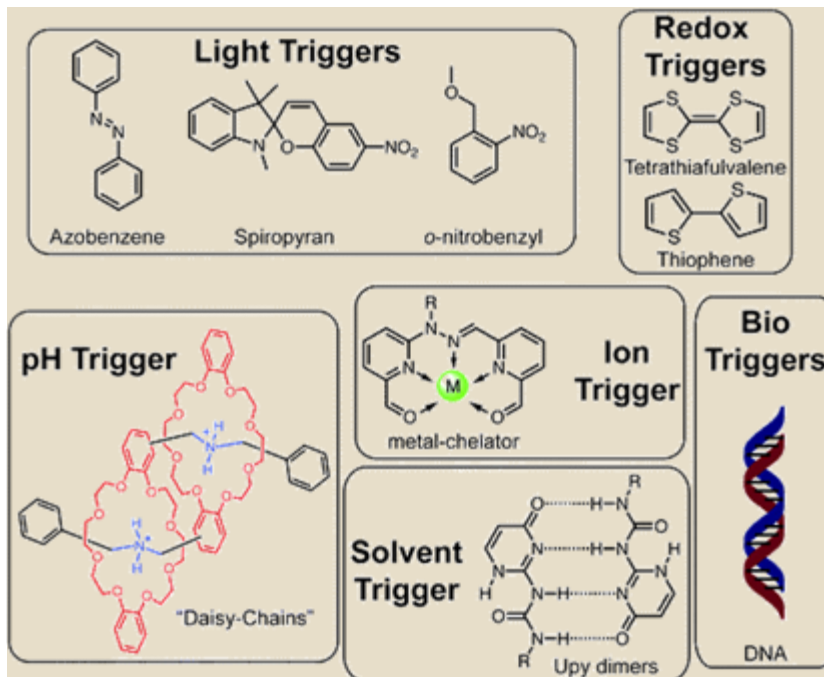


Αποκρίσιμα Πολυμερή



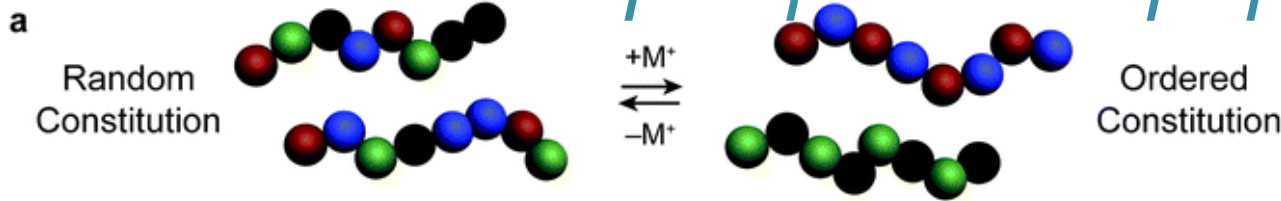
Στόχος:

Κατά παραγγελία πολυμερή που συνδυάζουν την εξειδίκευση, ορθογωνιότητα, λειτουργικότητα και ευελιξία αποκρίσιμων μορίων με τις ιδιότητες των πολυμερών.



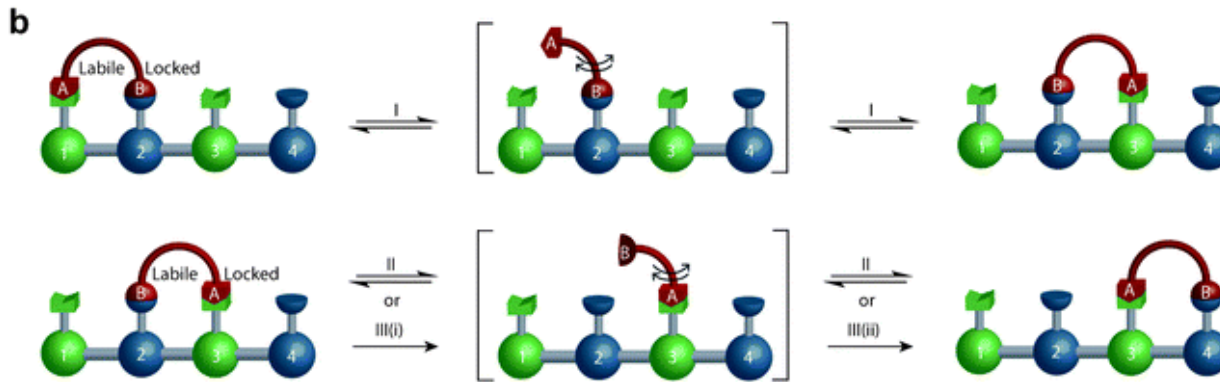
Μοριακοί «ενεργοποιητές» που αποκρίνονται σε διαφορετικά εναύσματα.

Αποκρίσιμα Πολυμερή

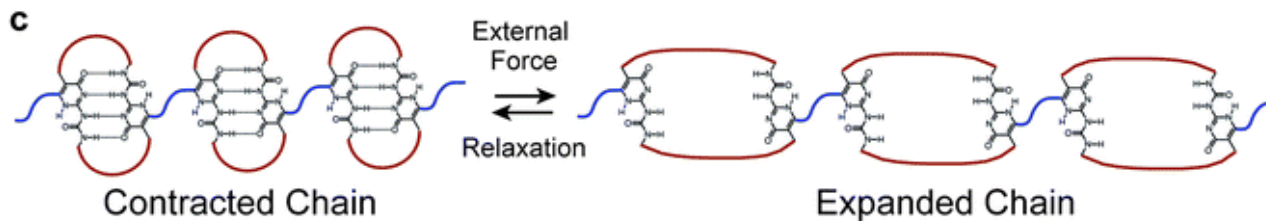


Εξωτερικά υποκεινούμενες δομικές μεταβολές πολυμερών:

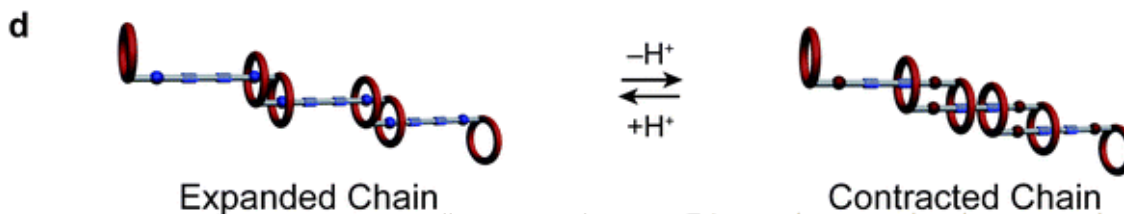
(a) ανταλλασσόμενα μονομερή σχηματίζουν στατιστικά πολυμερή (dynamers) που στη συνέχεια μετατρέπονται σε πολυμερή καθορισμένης δομής



(b) Γραμμικός συνθετικός κινητήρας (τεσσάρων ζευγών βάσεων) χρησιμοποιεί ένα κινούμενο μόριο που μεταβάλλει τη θέση του ανάλογα με εξωτερικό σήμα.



(c) Εξωτερικά υποκεινούμενη εκταση πολυμερικής αλυσίδας καταστρέφει δίκτυο ΔΥ.



(d) Διπλό ροταξάνιο που μπορεί να εκταθεί ή να συσταλεί με την αλλαγή του pH.

Spruell, J. M., Hawker, C. J. [Triggered structural and property changes in polymeric nanomaterials](#), *Chem. Sci.*, **2011**, 2, 18-26.

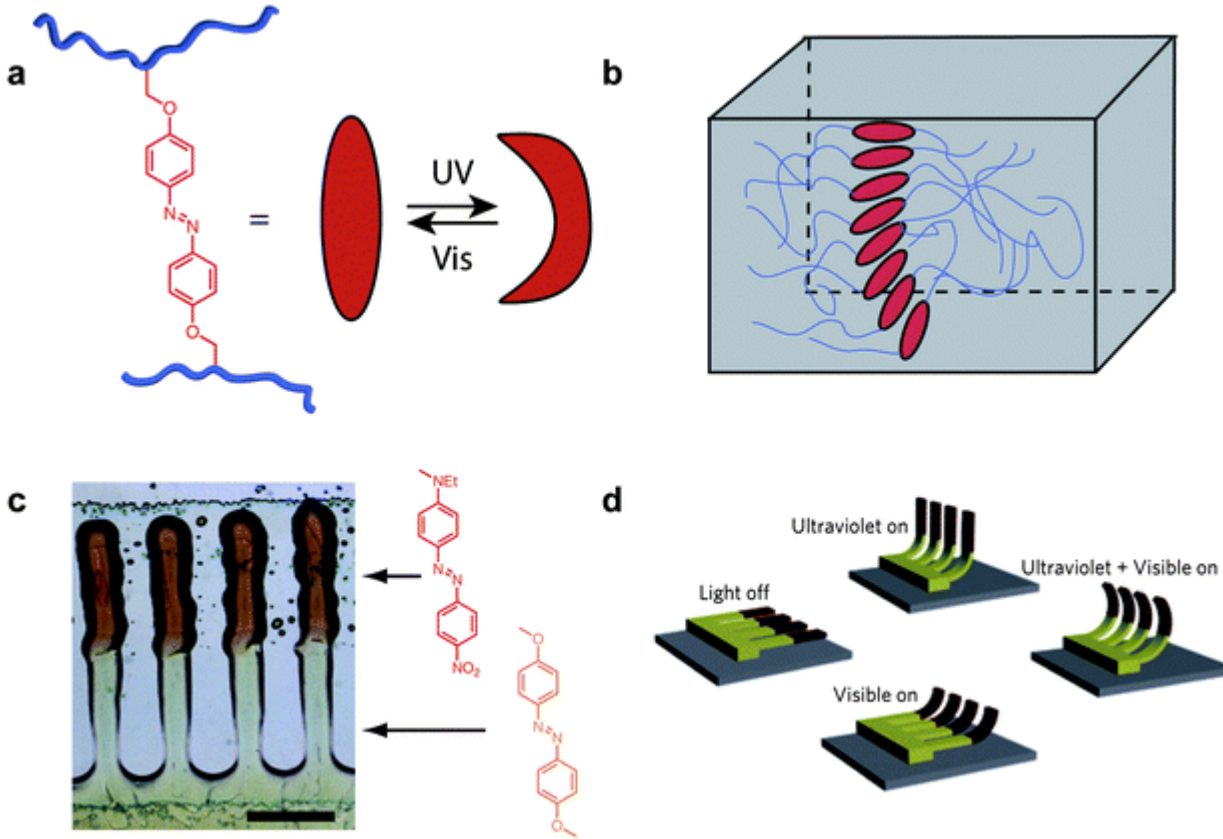
(a) A. Klaiherd, C. Nagamani and S. Thayumanavan, *J. Am. Chem. Soc.*, 2009, 131, 4830-4838.

(b) M. von Delius, E. M. Geertsema and D. A. Leigh, *Nat. Chem.*, **2009**, 2, 96-101.

(c) S. M. King in *Molecular Motors*, ed. M. Schliwa, Wiley-VCH, Weinheim, **2003**, ch. 2, pp. 45-78.

(d) J. F. Stoddart et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **2009**, 131, 7126-7134.

Αποκρίσιμα Πολυμερή

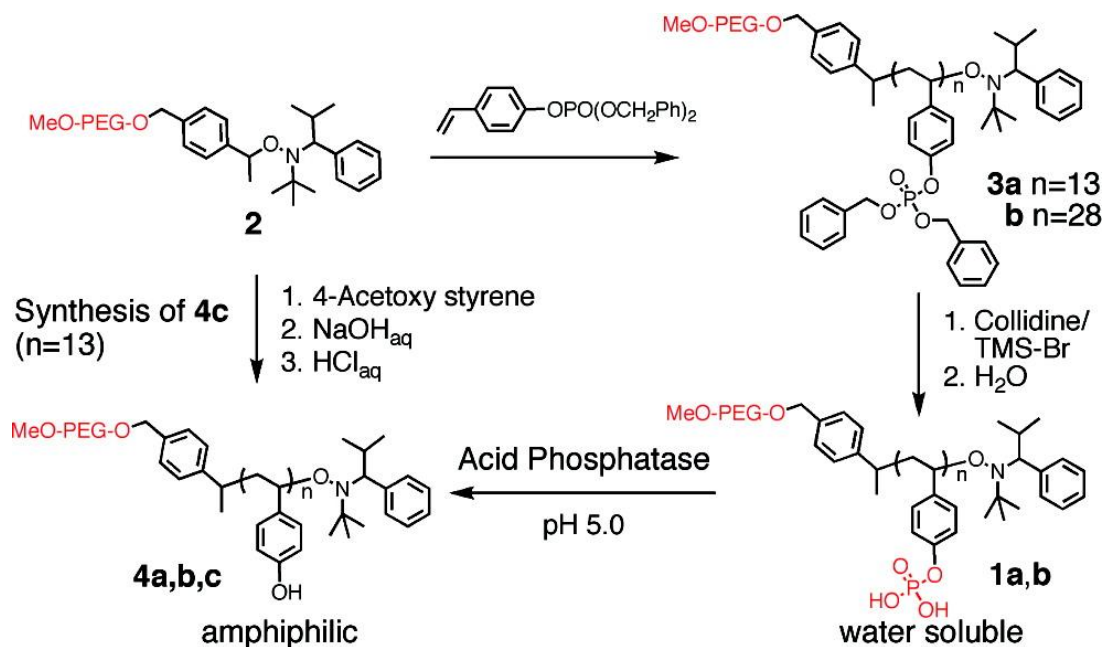
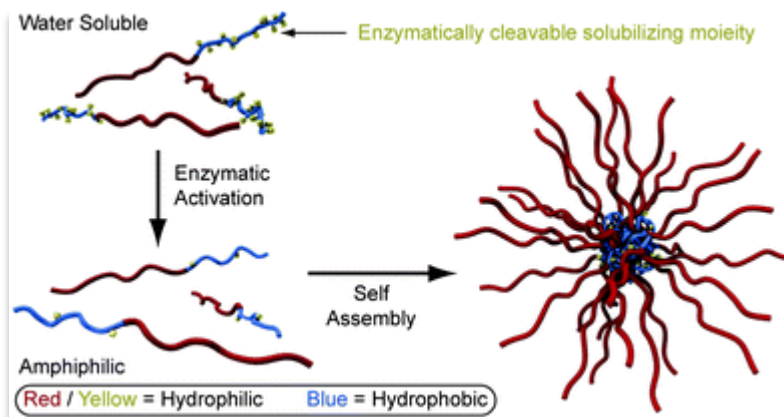


Δημιουργία
φωτοενεργοποιούμενων
ινιδίων

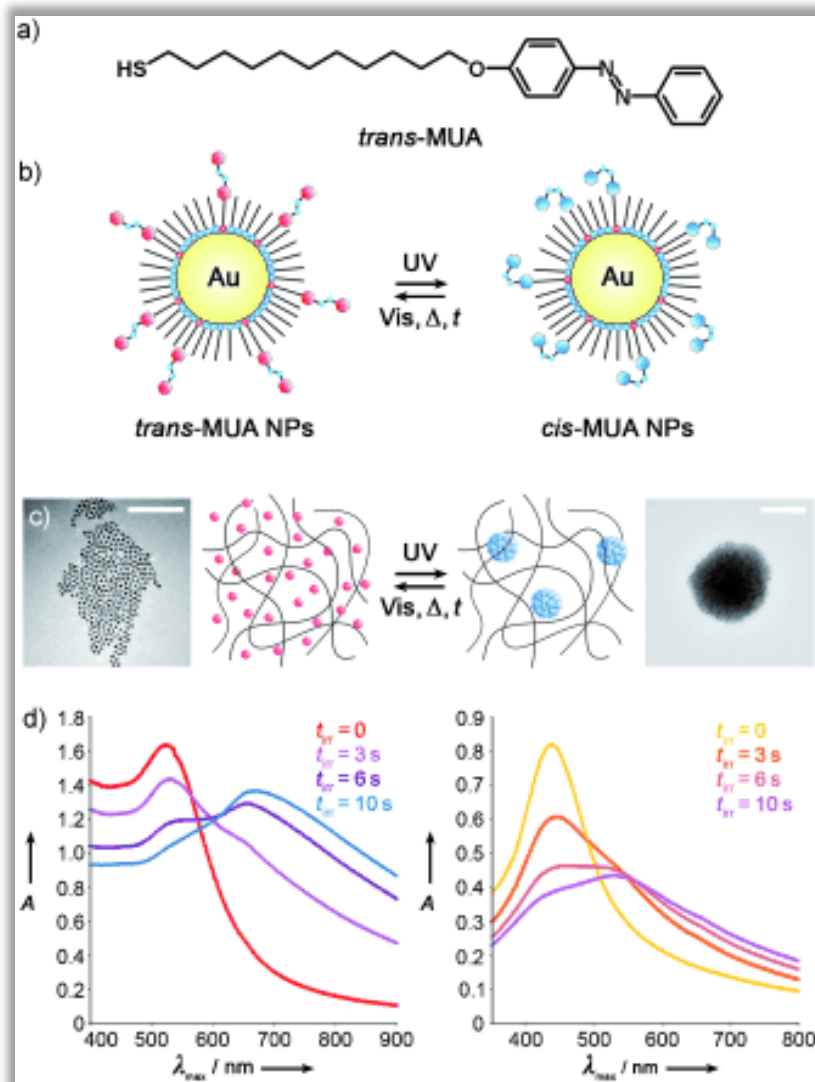
Η χρήση ομάδων
αζοβενζολίου σε
πλέγματα μπορεί να
επιφέρει σημαντικές
δομικές αλλαγές μέσω
UV.

Αποκρίσιμα Πολυμερή

Δημιουργία
αμφίφιλων
πολυμερών μέσω
ενζυματικής
αντίδρασης.



Αποκρίσιμα Πολυμερή - "Mission Impossible"



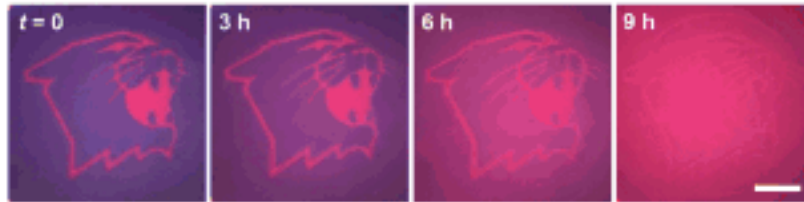
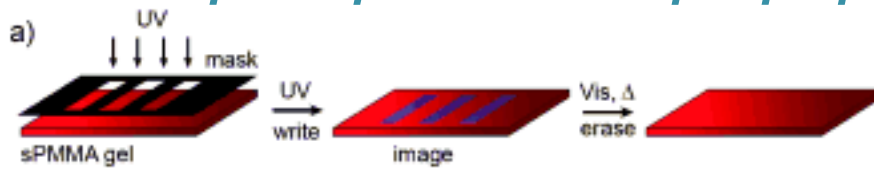
- (a) Νανοσωματίδια χρυσού που έχουν τροποποιηθεί με ομάδες αζοβενζολίου δημιουργούν αντιστρεπτά δίπολα στην επιφάνεια με την επίδραση UV φωτός.
- (b) - (d) Σχηματισμός συσσωματωμάτων των νανοσωματιδίων μέσα σε πολυμερική μήτρα με την επίδραση UV. Η συσσωμάτωση εκφράζεται μακροσκοπικά με αλλαγή χρώματος.

Spruell, J. M., Hawker, C. J. [Triggered structural and property changes in polymeric nanomaterials](#), *Chem. Sci.*, **2011**, 2, 18-26.

R. Klajn, P. J. Wesson, K. J. M. Bishop, B. A. Grzybowski, [Writing Self-Erasing Images using Metastable Nanoparticle "Inks"](#),

Angew. Chem., Int. Ed., **2009**, 48, 7035-7039.

Αποκρίσιμα Πολυμερή - "Mission Impossible"



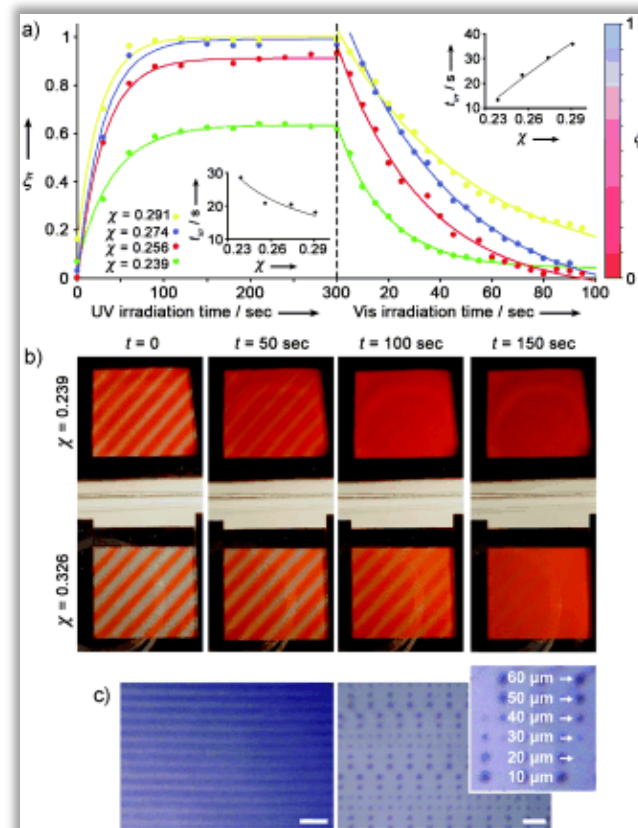
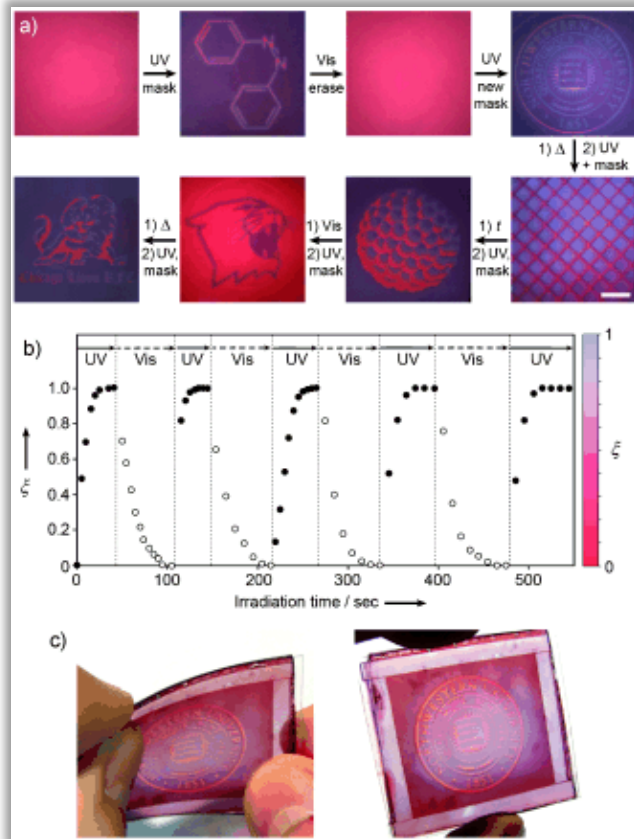
"Αυτοκαταστρεφόμενες"
επιφάνειες.

Spruell, J. M., Hawker, C. J. [Triggered structural and property changes in polymeric nanomaterials](#), *Chem. Sci.*, **2011**, 2, 18-26.

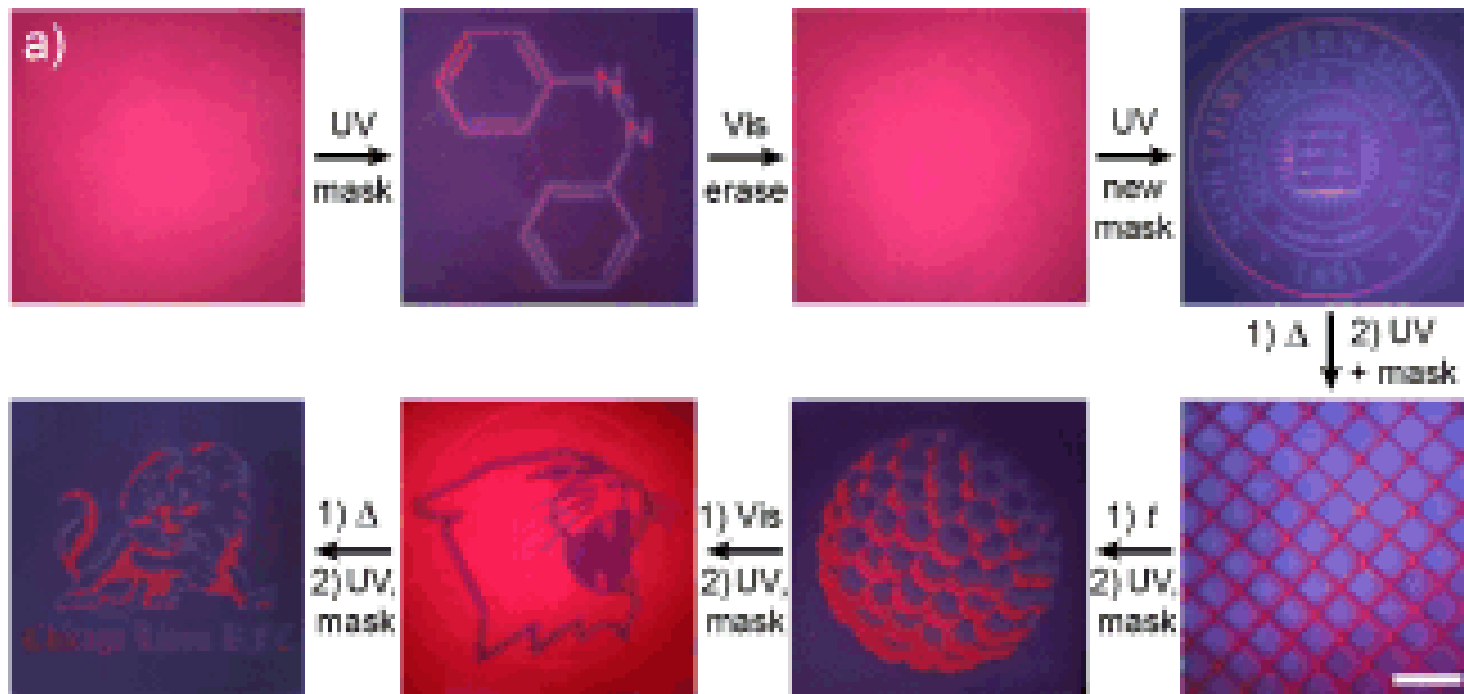
R. Klajn, P. J. Wesson, K. J. M. Bishop, B. A. Grzybowski, [Writing Self-Erasing Images using Metastable Nanoparticle "Inks"](#),

Angew. Chem., Int. Ed., **2009**, 48, 7035-7039.

Αποκρίσιμα Πολυμερή



Αποκρίσιμα Πολυμερή

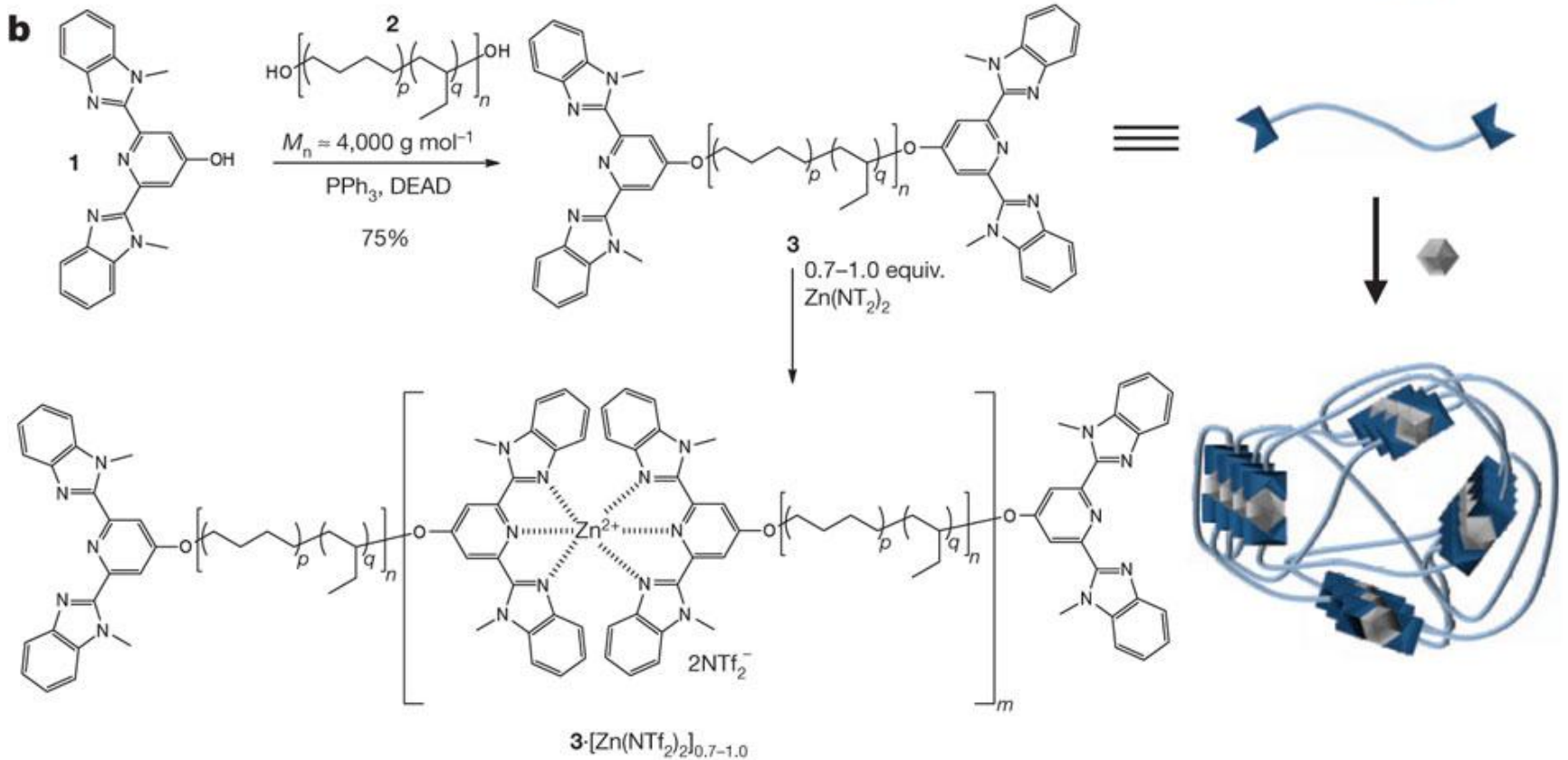
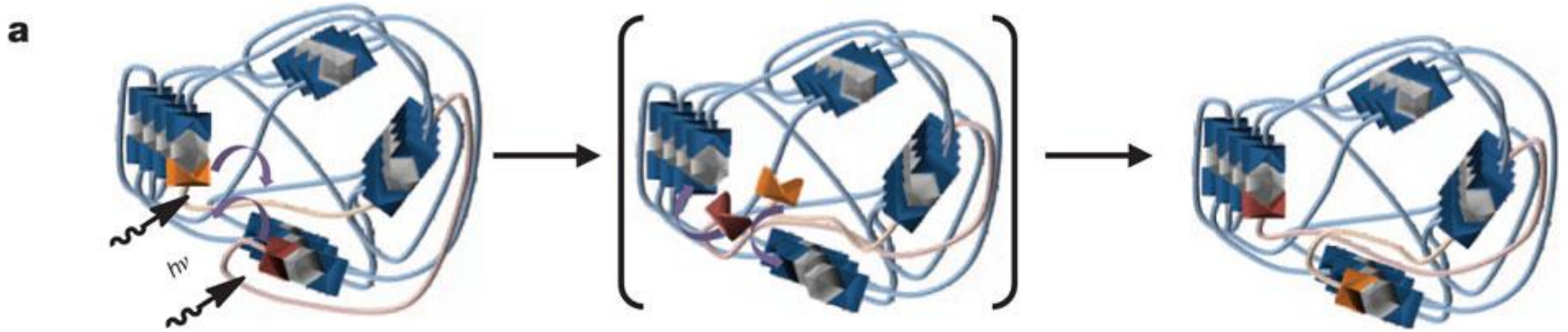


Spruell, J. M., Hawker, C. J. [Triggered structural and property changes in polymeric nanomaterials](#), *Chem. Sci.*, **2011**, 2, 18-26.

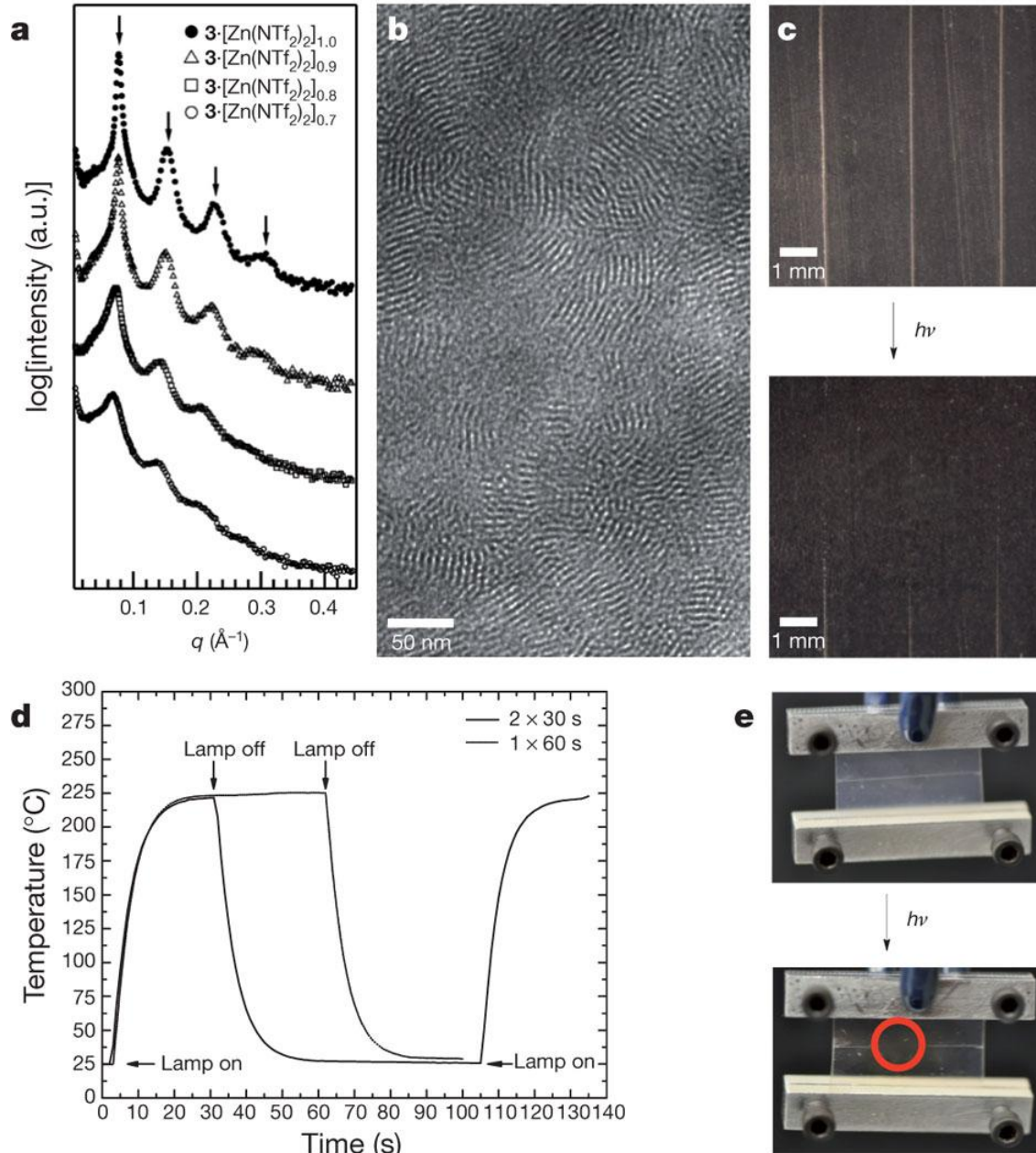
R. Klajn, P. J. Wesson, K. J. M. Bishop, B. A. Grzybowski, [Writing Self-Erasing Images using Metastable Nanoparticle "Inks"](#),

Angew. Chem., Int. Ed., **2009**, 48, 7035-7039.

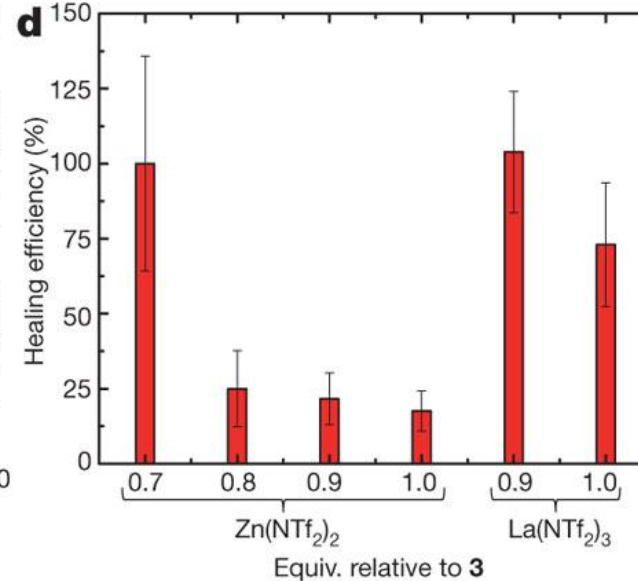
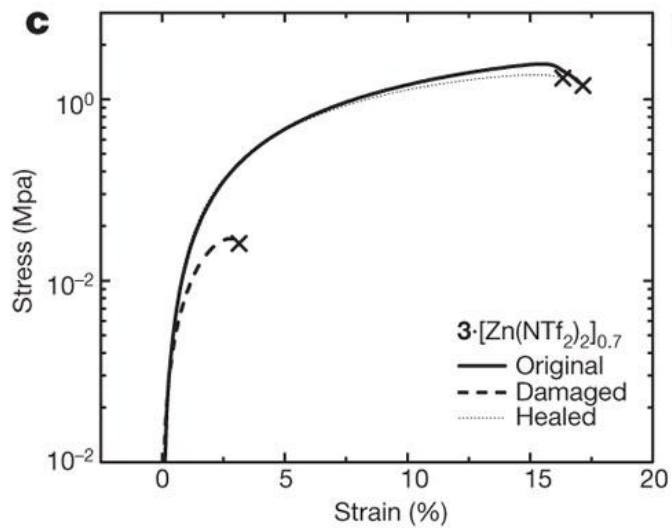
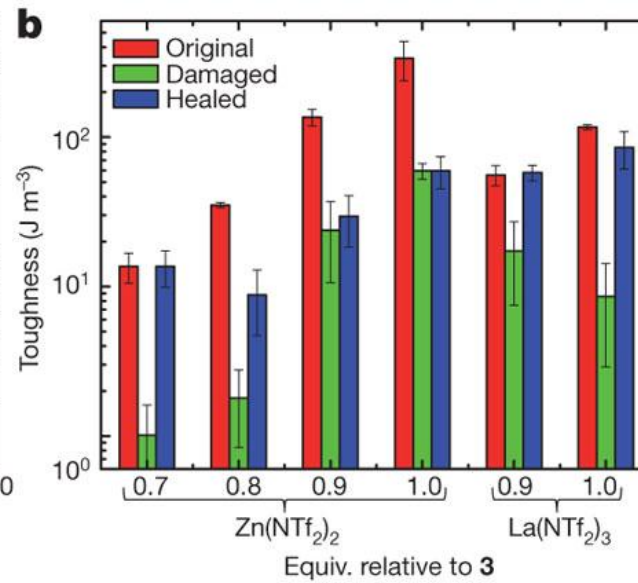
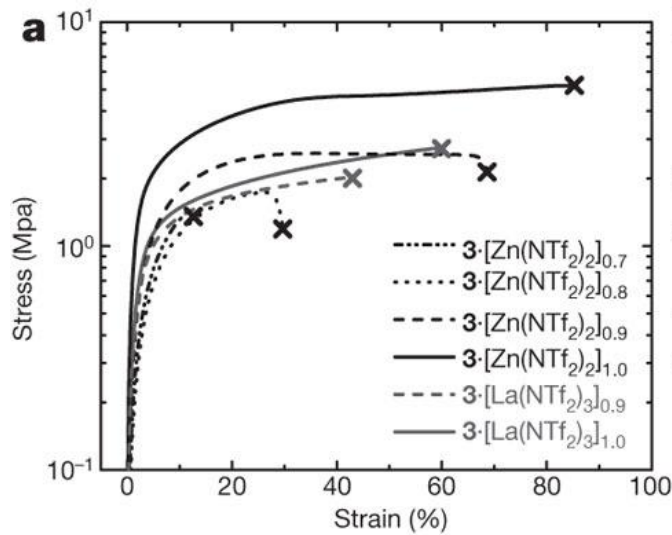
Οπτικά "ιάσιμα" πολυμερή



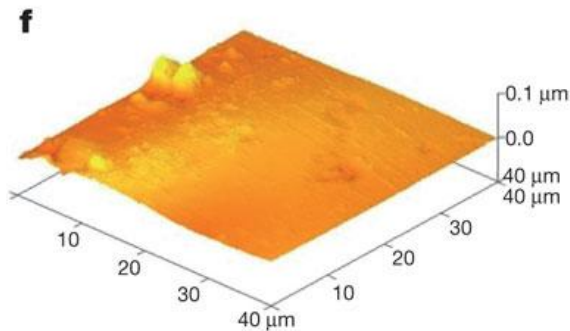
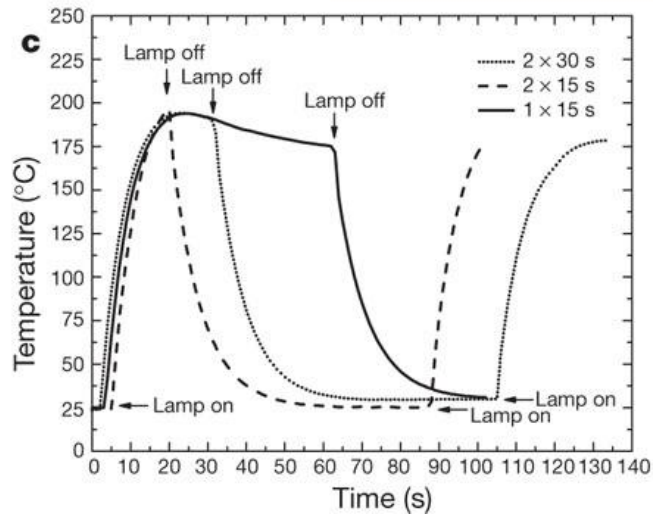
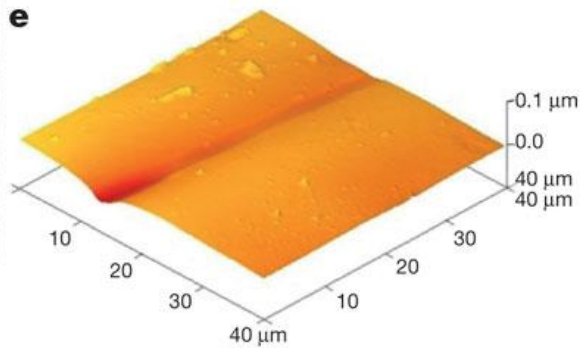
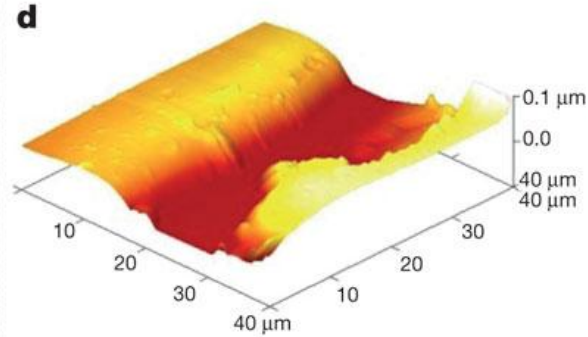
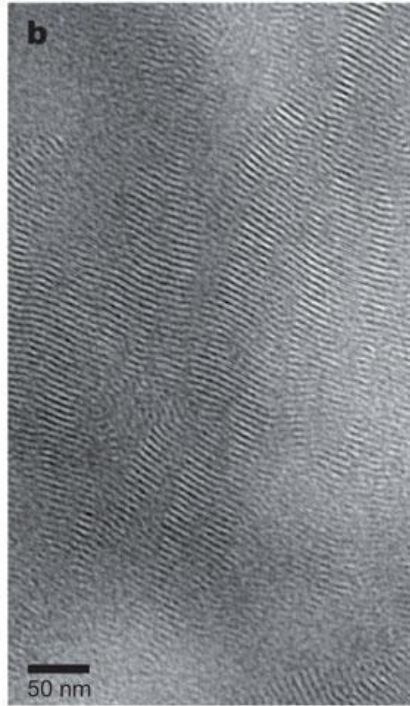
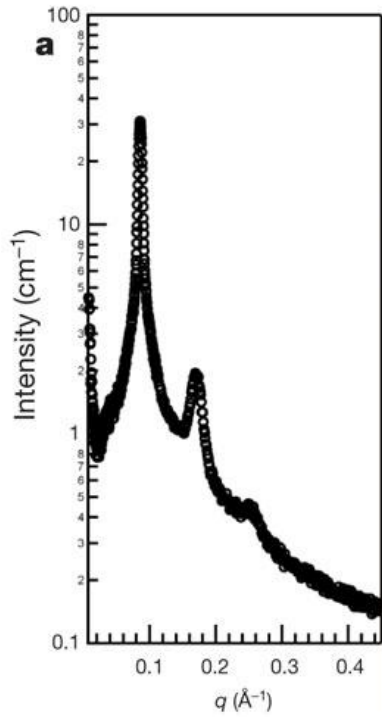
Οπτικά "ιάσιμα" πολυμερή



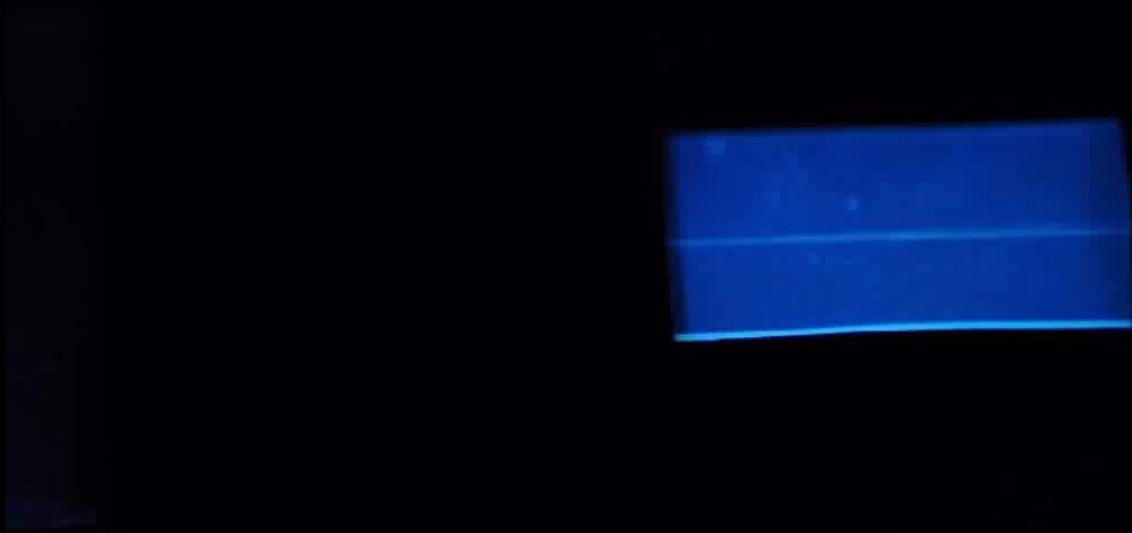
Οπτικά "ιάσιμα" πολυμερή



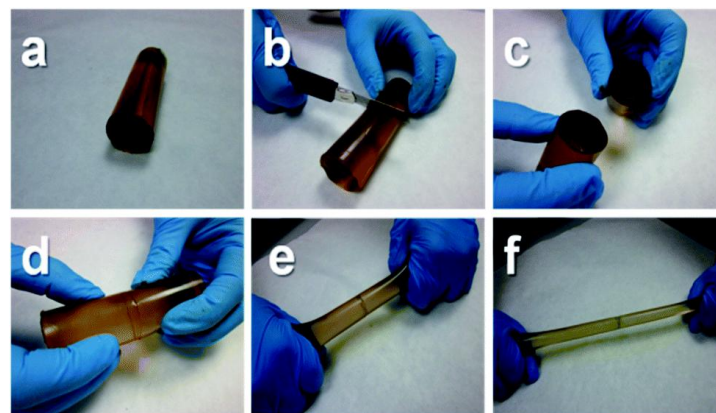
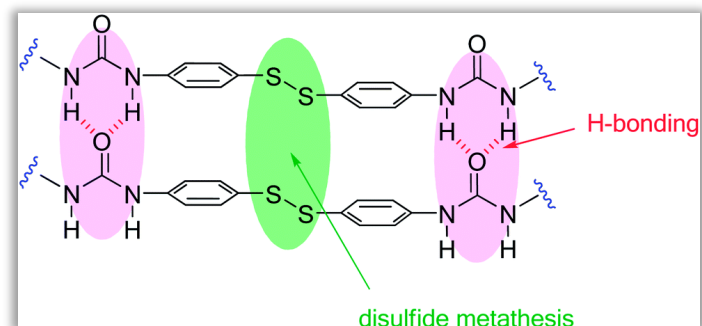
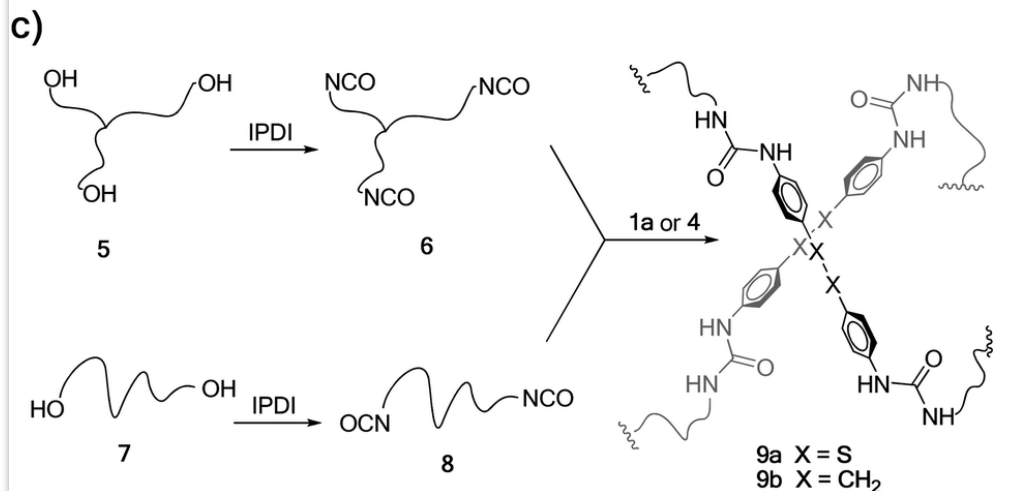
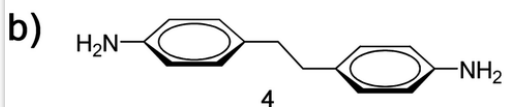
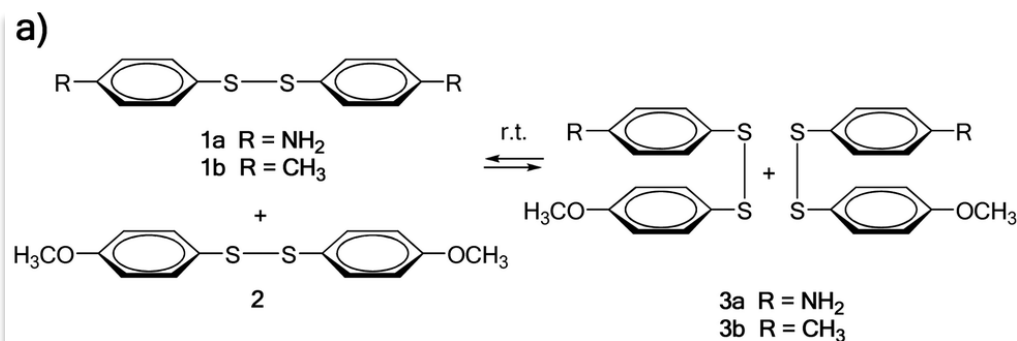
Οπτικά "ιάσιμα" πολυμερή



Οπτικά "ιάσιμα" πολυμερή

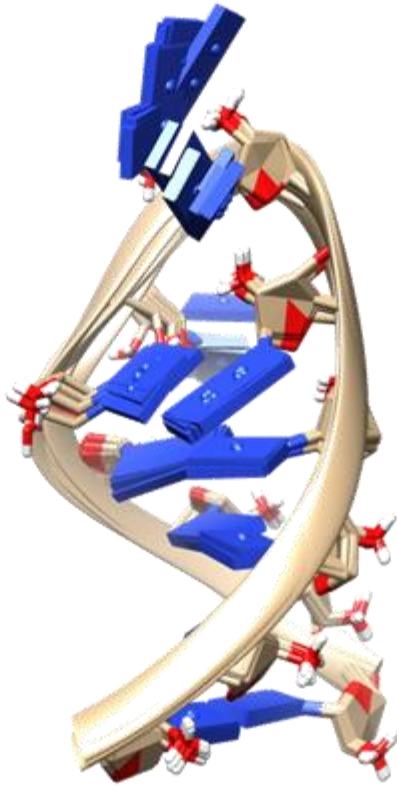


Αυτοϊάσιμα πολυμερή

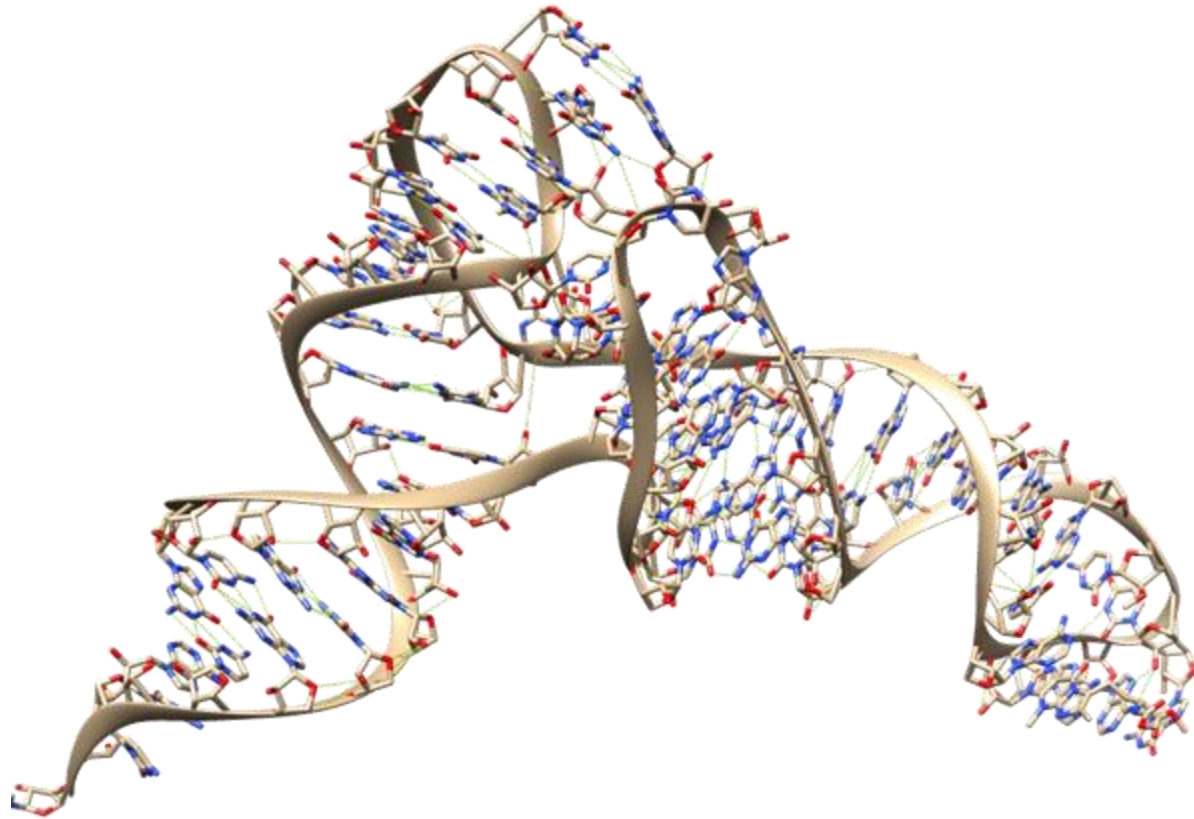


Βιοπολυμερή – διαφορές από συνθετικά πολυμερή:
Καλά καθορισμένη μοριακή και υπερμοριακή δομή υπεύθυνη για
λειτουργικότητα, εξειδίκευση, εκλεκτικότητα.

in vivo οργάνωση RNA

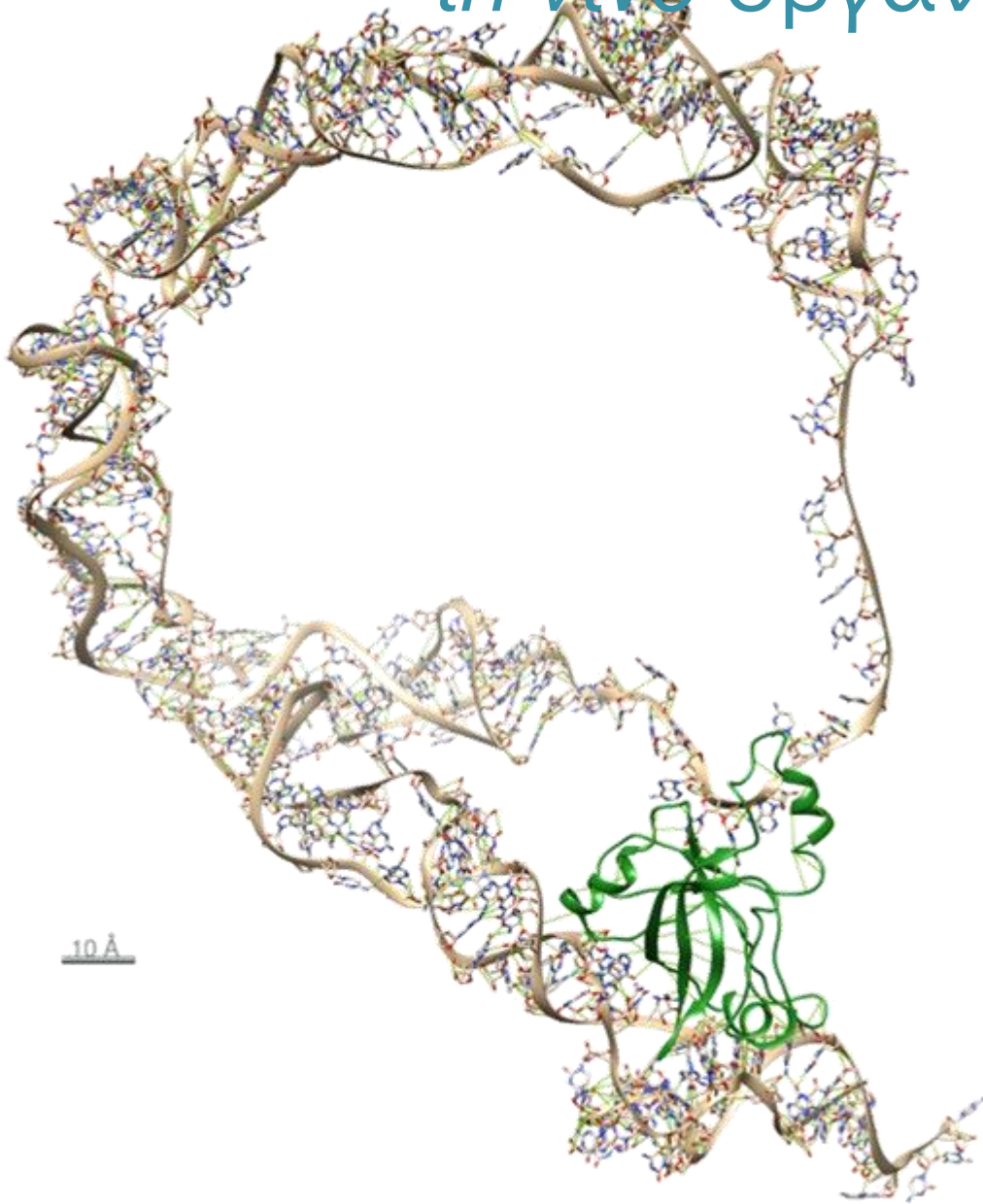


Δομή ([1VOP](#)) φουρκέτας (hairpin) που εμπλέκεται στην αναγνώριση πεπτιδυλο-tRNA και έχει λυθεί με NMR.



Δομή tRNA^{Phe} από yeast ([1TN1](#)).

in vivo οργάνωση RNA

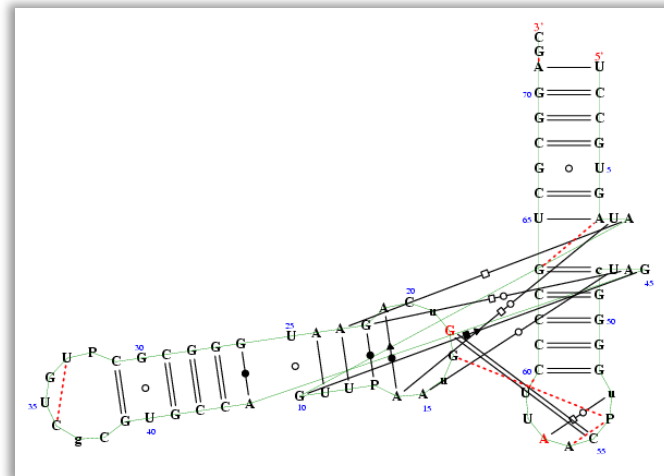
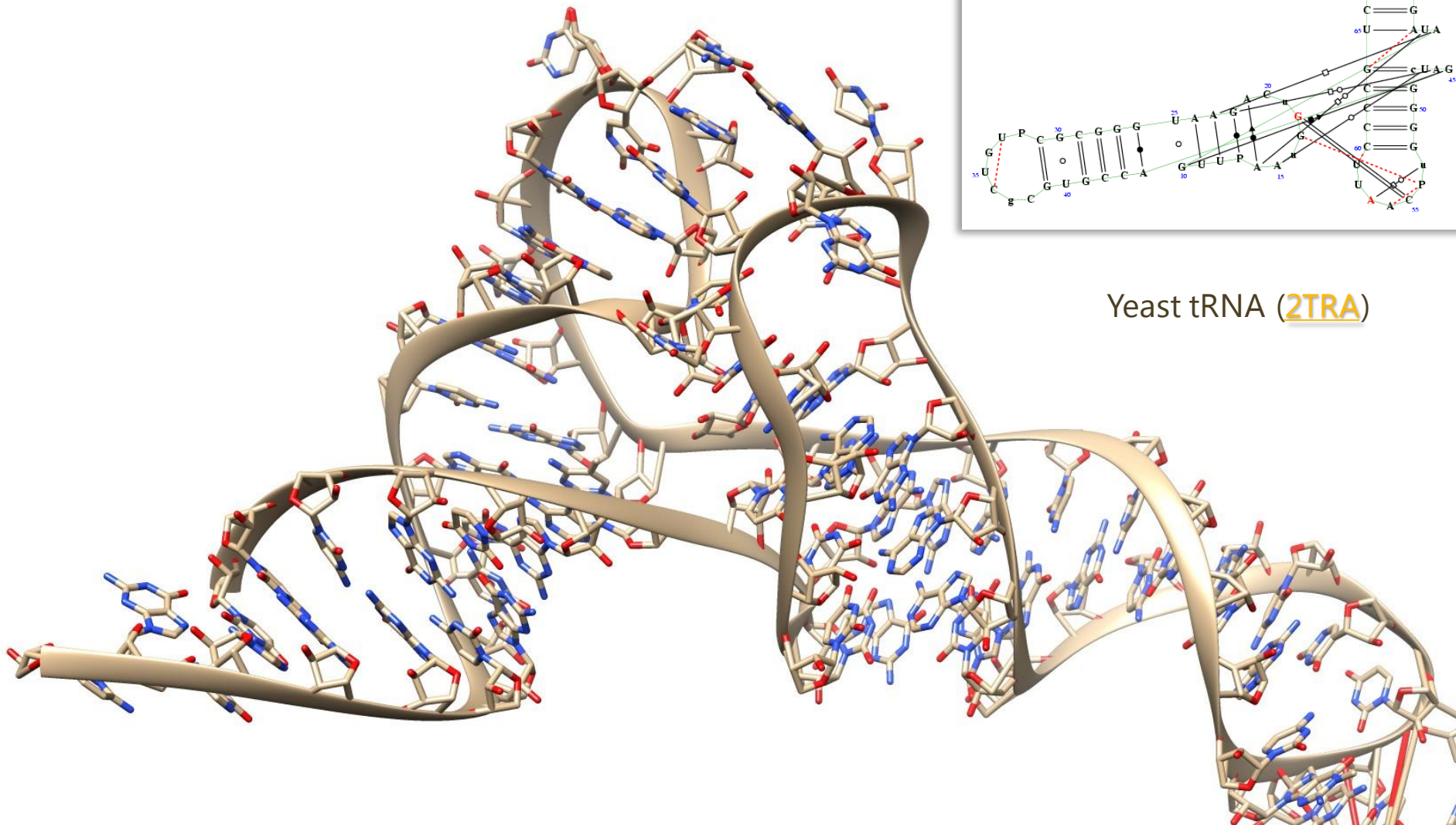


Δομή tmRNA- MPB ([3IYR](#)).

Τα ριβοσώματα εμπλέκονται στην σύνθεση πρωτεϊνών αποκωδικοποιώντας τις πληροφορίες που μεταφέρονται από το αγγελιαφόρο RNA (mRNA) και καταλύοντας το σχηματισμό πεπτιδικών δεσμών.

Όταν τα βακτηριακά ριβοσώματα αντιμετωπίζουν ελλιπή μηνύματα ένα tmRNA (transfer-messenger-RNA) που συνδέεται με μία μικρή πρωτεΐνη B (σύμπλοκο tmRNA-SmpB), ενεργοποιεί τη διαδικασία της trans-μετάφρασης. Η trans-μετάφραση* απελευθερώνει τα ριβοσώματα και αποδιατάσει τις ατελείς πρωτεΐνες .

in vivo οργάνωση RNA



Yeast tRNA (2TRA)

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

