



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 13: Ρύθμιση Γονιδίων σε Πρακαρυώτες
και Ευκαρυώτες και Επαναληπτικό μάθημα

Γεώργιος Παπαδόπουλος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 13: Ρύθμιση Γονιδίων σε Πρακαρυώτες και Ευκαρυώτες και Επαναληπτικό μάθημα

Γεώργιος Παπαδόπουλος

Καθηγητής

Άρτα, 2015



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 σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





Χρηματοδότηση

- 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.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



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



ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΚΩΝ: οι βιοχημικοί μηχανισμοί

- **Οικονομία** (Ξενοφώντος «Οικονομικός»: χωρίς την γεωργία δεν έχει νόημα καμιά τέχνη ή επιστήμη) **οίκος + νομή**
- **Ρύθμιση**: Όλα **στην ώρα τους**, στις **ποσότητες που πρέπει** και όπου (στους κατάλληλους ιστούς) **πρέπει**.
- **Έλεγχος**: **μηδέν άγαν** (τίποτε σε περίσσεια, όχι σπατάλες)
- **Με την δέουσα ταχύτητα**: (η γρήγορη απόκριση σε εξωτερικά/εσωτερικά ερεθίσματα μπορεί να είναι ζήτημα ζωής/θανάτου)



ΑΦΙΕΡΩΣΗ

- Σε όλους τους δασκάλους μου και τους φοιτητές μου (Joseph Y. Cassim+, Robert T Ross, John Rieske+, Gary Means, George Marzluf, Åke Lernmark, Φώτη Καφάτο, Χρήστο Μπαρτσόκα).
- Στον Charles Yanofsky, Ομότιμο Καθηγητή Βιοχημείας-Μοριακής Βιολογίας, Stanford University (*trp* operon).





Η σοφία των αιώνων

- Τοίς πάσι χρόνος, καί καιρός τώ παντί πράγματι υπό τόν ουρανόν.
- Καιρός τού φυτεύσαι, καί καιρός τού εκτείλαι τό πεφυτευμένον
- Καιρός τού κτείνειν, καί καιρός τού ιάσασθαι
- Καιρός τού τεκείν, καί καιρός τού αποθανείν.

- *Εκκλησιαστής*

- *Στους ζωντανούς οργανισμούς όλα γίνονται με σειρά και τάξη, ακόμη και κάτω από τις πιο ακραίες (για τους συγκεκριμένους οργανισμούς) συνθήκες.*



Ρύθμιση

- Σε επίπεδο ενζυμικής δραστηριότητας (ενδογενείς αναστολές και ενεργοποιητές, π.χ. ασπαραγινική τρανσκαρβαμοϋλάση)
- Σε επίπεδο γονιδιακής έκφρασης
 - ιδιοσυστατικά γονίδια
 - επαγόμενα γονίδια
- Συντονισμός και της ενζυμικής δραστηριότητας και της γονιδιακής έκφρασης από τις ανάγκες του οργανισμού και τα εξωτερικά ερεθίσματα.

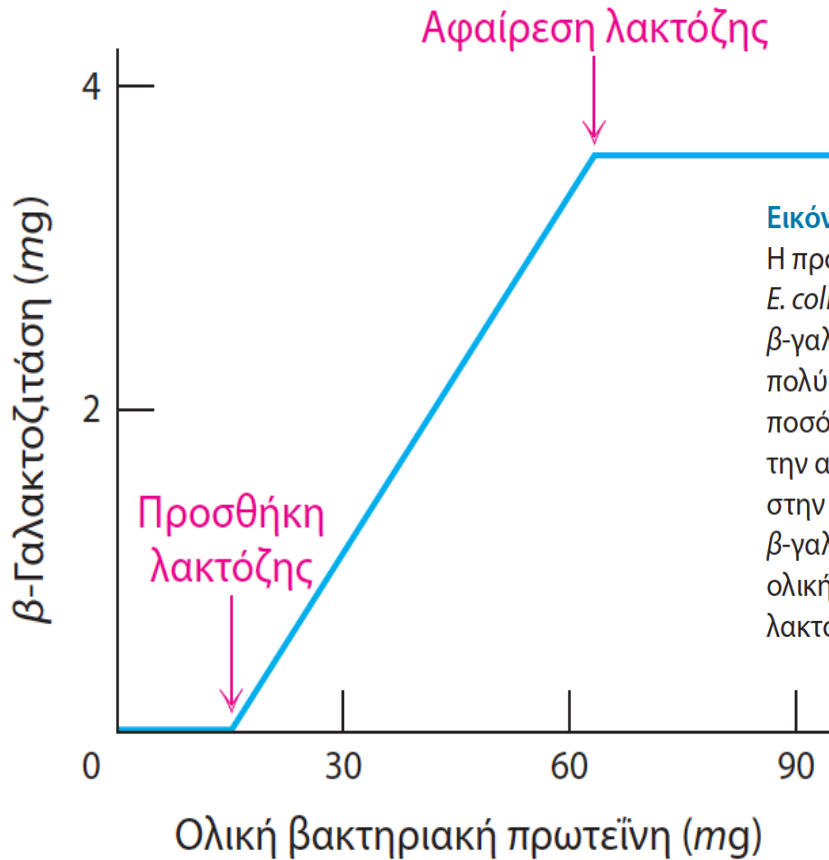


Η σοφία των αιώνων

- Τοίς πάσι χρόνος, καί καιρός τώ παντί πράγματι υπό τόν ουρανόν.
- Καιρός τού φυτεύσαι, καί καιρός τού εκτείλαι τό πεφυτευμένον
- Καιρός τού κτείνειν, καί καιρός τού ιάσασθαι
- Καιρός τού τεκείν, καί καιρός τού αποθανείν.

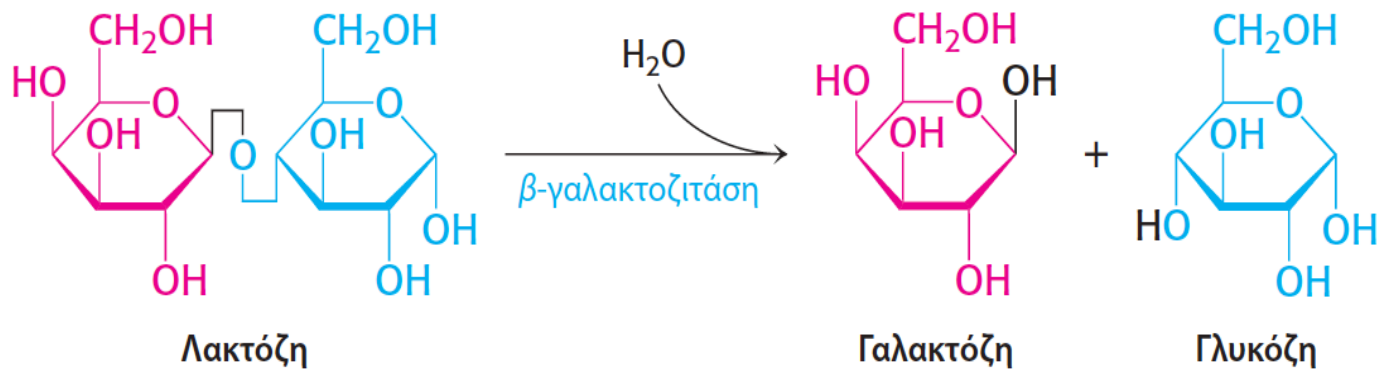
- *Εκκλησιαστής*

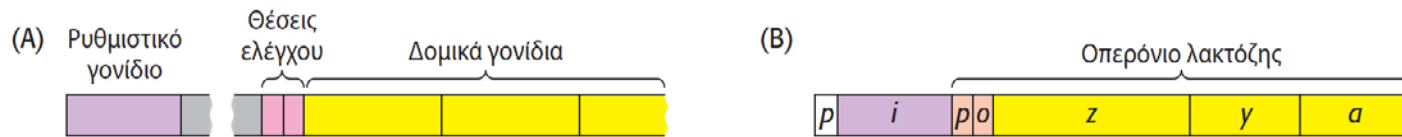
- *Στους ζωντανούς οργανισμούς όλα γίνονται με σειρά και τάξη, ακόμη και κάτω από τις πιο ακραίες (για τους συγκεκριμένους οργανισμούς) συνθήκες.*



Εικόνα 31.6 Επαγωγή β-γαλακτοζιτάσης.

Η προσθήκη λακτόζης σε μια καλλιέργεια *E. coli* προκαλεί την αύξηση της παραγωγής β-γαλακτοζιτάσης, από πολύ χαμηλές σε πολύ υψηλές ποσότητες. Η αύξηση της ποσότητας του ενζύμου είναι ανάλογη με την αύξηση του αριθμού των κυττάρων στην αναπτυσσόμενη καλλιέργεια. Η β-γαλακτοζιτάση αποτελεί το 6,6% της ολικής πρωτεΐνης που συντίθεται παρουσία λακτόζης.

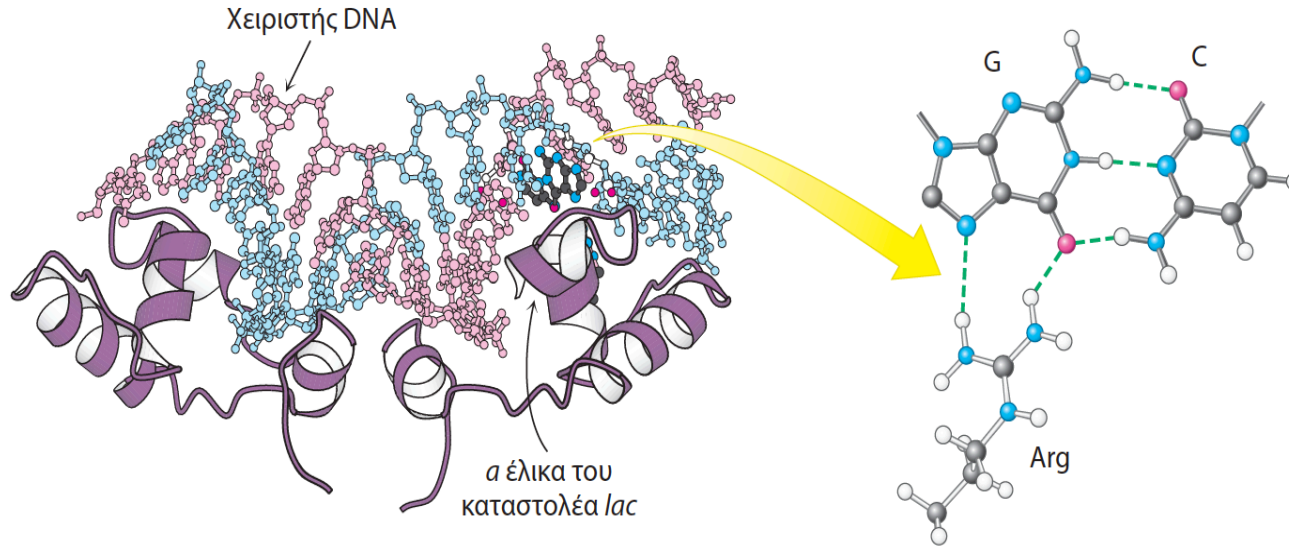




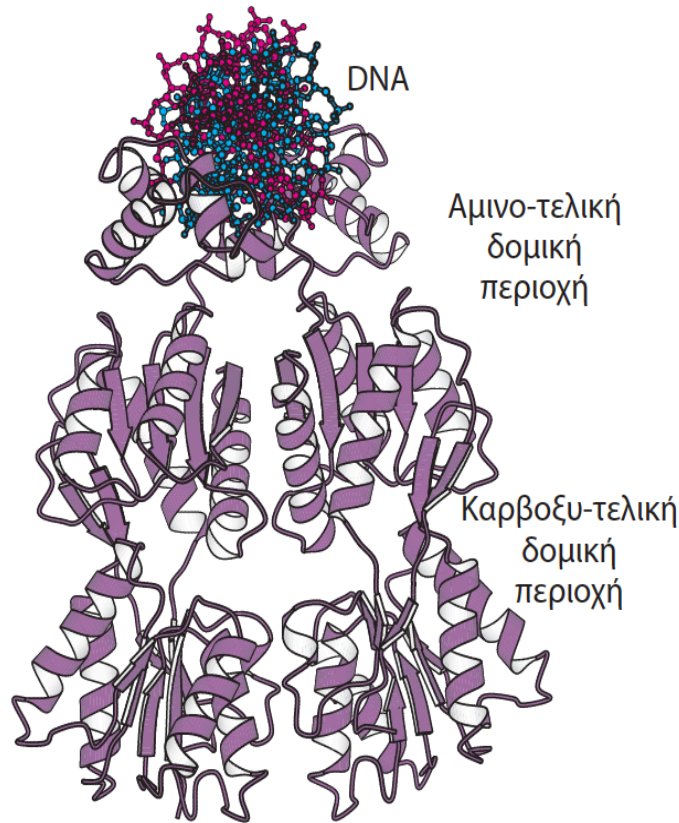
Εικόνα 31.7 Οπερόνια. (A) Η γενική δομή ενός οπερονίου όπως επινοήθηκε από τους Jacob και Monod. (B) Η δομή του οπερονίου της λακτόζης. Εκτός από τον προαγωγέα (p) του οπερονίου, ένας δεύτερος προαγωγέας υπάρχει μπροστά από το ρυθμιστικό γονίδιο (i) για να καθοδηγήσει τη σύνθεση του καταστολέα.



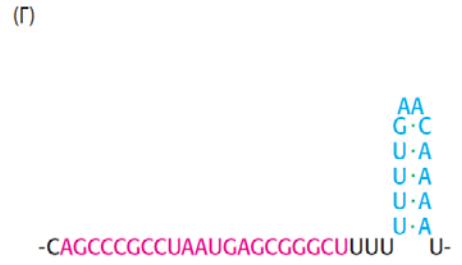
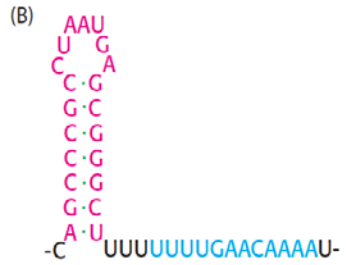
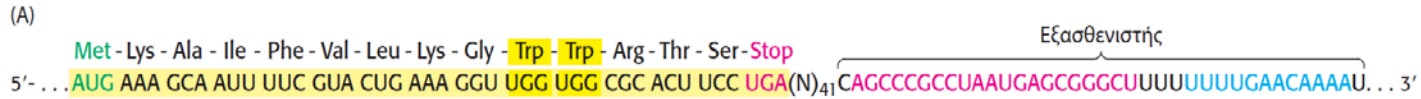
Εικόνα 31.1 Η αλληλουχία της ρυθμιστικής θέσης *lac*. Η αλληλουχία νουκλεοτιδίων αυτής της ρυθμιστικής θέσης εμφανίζει μια σχεδόν τέλεια αντίστροφη επανάληψη, η οποία αντιστοιχεί σε μια περιστροφική συμμετρία του DNA δευτέρας τάξεως. Τα τμήματα των αλληλουχιών, τα οποία σχετίζονται μέσω αυτής της συμμετρίας, παρουσιάζονται με το ίδιο χρώμα.



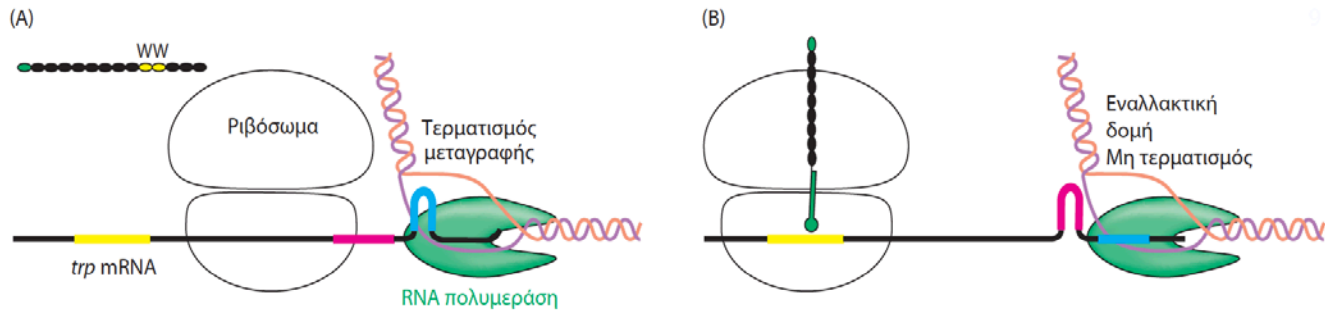
Εικόνα 31.2 Το σύμπλοκο καταστολέα lac-DNA. Η δομική περιοχή δέσμευσης του DNA μιας πρωτεΐνης γονιδιακής ρύθμισης, του καταστολέα lac, δεσμεύεται σε ένα τεμάχιο DNA, το οποίο περιέχει την προτιμώμενη θέση δέσμευσης (την αποκαλούμενη ως DNA του χειριστή) μέσω διεύθυνσης μιας α-έλικας της στη μείζονα αύλακα του DNA του χειριστή. Παρατηρήστε ότι σχηματίζεται μια ειδική επαφή μεταξύ ενός καταλοίπου αργινίνης του καταστολέα και ενός ζεύγους βάσεων G-C της θέσης δέσμευσης. [Σχεδιασμένο από 1EFA.pdb.]



Εικόνα 31.8 Η δομή του καταστολέα *lac*. Παρουσιάζεται το διμερές του καταστολέα *lac* δεσμευμένο στο DNA. Παρατηρήστε ότι η αμινο-τελική δομική περιοχή δεσμεύεται στο DNA, ενώ η καρβοξυ-τελική δομική περιοχή σχηματίζει μια ξεχωριστή δομή. Δεν φαίνεται το τμήμα της δομής που μεσολαβεί στον σχηματισμό των τετραμερών του καταστολέα *lac*. [Σχεδιασμένο από 1EFA.pdb.]



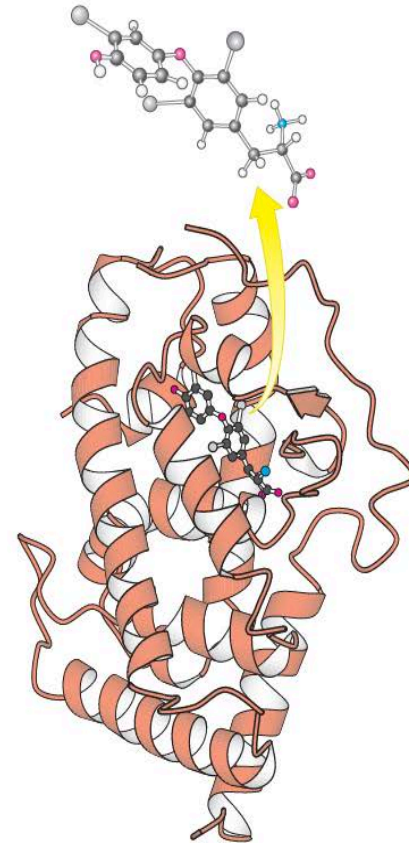
Εικόνα 31.20 Περιοχή-οδηγός του *trp* mRNA. (A) Η νουκλεοτιδική αλληλουχία του άκρου 5' του *trp* mRNA περιέχει ένα μικρό ανοιχτό πλαίσιο ανάγνωσης που κωδικεύει ένα πεπτίδιο αποτελούμενο από δεκατέσσερα αμινοξέα. Το πεπτίδιο-οδηγός κωδικεύει κατάλοιπα θρυπτοφάνης και μια περιοχή εξασθεμιστή που δεν μεταφράζεται (μπλε και κόκκινα νουκλεοτίδια). (B και Γ) Η περιοχή εξασθεμιστή μπορεί να αποκτήσει δύο διακριτές δομές στελέχους-βρόχου.



Εικόνα 31.21 Εξασθένιση. (Α) Με την παρουσία επαρκούς συγκέντρωσης θρυπτοφάνης (και επομένως Trp-tRNA), η μετάφραση προχωρεί γρήγορα και σχηματίζεται μια δομή RNA που τερματίζει τη μεταγραφή. (Β) Σε χαμηλές συγκεντρώσεις θρυπτοφάνης, η μετάφραση ακινητοποιείται περιμένοντας Trp-tRNA). Έτσι δίνεται χρόνος για τον σχηματισμό μιας εναλλακτικής δομής RNA η οποία δεν τερματίζει αποτελεσματικά τη μεταγραφή.



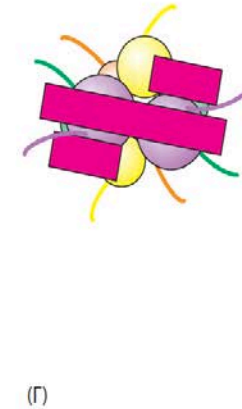
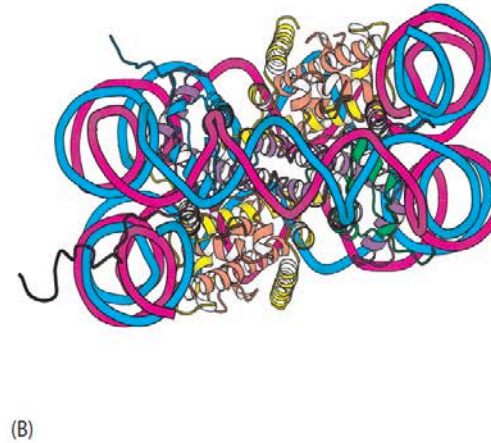
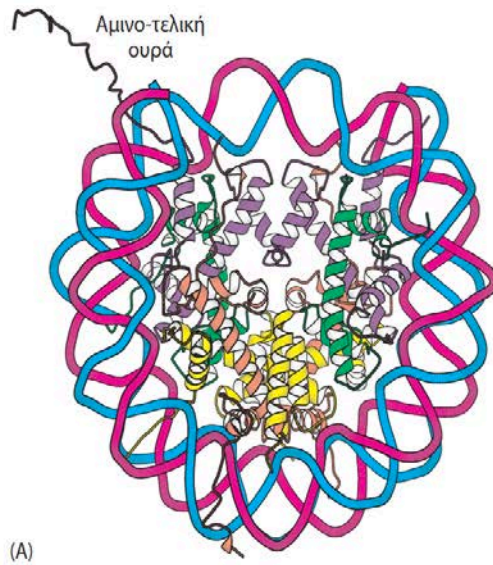
Πολύπλοκες βιολογικές διεργασίες συχνά απαιτούν τον συντονισμένο έλεγχο της έκφρασης πολλών γονιδίων. Η ωρίμαση ενός γυρίνου σε βάτραχο ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό από τη θυρεοειδική ορμόνη, τριιωδοθυρονίνη (T_3). Η ορμόνη αυτή ρυθμίζει τη γονιδιακή έκφραση δεσμευόμενη σε μια πρωτεΐνη, τον υποδοχέα της θυρεοειδικής ορμόνης, όπως παρουσιάζεται στα δεξιά (τα άτομα ιωδίου φαίνονται ως μεγαλύτερες σφαίρες ανοιχτού γκρι). Ως απόκριση στη δέσμευση της ορμόνης, η πρωτεΐνη αυτή δεσμεύεται σε ειδικές θέσεις του DNA στο γονιδίωμα και προσαρμόζει την έκφραση παρακείμενων γονιδίων. [(Δεξιά) Sharon Cummings/ Dembinsky Photo Associates.]




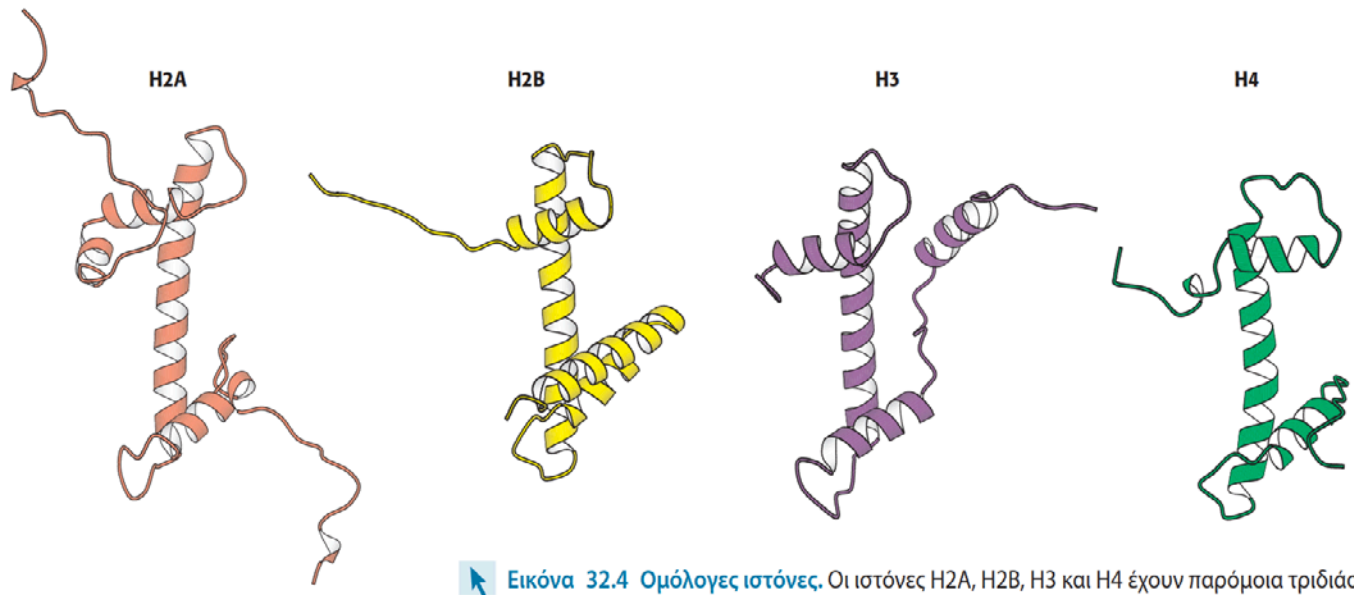


100 nm

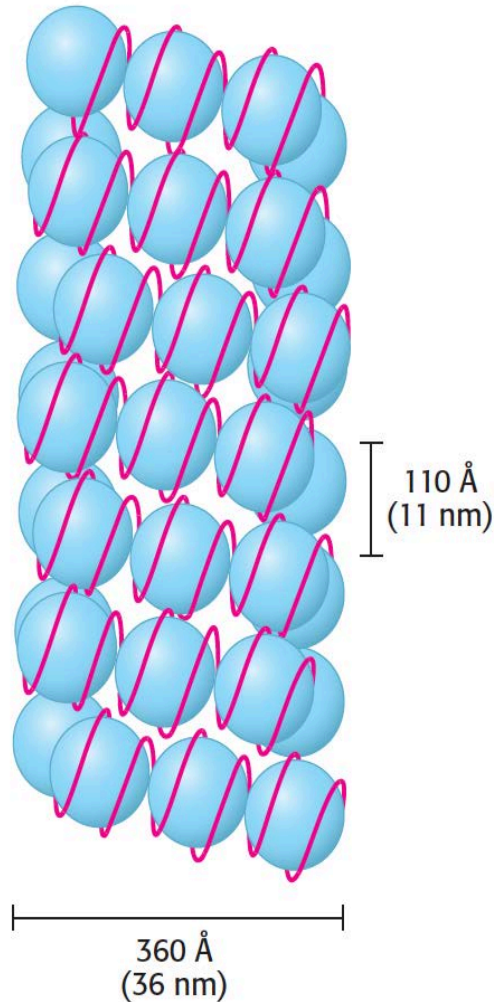
Εικόνα 32.2 Η δομή της χρωματίνης. Η ηλεκτρονιομικρογραφία της χρωματίνης δείχνει τη μορφή των «χαντρών στην κλωστή». Οι «χάντρες» αντιστοιχούν σε σύμπλοκα του DNA με ειδικές πρωτεΐνες. [Ευγενική προσφορά των Dr. Ada Olins και Dr. Donald Olins.]



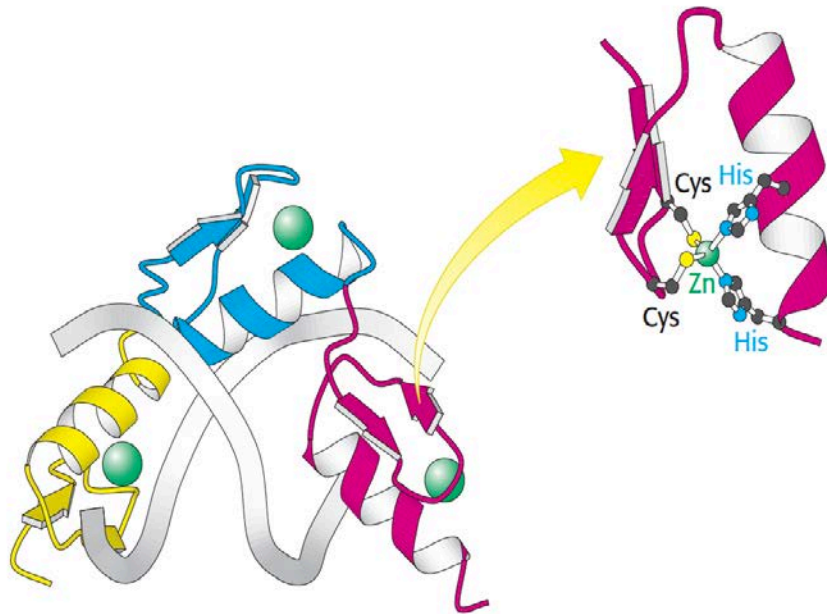
 **Εικόνα 32.3 Σωμάτιο πυρήνα νουκλεοσώματος.** Η δομή αυτή αποτελείται από έναν πυρήνα οκτώ πρωτεϊνών ιστονών περιβαλλόμενων από DNA. (A) Όψη που δείχνει το DNA περιτυλιγμένο γύρω από τον πυρήνα των ιστονών. (B) Όψη που σχετίζεται με εκείνη του τμήματος A μετά από περιστροφή 90°. Παρατηρήστε ότι το DNA σχηματίζει μια αριστερόστροφη υπερέλικα καθώς τυλίγεται γύρω από τον πυρήνα. (Γ) Σχηματική όψη του νουκλεοσώματος. [Σχεδιασμένο από 1A0I.pdb.]



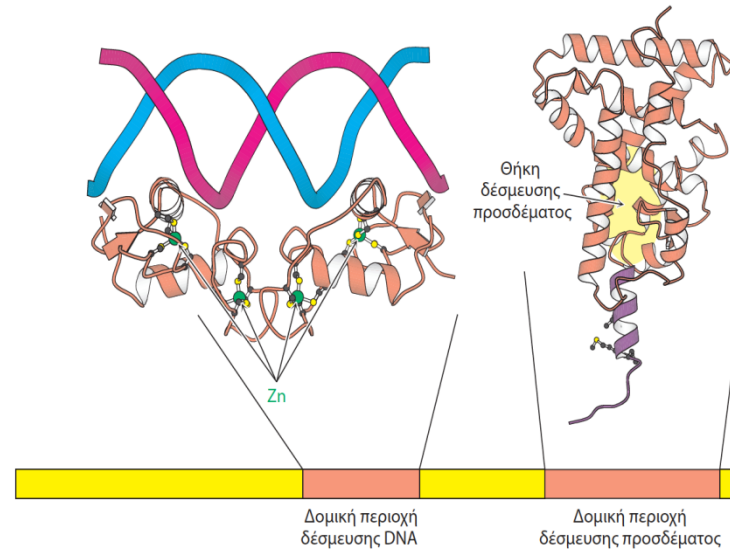
Εικόνα 32.4 Ομόλογες ιστόνες. Οι ιστόνες H2A, H2B, H3 και H4 έχουν παρόμοια τριδιάστατη δομή ως αποτέλεσμα της κοινής τους προέλευσης. Δεν παρουσιάζονται μερικά τμήματα των ουρών που υπάρχουν στα άκρα των πρωτεϊνών. [Σχεδιασμένο από 1A0I.pdb.]



Εικόνα 32.5 Δομή χρωματίνης σε ανώτερο επίπεδο. Ένα προτεινόμενο μοντέλο για τη χρωματίνη, σε ελικοειδή διάταξη αποτελούμενη από έξι νουκλεοσώματα ανά στροφή έλικας. Η δίκλωνη έλিকা του DNA (παρουσιάζεται με κόκκινο χρώμα) είναι τυλιγμένη γύρω από κάθε οκταμερές ιστόνης (παρουσιάζεται με μπλε χρώμα). [Κατά J. T. Finch and A. Klug. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 73:1897-1901, 1976.]

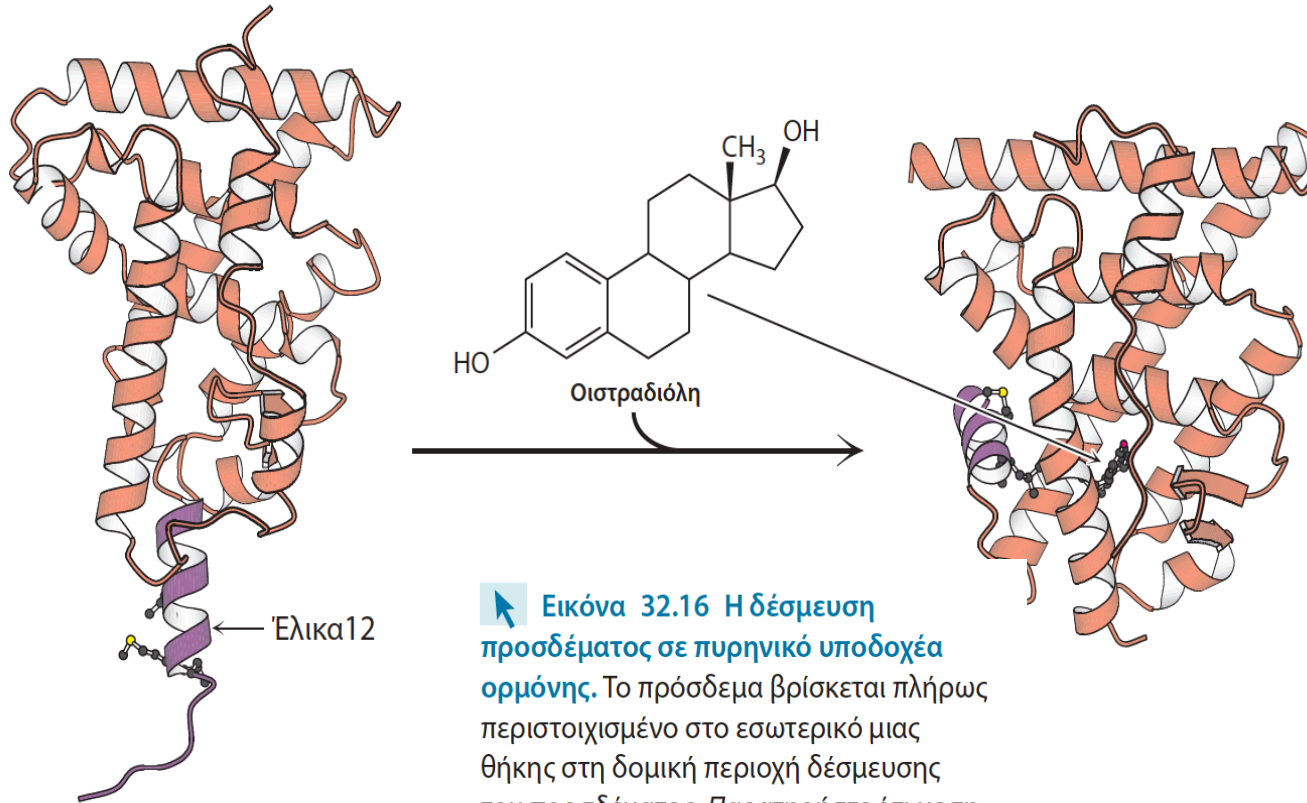


Εικόνα 32.8 Δομικές περιοχές δακτύλων ψευδαργύρου. Παρουσιάζεται μια δομική περιοχή δέσμευσης του DNA που περιλαμβάνει τρεις δομικές περιοχές δακτύλων ψευδαργύρου Cys₂His₂ (εμφανίζονται με κίτρινο, μπλε και κόκκινο χρώμα) σε σύμπλοκο με DNA. Κάθε δομική περιοχή δακτύλου ψευδαργύρου σταθεροποιείται από ένα δεσμευμένο ιόν ψευδαργύρου (εμφανίζεται με πράσινο χρώμα) μέσω αλληλεπίδρασης του με δύο κατάλοιπα κυστεΐνης και δύο κατάλοιπα ιστοιδίνης. Παρατηρήστε πώς τυλίγεται η πρωτεΐνη γύρω από το DNA στη μείζονα αύλακα. [Σχεδιασμένο από 1AAY.pdb.]

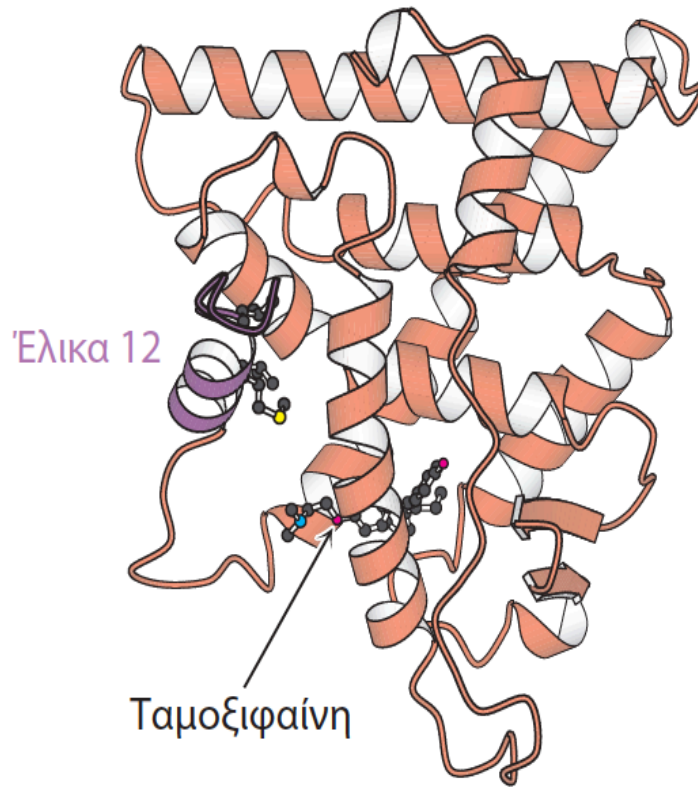


Εικόνα 32.15 Η δομή δύο δομικών περιοχών πυρηνικών υποδοχέων ορμονών.

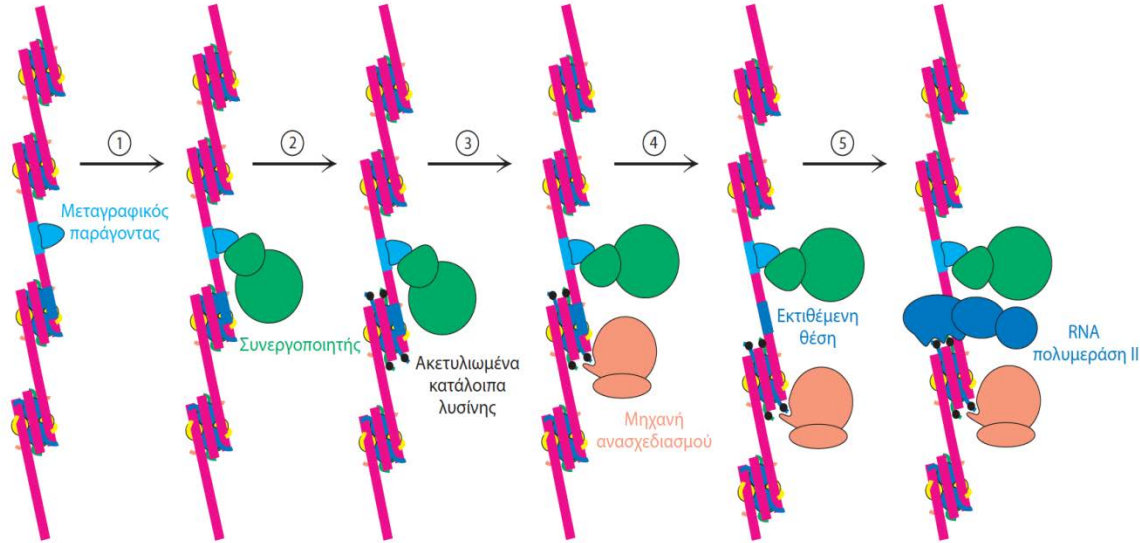
Οι πυρηνικοί υποδοχείς ορμονών περιέχουν δύο κρίσιμες συντηρημένες δομικές περιοχές: (1) μια δομική περιοχή δέσμησης DNA προς το κέντρο της αλληλουχίας και (2) μια δομική περιοχή δέσμησης ενός προσδέματος προς το καρβοξυ-τελικό άκρο. Παρουσιάζεται η δομή του διμερούς δομικής περιοχής δέσμησης DNA δεσμευμένης στο DNA, όπως και το μονομέρες μιας συνήθως διμερούς δομικής περιοχής δέσμησης προσδέματος. [Σχεδιασμένο από 1HCQ και 1LBD.pdb.]



Εικόνα 32.16 Η δέσμευση προσδέματος σε πυρηνικό υποδοχέα ορμόνης. Το πρόσδεμα βρίσκεται πλήρως περιτοιχισμένο στο εσωτερικό μιας θήκης στη δομική περιοχή δέσμευσης του προσδέματος. Παρατηρήστε ότι με τη δέσμευση του προσδέματος, η τελευταία α-έλικα, η έλικα 12 (φαίνεται με πορφυρό χρώμα), αναδιπλώνεται μέσα σε μια αύλακα στην πλευρά της δομής. [Σχεδιασμένο από 1LDB και 1ERE.pdb.]



Εικόνα 32.18 Σύμπλοκο υποδοχέα οιστρογόνου-ταμοξιφαίνης. Η ταμοξιφαίνη δεσμεύεται στη θήκη την οποία κανονικά καταλαμβάνει το οιστρογόνο. Παρατηρήστε, όμως, ότι μέρος της δομής της ταμοξιφαίνης προεξέχει εκτός της θήκης αυτής, και έτσι η έλিকা 12 δεν μπορεί να αναδιπλωθεί στη συνηθισμένη θέση της. Αντιθέτως, η έλিকা αυτή εμποδίζει τώρα τη θέση δέσμευσης του συνενεργοποιητή. [Σχεδιασμένο από 3ERT.pdb.]



Εικόνα 32.21 Ανασχεδιασμός της χρωματίνης. Η ευκαρυωτική γονιδιακή ρύθμιση αρχίζει με έναν ενεργοποιημένο μεταγραφικό παράγοντα ο οποίος δεσμεύεται σε μια ειδική θέση στο DNA. Ένας πιθανός μετασχηματισμός για την έναρξη της μεταγραφής από την RNA πολυμεράση II χρειάζεται πέντε βήματα: (1) στρατολόγηση ενός συνενεργοποιητή, (2) ακετυλίωση καταλοίπων λυσίνης στις ουρές ιστονών, (3) δέσμευση ενός συμπλόκου μηχανής ανασχεδιασμού στα ακετυλιωμένα κατάλοιπα λυσίνης, (4) ανασχεδιασμό της δομής της χρωματίνης που εξαρτάται από ATP, ώστε να εκτεθεί μια θέση δέσμευσης για την RNA πολυμεράση ή άλλους παράγοντες, και (5) στρατολόγηση της RNA πολυμεράσης. Μόνο δύο υπομονάδες φαίνονται για κάθε σύμπλοκο, μολονότι τα πραγματικά σύμπλοκα είναι πολύ μεγαλύτερα. Επίσης είναι πιθανό να υπάρχουν και άλλοι μηχανισμοί έναρξης της μεταγραφής.



Βιβλιογραφία

1. Jeremy M Berg, John L Tymoczko, Lubert Stryer, ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 5^η έκδοση, Α τόμος, Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2004. Βλέπε και διαδικτυακό τόπο του βιβλίου www.whfreeman.com/Berg7e/
2. Διαμαντίδη Γρ., ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 3^η έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2007/2010.
3. Campbell NA, Reece JB. *Βιολογία*, τόμος Ι. 8^η έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2010.
4. Γ. Μουρκίδη, Γεωργική Χημεία, Θεσσαλονίκη, 1971. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
5. Geoffrey [Zubay](#), William [Parson](#), Diane E. [Vance](#). Αρχές βιοχημείας, [ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα 1999. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
6. David L. [Nelson](#), Michael M. [Cox](#). *Lehninger*, Principles of Biochemistry (υπάρχει και μεταφρασμένη ελληνική έκδοση) Βασικές αρχές βιοχημείας. Μεταφραστές: Κ.Ε. [Σταματόπουλος](#), Α.Ν. [Χατζηδημητρίου](#). Επιμελητής: Α.Γ. [Παπαβασιλείου](#). [ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα, 2007. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
7. Mathews D, van Holde KE. BIOCHEMISTRY, 3rd edition, Benjamin Cummings, Menlo Park, 2003. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
8. John Clark, Robert ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ. Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1992, 2^η εκτύπωση, 2001. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
9. ΙΓ Γεωργιάτσου, Δ. Κυριακίδης, Τ. Γιουψάνης, κ.ά. Εργαστηριακές Ασκήσεις Βιοχημείας. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη, 2004. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
10. Οδηγός μελέτης του μαθήματος (φυλλάδιο που χορηγείται στη διάλεξη).



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.





Σημείωμα Αναφοράς

Παπαδόπουλος, Γ. Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας.
Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Διαθέσιμο από:
<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG119/>





Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Αντώνιος Σακελλάριος
Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΒΟΝΤΠΕΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





Τέλος Ενότητας

Ρύθμιση Γονιδίων σε Πρακαρυώτες και Ευκαρυώτες και Επαναληπτικό μάθημα

