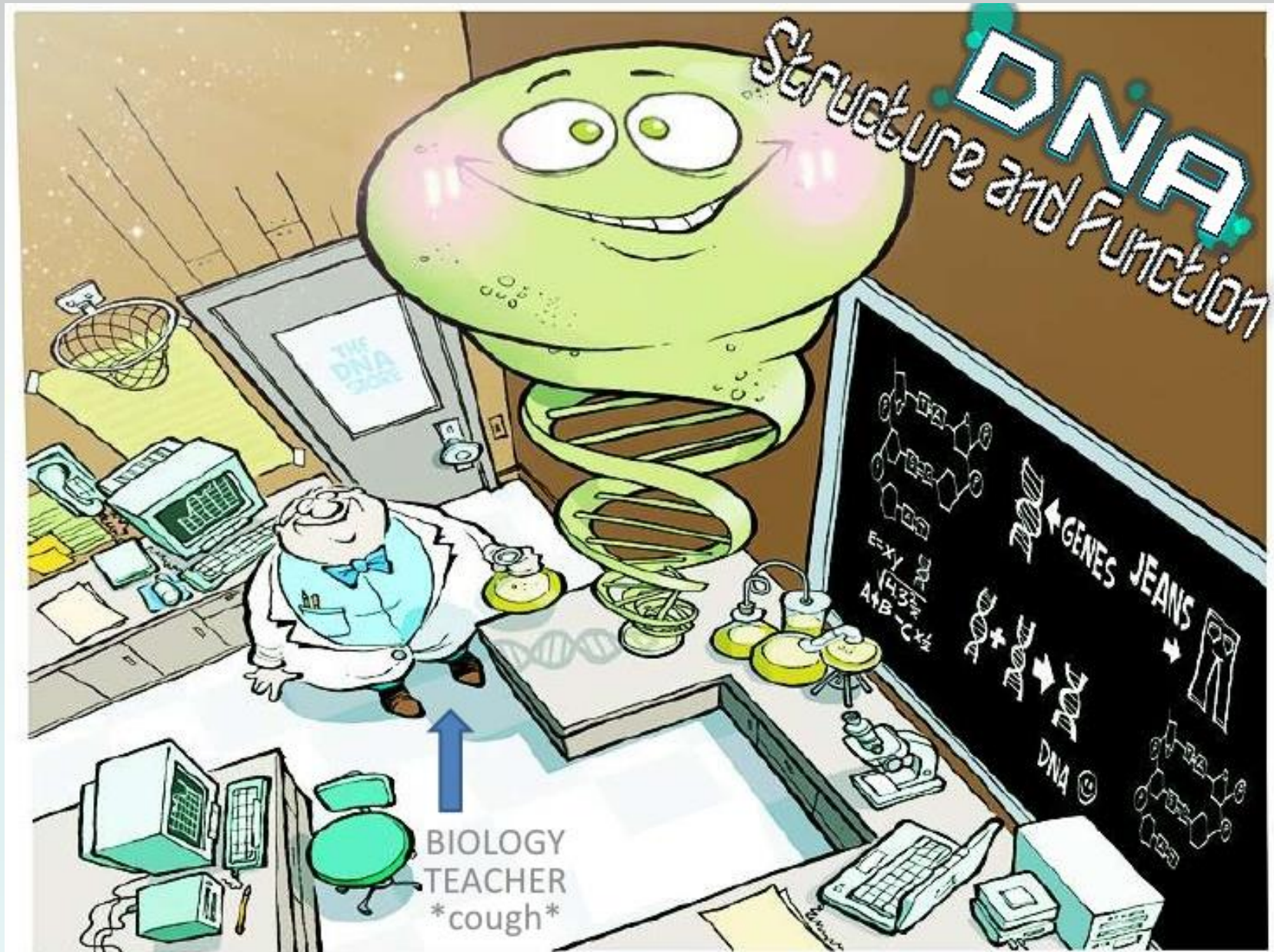


1η Επιμορφωτική Συνάντηση Για
Εκπαιδευτικούς Π.Ε.Β



Δρ. Ελένη Γιαννούτσου
Ε.ΔΙ.Π Τμήμα Βιολογίας, Τομέας
Βοτανικής
egianno@biol.uoa.gr



ΠΟΙΟ ΜΟΡΙΟ ΜΕΤΑΦΕΡΕΙ ΤΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ;

Οι πρωτεΐνες ή το DNA;

Το πείραμα του Griffith (1928)

- Frederick Griffith
- Βακτηριολόγος Γιατρός που προσπαθεί να φτιάξει **εμβόλιο** εναντίον της πνευμονίας χρησιμοποιώντας διαφορετικά **βακτηριακά στελέχη του βακτηρίου *Diplococcus pneumoniae***



ΠΟΙΟ ΜΟΡΙΟ ΜΕΤΑΦΕΡΕΙ ΤΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ;

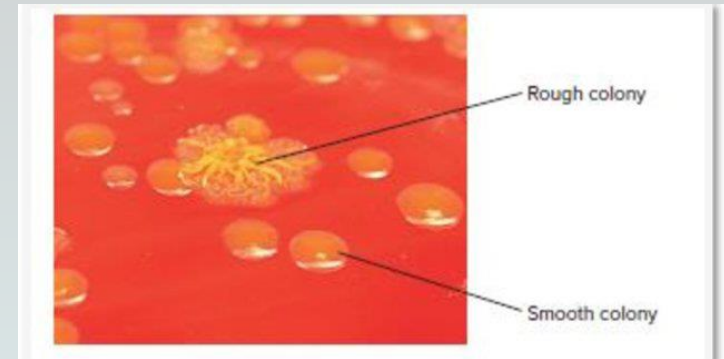
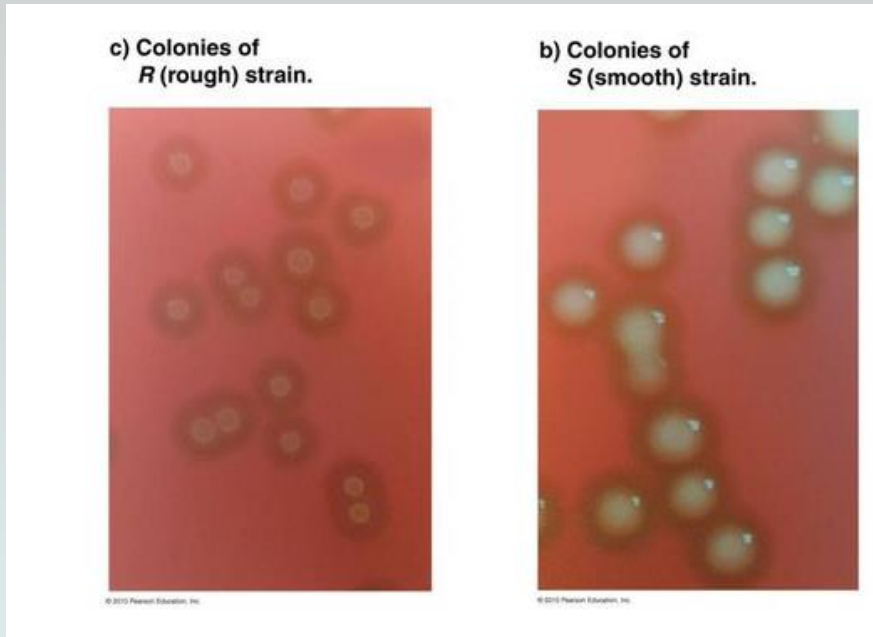
Οι πρωτεΐνες ή το DNA;

- Ξεχωρίζουν μορφολογικά όταν καλλιεργηθούν σε θρεπτικό υλικό λόγω παρουσίας ή μη ενός προστατευτικού καλύμματος
- Στέλεχος με κάλυμμα :
Σχημάτιζε **ΛΕΙΕΣ ΑΠΟΙΚΙΕΣ** και ήταν **ΠΑΘΟΓΟΝΟ** (σκότωνε τα ποντίκια που μόλυνε)
- Στέλεχος χωρίς κάλυμμα :
Σχημάτιζε **ΑΔΡΕΣ ΑΠΟΙΚΙΕΣ** και ήταν **ΜΗ ΠΑΘΟΓΟΝΟ**



ΠΟΙΟ ΜΟΡΙΟ ΜΕΤΑΦΕΡΕΙ ΤΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ;

Οι πρωτεΐνες ή το DNA;



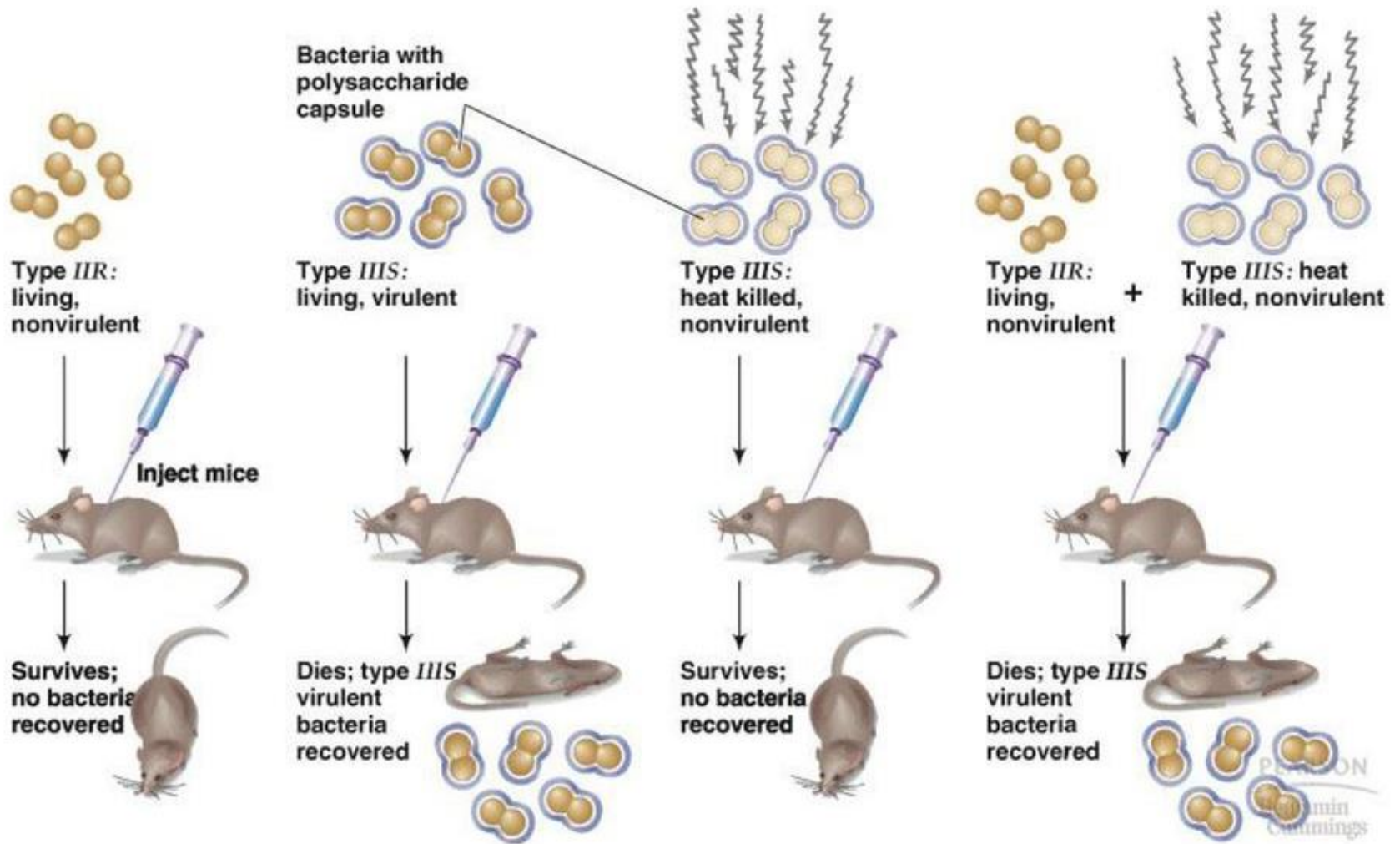
Το πείραμα του Griffith (1928)

- Ξεχωρίζουν μορφολογικά όταν καλλιεργηθούν σε θρεπτικό υλικό λόγω παρουσίας ή μη ενός προστατευτικού καλύμματος
- Στέλεχος με κάλυμμα : Σχημάτιζε **ΛΕΙΕΣ ΑΠΟΙΚΙΕΣ** και ήταν **ΠΑΘΟΓΟΝΟ** (σκότωνε τα ποντίκια που μόλυνε)
- Στέλεχος χωρίς κάλυμμα : Σχημάτιζε **ΑΔΡΕΣ ΑΠΟΙΚΙΕΣ** και ήταν **ΜΗ ΠΑΘΟΓΟΝΟ**

Το πείραμα του Griffith (1928)



Το πείραμα του Griffith (1928)

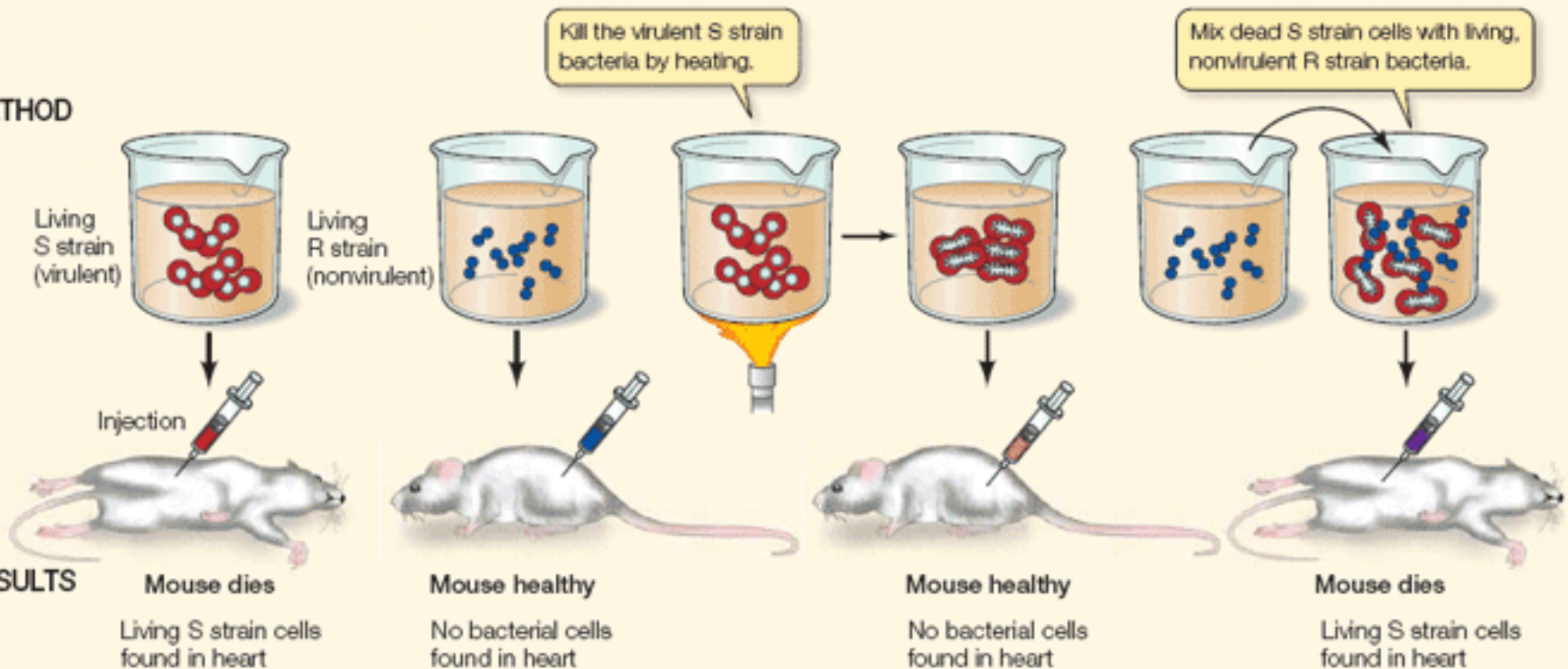


Το πείραμα του Griffith (1928)

EXPERIMENT

HYPOTHESIS: Material in dead bacterial cells can genetically transform living bacterial cells.

METHOD



RESULTS

Mouse dies

Living S strain cells
found in heart

Mouse healthy

No bacterial cells
found in heart

Mouse healthy

No bacterial cells
found in heart

Mouse dies

Living S strain cells
found in heart

CONCLUSION: A chemical substance from one cell is capable of genetically transforming another cell.

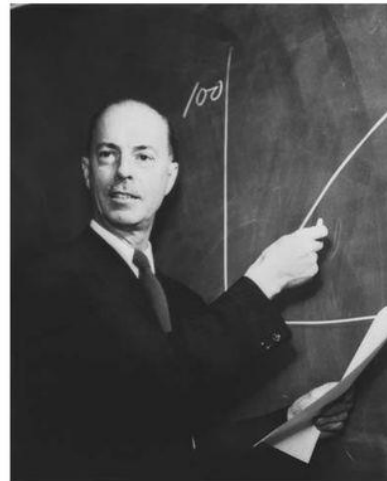
ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΠΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΖΕΙ ΤΑ ΑΔΡΑ ΜΗ ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΣΕ ΛΕΙΑ ΠΑΘΟΓΟΝΑ

Το πείραμα των Avery, McLeod
and McCarty (1944)



Library of Congress

Oswald Avery



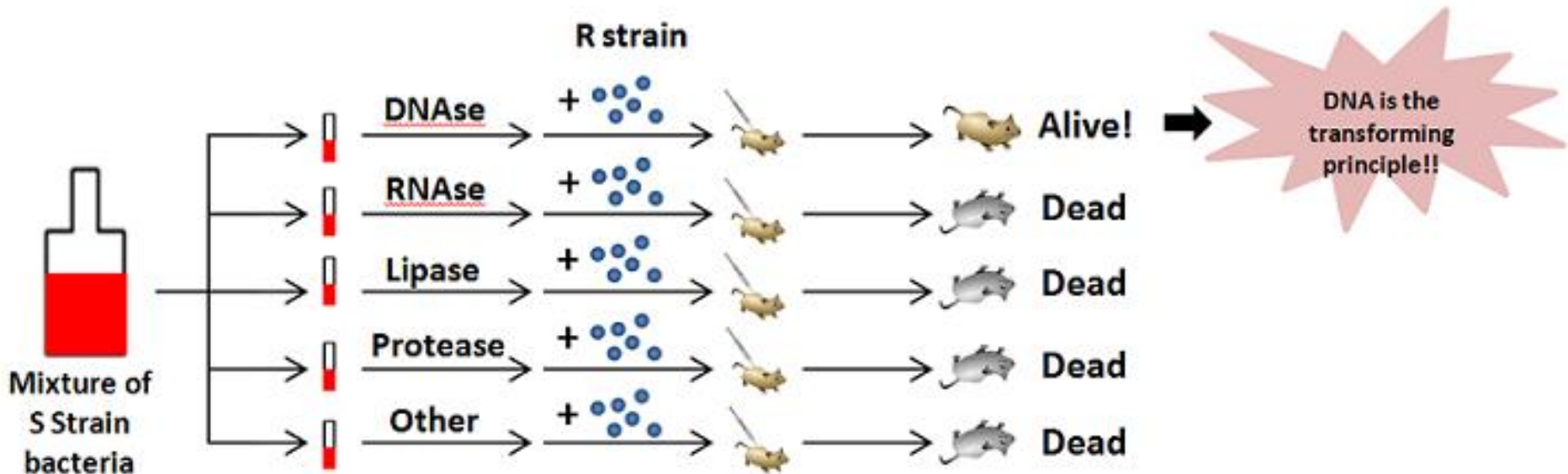
Colin MacLeod



Maclyn McCarty

ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΠΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΖΕΙ ΤΑ ΑΔΡΑ ΜΗ ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΣΕ ΛΕΙΑ ΠΑΘΟΓΟΝΑ

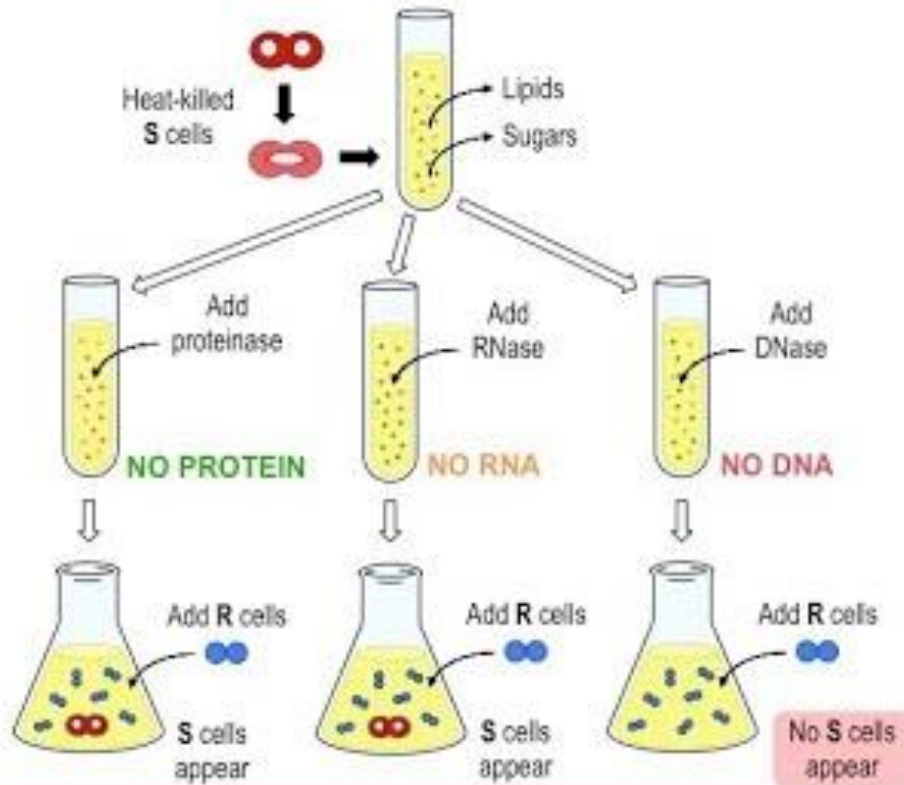
Το πείραμα των Avery, McLeod and McCarty (1944)



ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΠΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΖΕΙ ΤΑ ΑΔΡΑ ΜΗ ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΣΕ ΛΕΙΑ ΠΑΘΟΓΟΝΑ

Το πείραμα των Avery, McLeod and McCarty (1944)

Hypothesis: The genetic material of the cell is either protein or nucleic acid (DNA or RNA)



Remove lipids and sugars from a solution of heat-killed S cells. Proteins, RNA and DNA remain

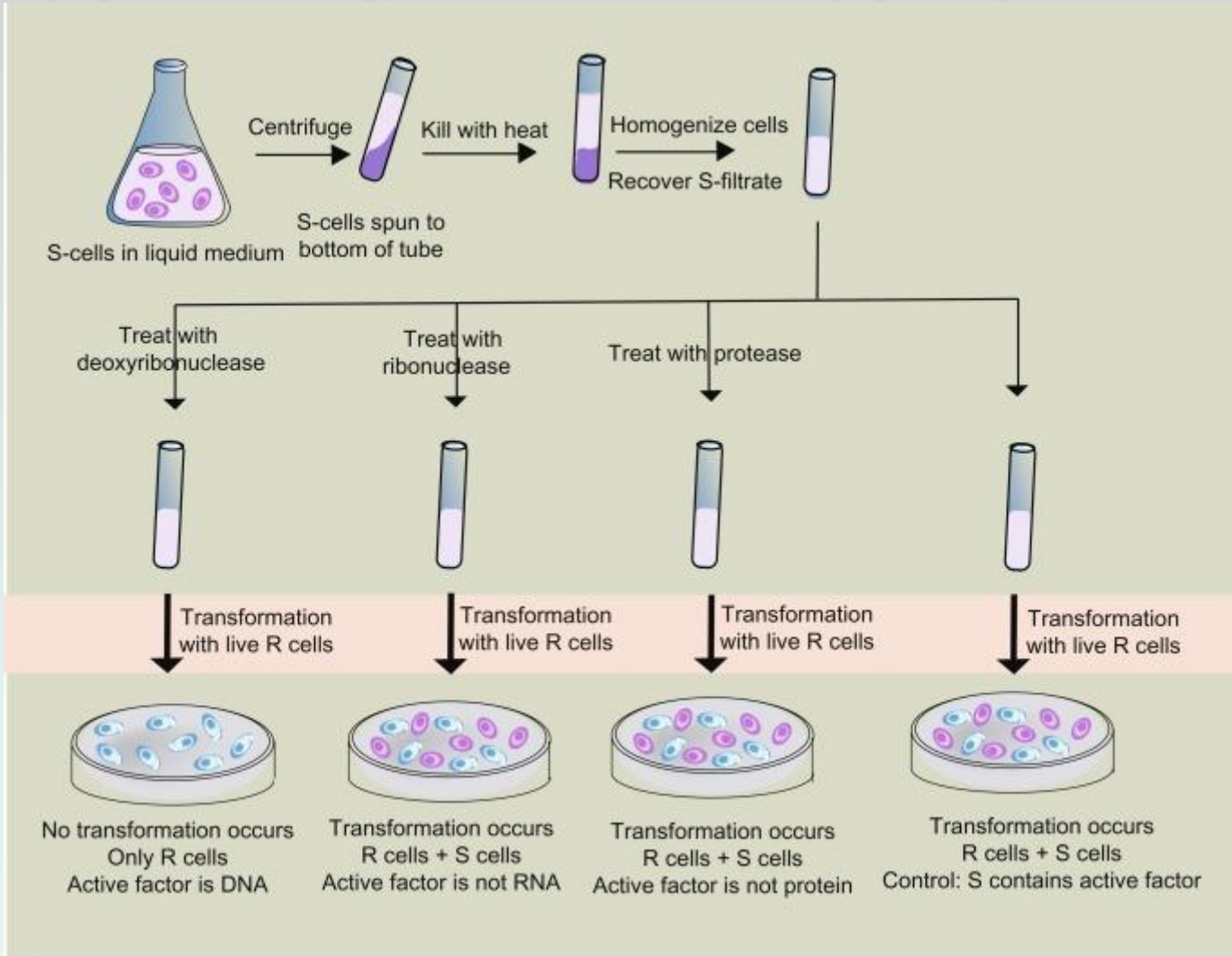
Treat solutions with enzymes to destroy protein, RNA or DNA

Add to culture containing living R cells. Observe for transformation by testing for the presence of virulent S cells

Conclusion: Transformation requires DNA, therefore it is the genetic material of the cell

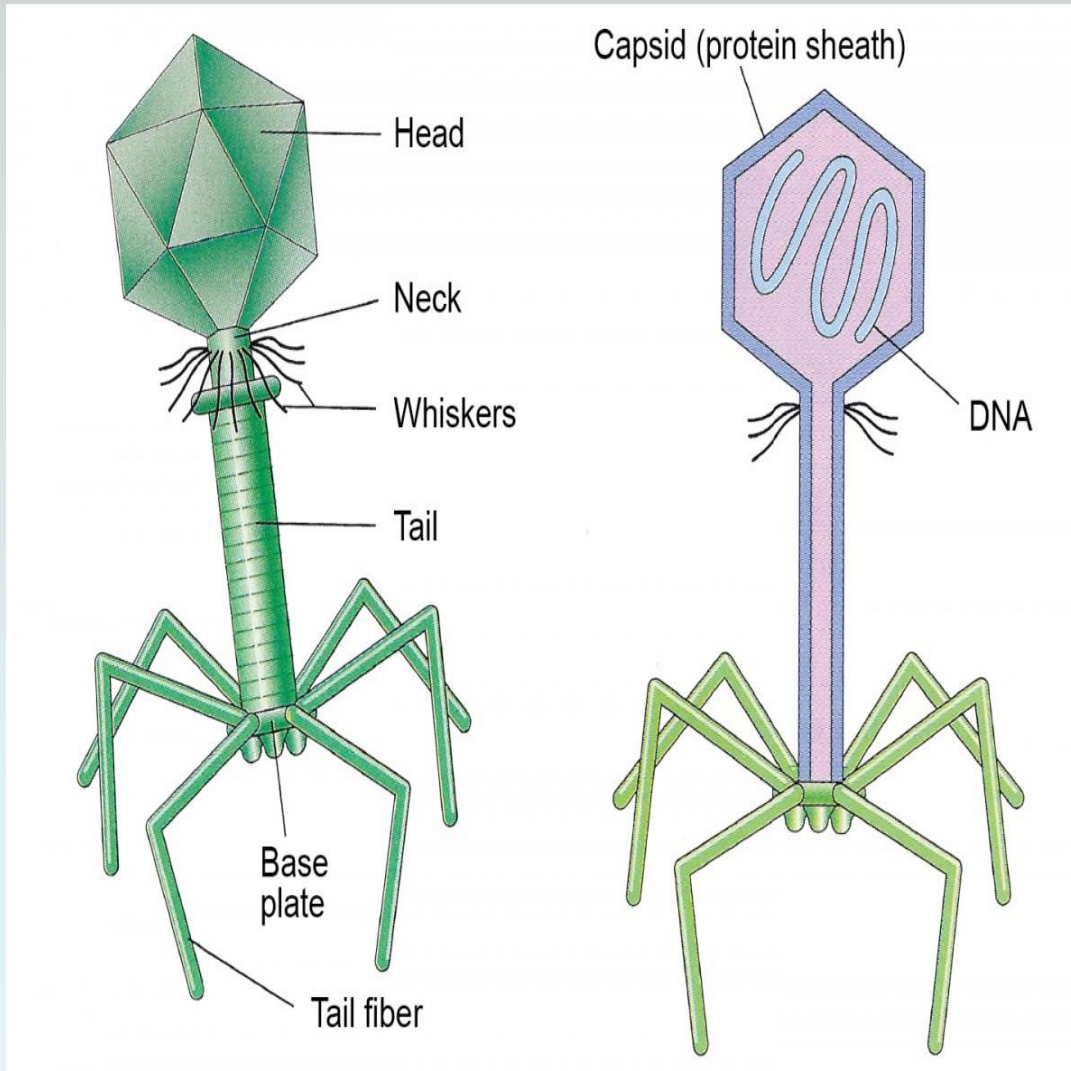
ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΠΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΖΕΙ ΤΑ ΑΔΡΑ ΜΗ ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΣΕ ΛΕΙΑ ΠΑΘΟΓΟΝΑ

Το πείραμα των Avery, McLeod and McCarty (1944)



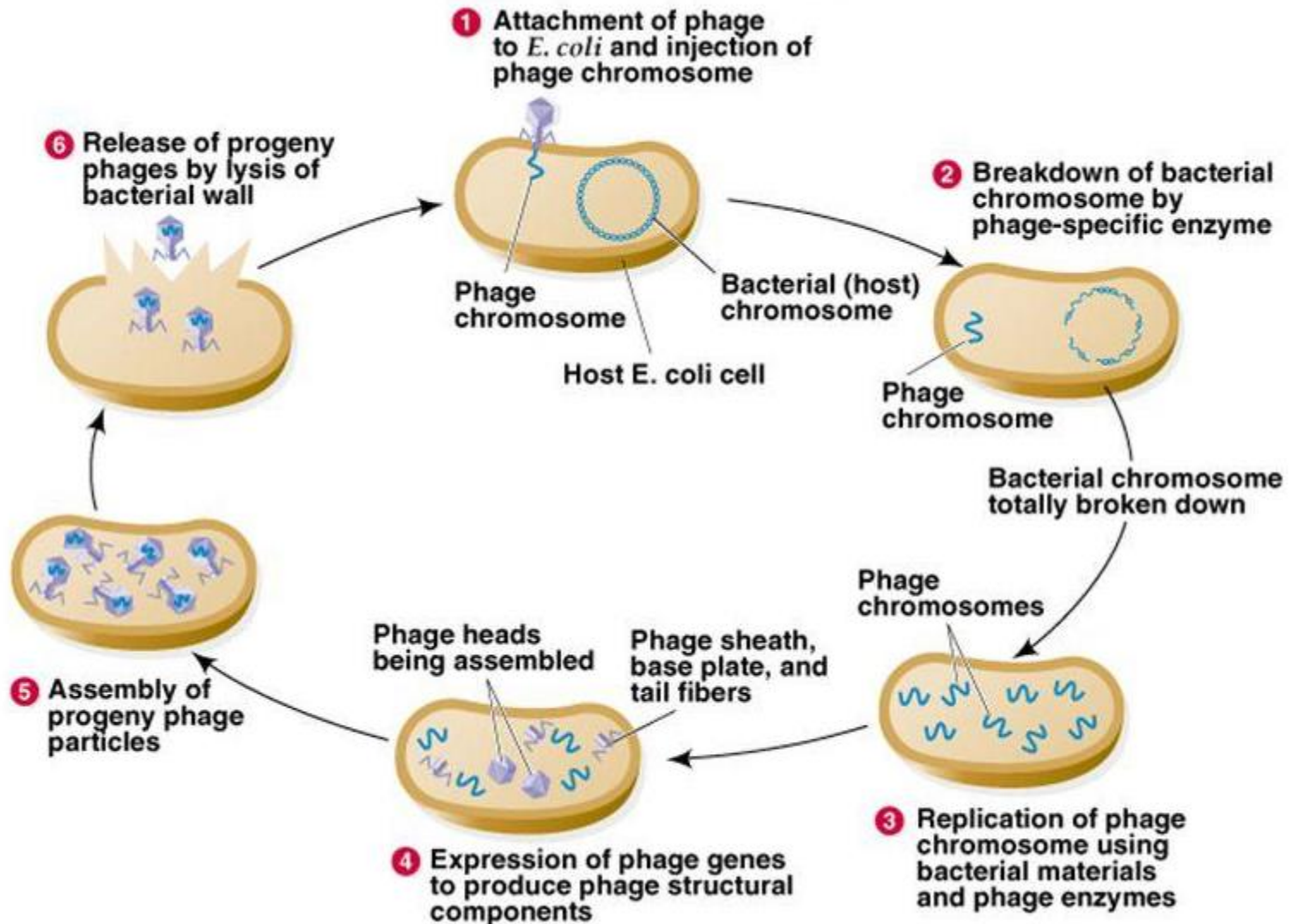
ΠΕΙΡΑΜΑ Hershey & Chase (1952)

Βακτηριοφάγος T2

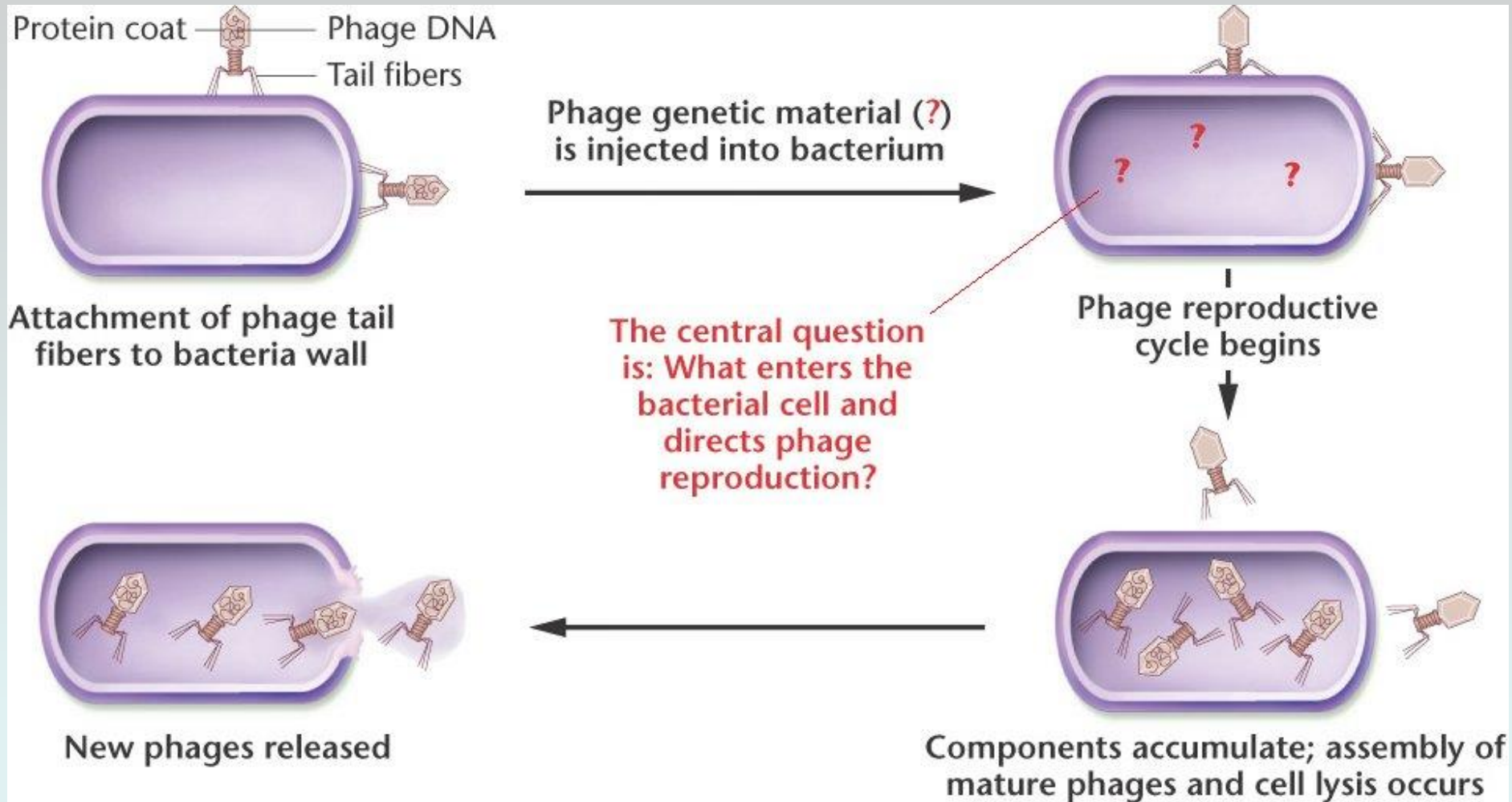


ΠΕΙΡΑΜΑ Hershey & Chase (1952)

Βακτηριοφάγος T2



ΠΕΙΡΑΜΑ Hershey & Chase (1952)



ΠΕΙΡΑΜΑ Hershey & Chase (1952) ή αλλιώς ... το πείραμα του μπλέντερ

INDEPENDENT FUNCTIONS OF VIRAL PROTEIN AND NUCLEIC ACID IN GROWTH OF BACTERIOPHAGE*

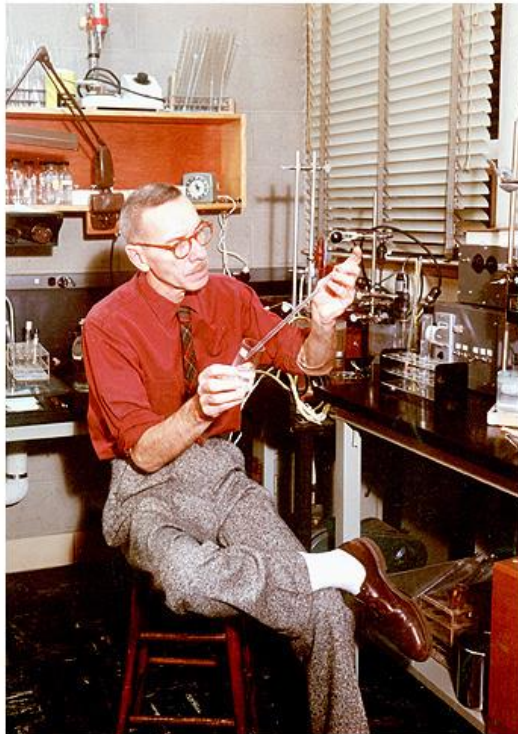
BY A. D. HERSHEY AND MARTHA CHASE

(From the Department of Genetics, Carnegie Institution of Washington, Cold Spring Harbor, Long Island)

(Received for publication, April 9, 1952)

The work of Doermann (1948), Doermann and Dissosway (1949), and Anderson and Doermann (1952) has shown that bacteriophages T2, T3, and T4 multiply in the bacterial cell in a non-infective form. The same is true of the phage carried by certain lysogenic bacteria (Lwoff and Gutmann, 1950). Little else is known about the vegetative phase of these viruses. The experiments reported in this paper show that one of the first steps in the growth of T2 is the release from its protein coat of the nucleic acid of the virus particle, after which the bulk of the sulfur-containing protein has no further function.

Alfred Hershey & Martha Chase

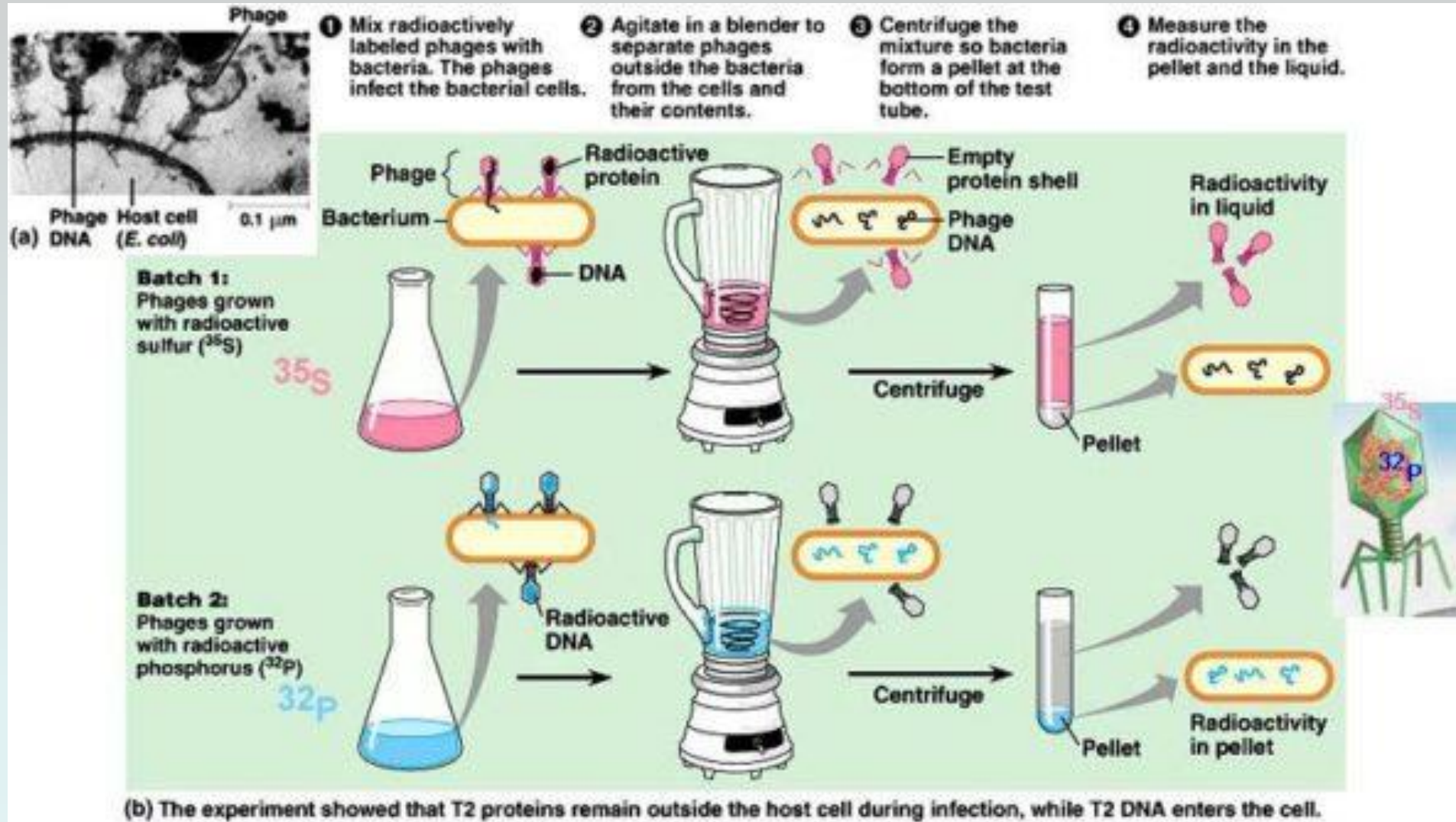


Courtesy of Cold Spring Harbor Laboratory Archives.
Noncommercial, educational use only.

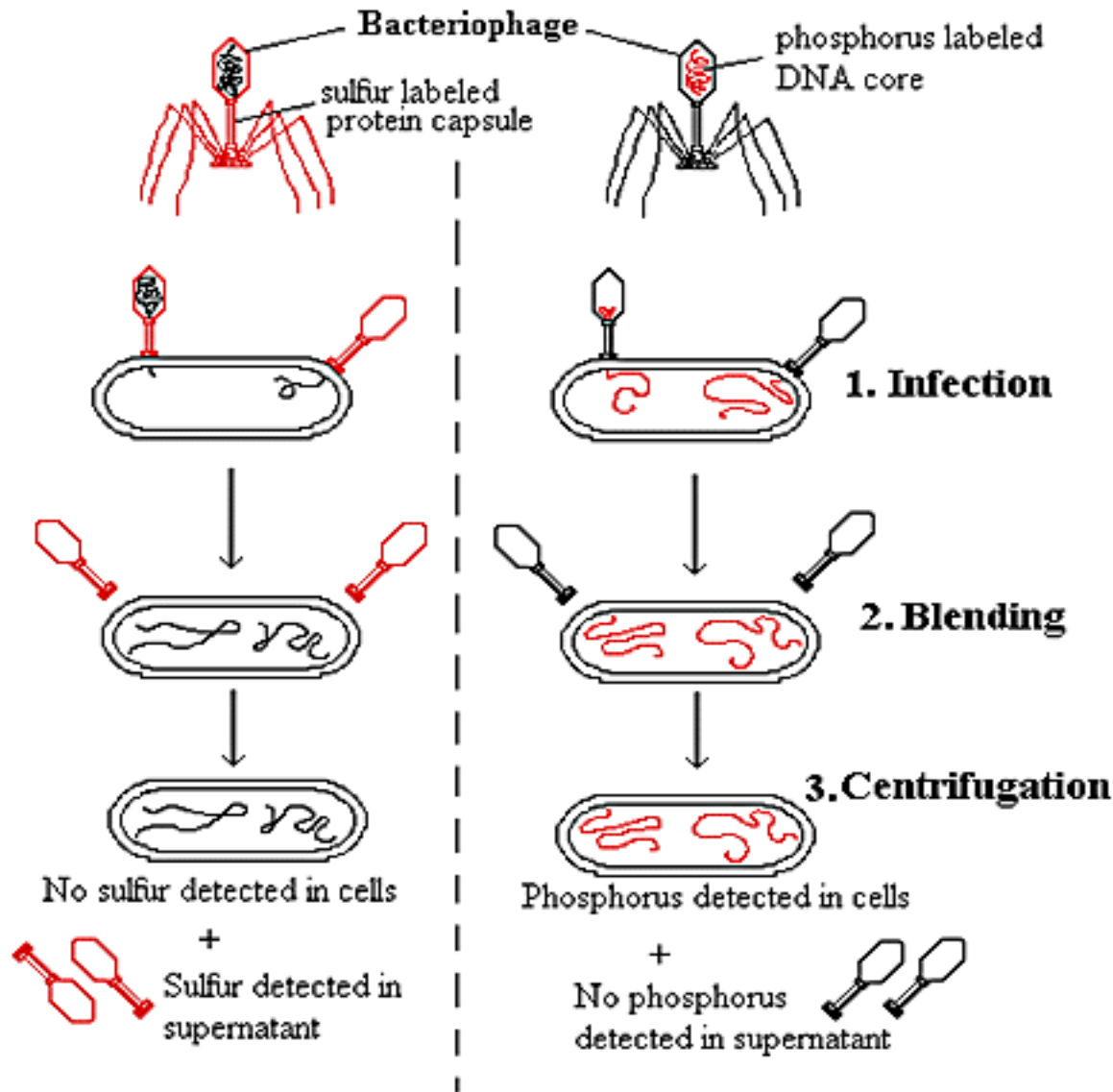


Courtesy of Cold Spring Harbor Laboratory Archives and Svenskt Press Photo, Stockholm, Sweden. Noncommercial, educational use only.

ΠΕΙΡΑΜΑ Hershey & Chase (1952) ή αλλιώς ... το πείραμα του μπλέντερ

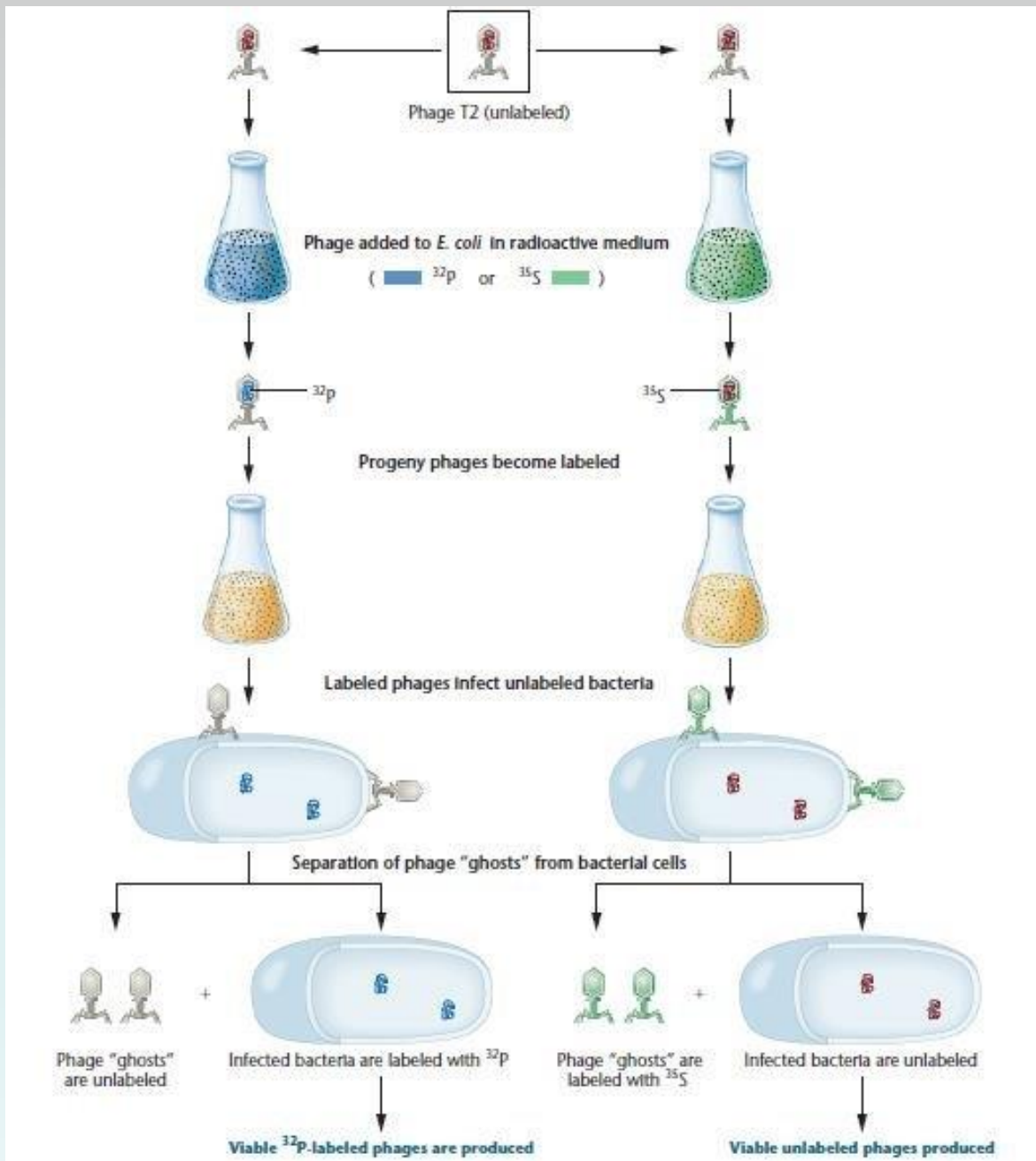


ΠΕΙΡΑΜΑ Hershey & Chase (1952)

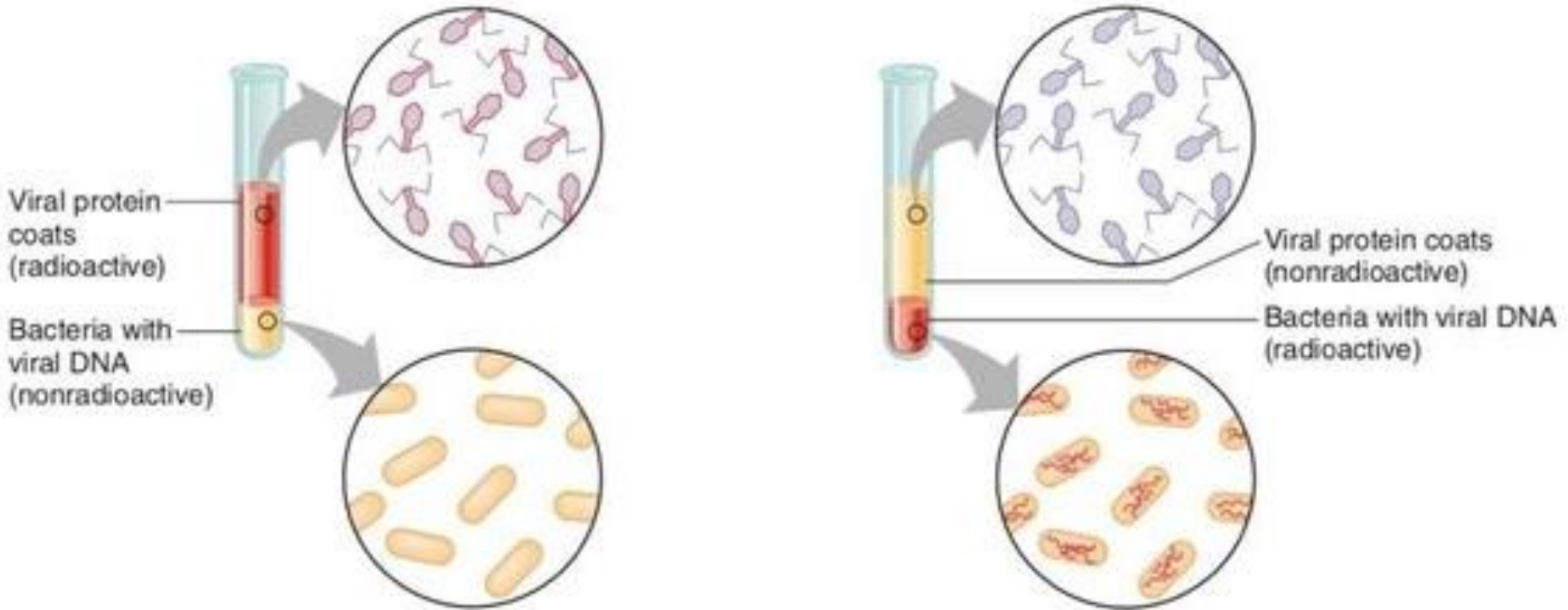


The Hershey-Chase Experiment

ΠΕΙΡΑΜΑ Hershey & Chase (1952)



ΠΕΙΡΑΜΑ Hershey & Chase (1952)



Η ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΕΙΚΟΣΤΟΥ ΑΙΩΝΑ



Cambridge, 1953. Shortly before discovering the structure of DNA, Watson and Crick, depressed by their lack of progress, visit the local pub.

Η ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΕΙΚΟΣΤΟΥ ΑΙΩΝΑ

ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΗΣ ΕΛΙΚΑΣ ΤΟΥ DNA (1953):

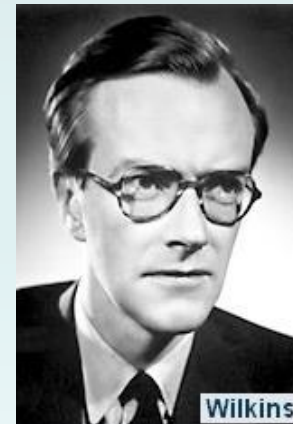
Η ανάλυση του ποσοστού των αζ. βάσεων σε μόρια DNA από διαφορετικούς οργανισμούς έδειχνε ότι σε κάθε μόριο DNA:

- Ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως αζ. βάση **A** είναι ίσος με τον αριθμό αυτών που έχουν ως αζ. βάση **T** & ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως αζ. βάση **G** είναι ίσος με τον αριθμό αυτών που έχουν ως αζ. βάση **C** (**A=T & C=G**)
- Ο λόγος **$[(A+T)/(G+C)]$** διαφέρει από είδος σε είδος και σχετίζεται με το είδος του οργανισμού
- **Αποτελέσματα από την απεικόνιση του μορίου του DNA με χρήση ακτίνων-Χ**

Του **Watson & Crick**



του **Wilkins & της Franklin**



Η ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΕΙΚΟΣΤΟΥ ΑΙΩΝΑ

ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΗΣ ΕΛΙΚΑΣ ΤΟΥ DNA (1953):

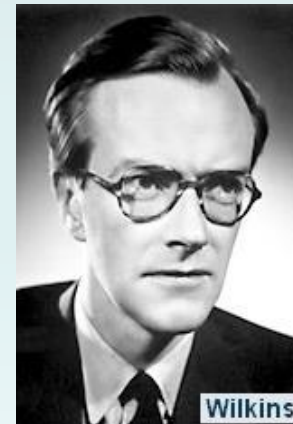
Η ανάλυση του ποσοστού των αζ. βάσεων σε μόρια DNA από διαφορετικούς οργανισμούς έδειχνε ότι σε κάθε μόριο DNA:

- Ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως αζ. βάση **A** είναι ίσος με τον αριθμό αυτών που έχουν ως αζ. βάση **T** & ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως αζ. βάση **G** είναι ίσος με τον αριθμό αυτών που έχουν ως αζ. βάση **C** (**A=T & C=G**)
- Ο λόγος **$[(A+T)/(G+C)]$** διαφέρει από είδος σε είδος και σχετίζεται με το είδος του οργανισμού
- **Αποτελέσματα από την απεικόνιση του μορίου του DNA με χρήση ακτίνων-Χ**

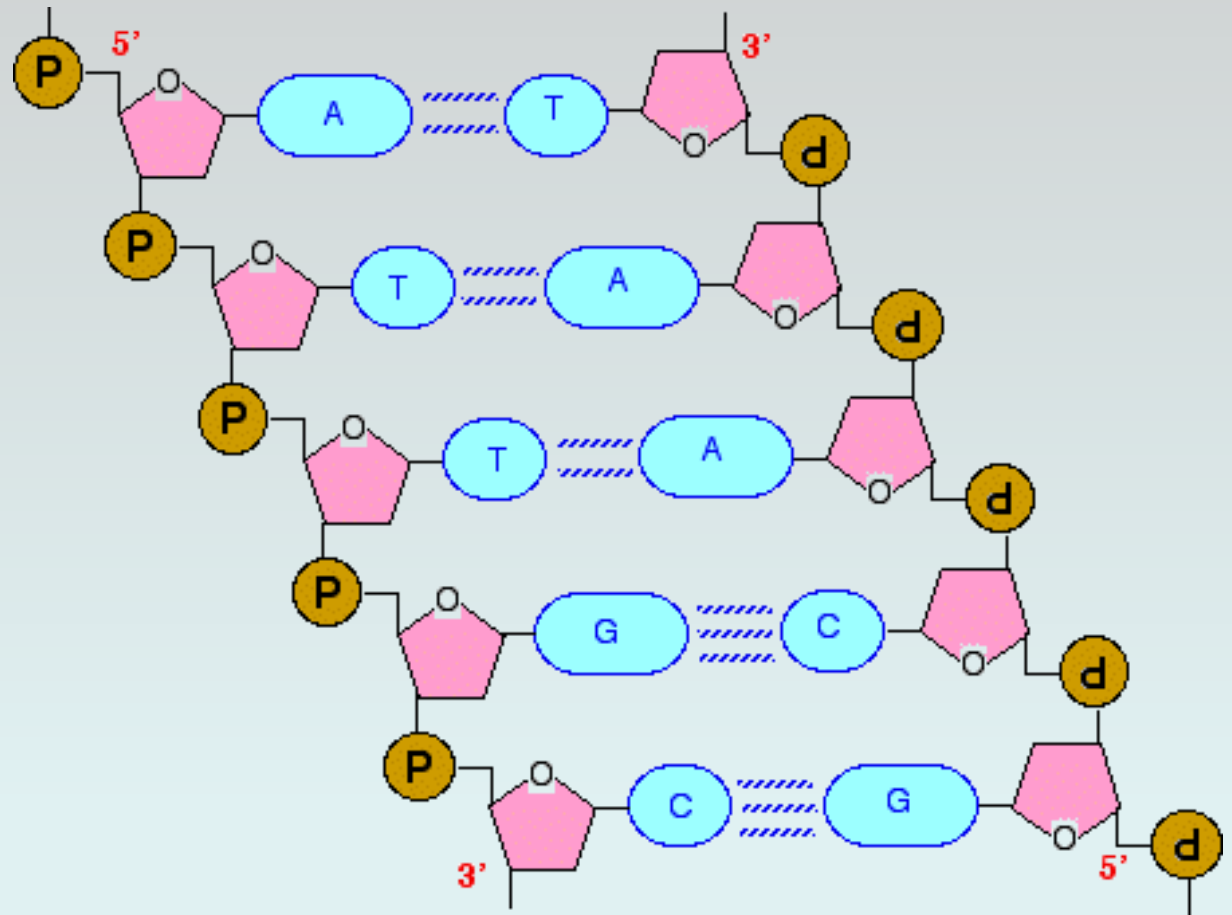
Του **Watson & Crick**



του **Wilkins & της Franklin**



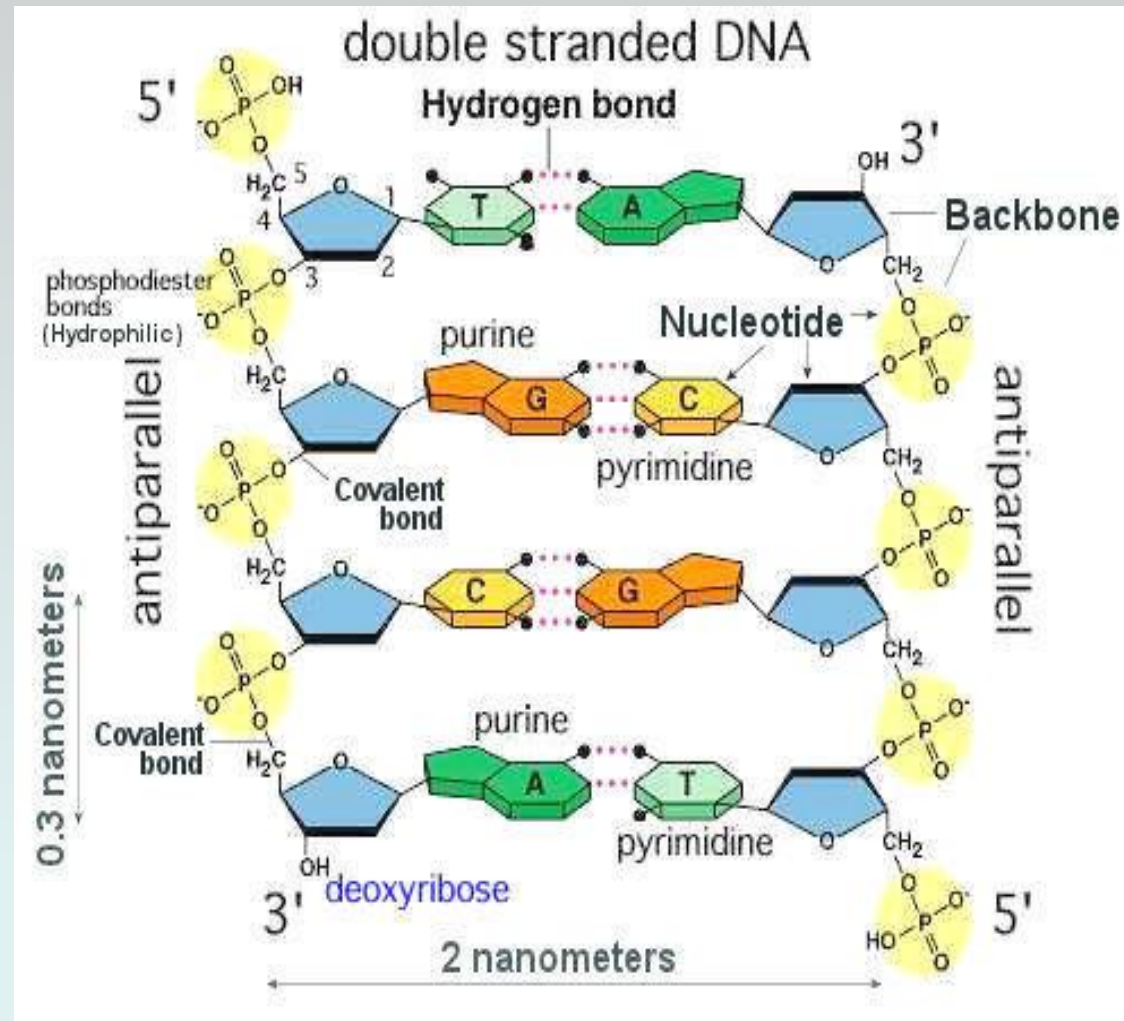
ΔΟΜΗ ΤΟΥ DNA



ΔΟΜΗ ΤΟΥ DNA

Με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας:

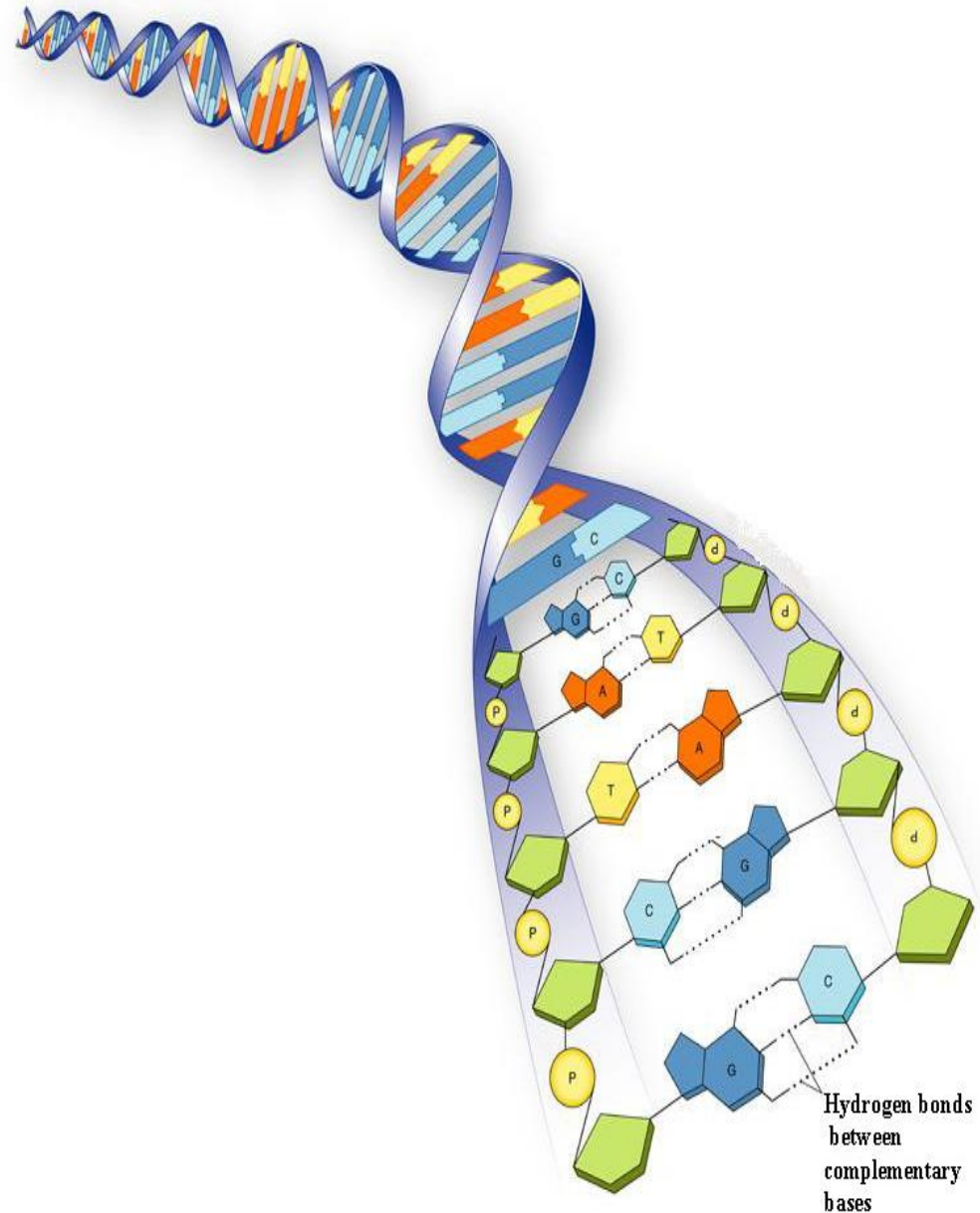
- ➔ Οι αζωτούχες βάσεις της μιας αλυσίδας συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου με τις αζωτούχες βάσεις της απέναντι αλυσίδας
- ➔ Η ΑΔΕΝΙΝΗ συνδέεται με δύο δεσμούς υδρογόνου μόνο με τη ΘΥΜΙΝΗ και αντίστροφα
- ➔ Η ΚΥΤΟΣΙΝΗ συνδέεται με τρεις δεσμούς υδρογόνου μόνο με τη ΓΟΥΑΝΙΝΗ και αντίστροφα
- ➔ Οι δεσμοί υδρογόνου σταθεροποιούν την δευτεροταγή δομή του μορίου



ΔΟΜΗ ΤΟΥ DNA

Οι δύο αλυσίδες ενός μορίου DNA είναι συμπληρωματικές

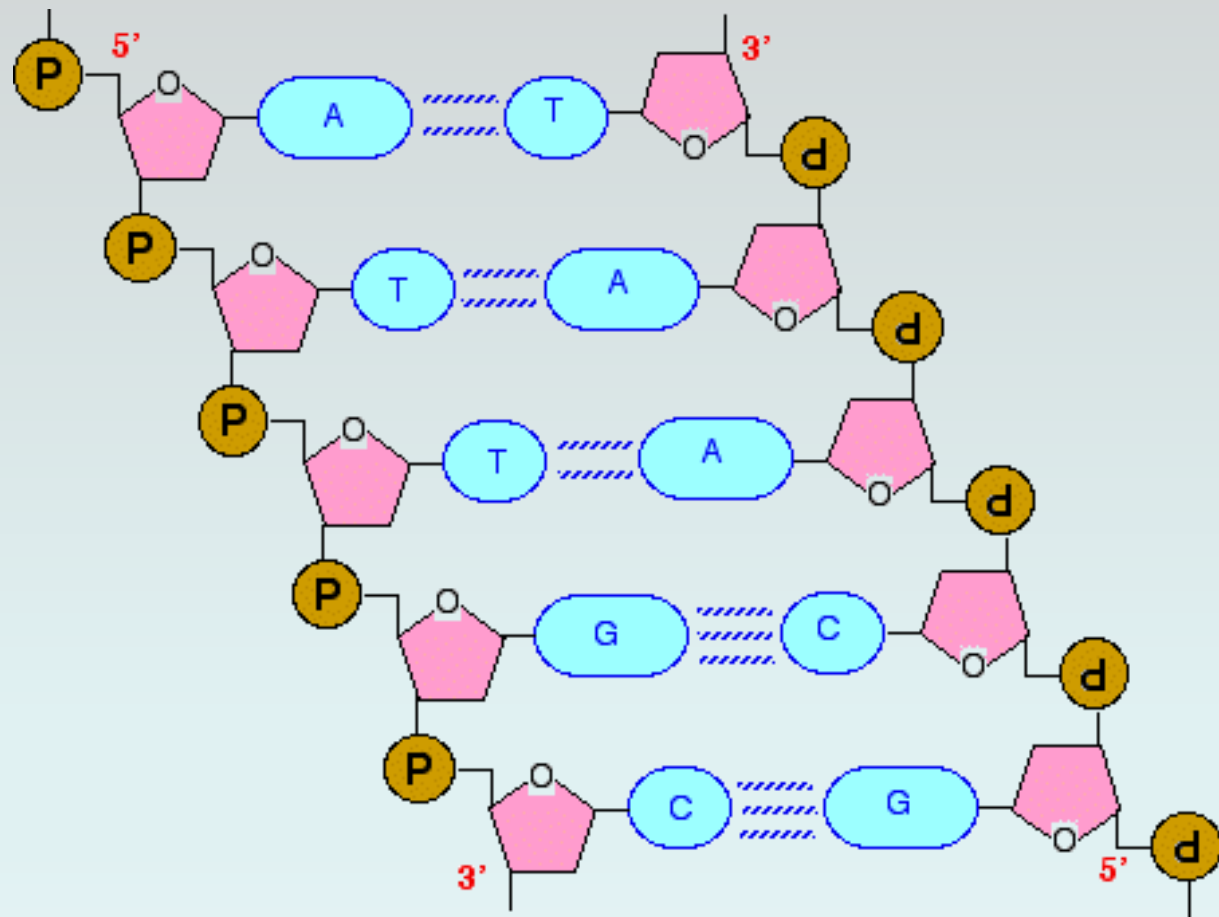
- ➔ Η αλληλουχία της μιας αλυσίδας καθορίζει την αλληλουχία της άλλης
- ➔ Η συμπληρωματικότητα έχει τεράστια σημασία για τον αυτοδιπλασιασμό του DNA
 - ✚ Μια ιδιότητα που το καθιστά το καταλληλότερο μόριο για τη διατήρηση και μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας
- ➔ Κάθε αλυσίδα DNA μπορεί να χρησιμεύει ως καλούπι για τη σύνθεση μιας συμπληρωματικής αλυσίδας
 - ✚ Τελικά σχηματίζονται δύο δίκλινα μόρια DNA πανομοιότυπα με το μητρικό μόριο



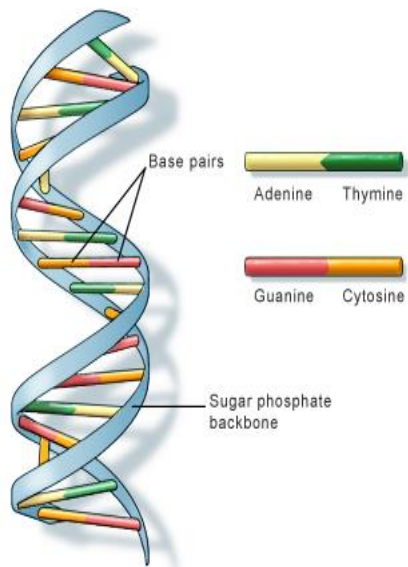
ΔΟΜΗ ΤΟΥ DNA

Οι δύο αλυσίδες ενός μορίου DNA είναι αντιπαράλληλες

➔ Το 3' άκρο της μιας είναι απέναντι από το 5' άκρο της άλλης



ΔΟΜΗ ΤΟΥ DNA



U.S. National Library of Medicine



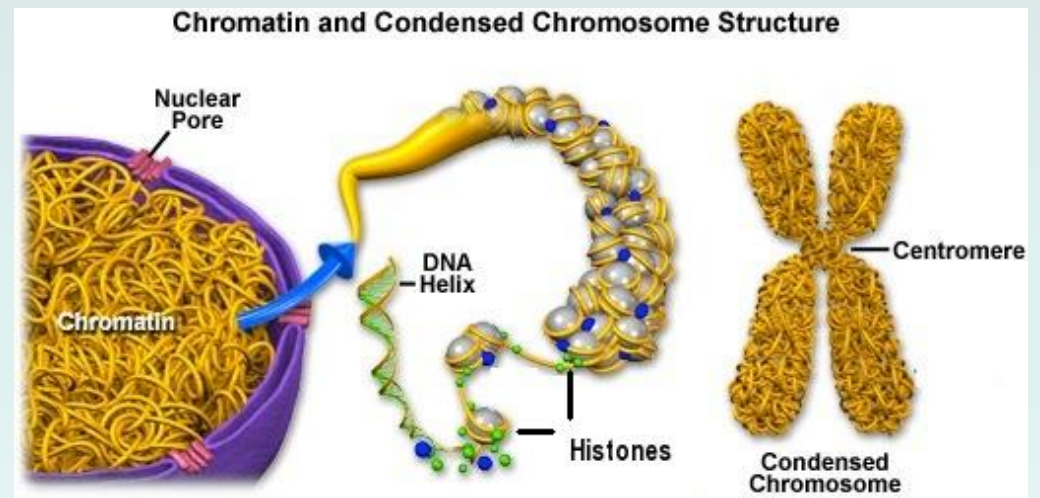
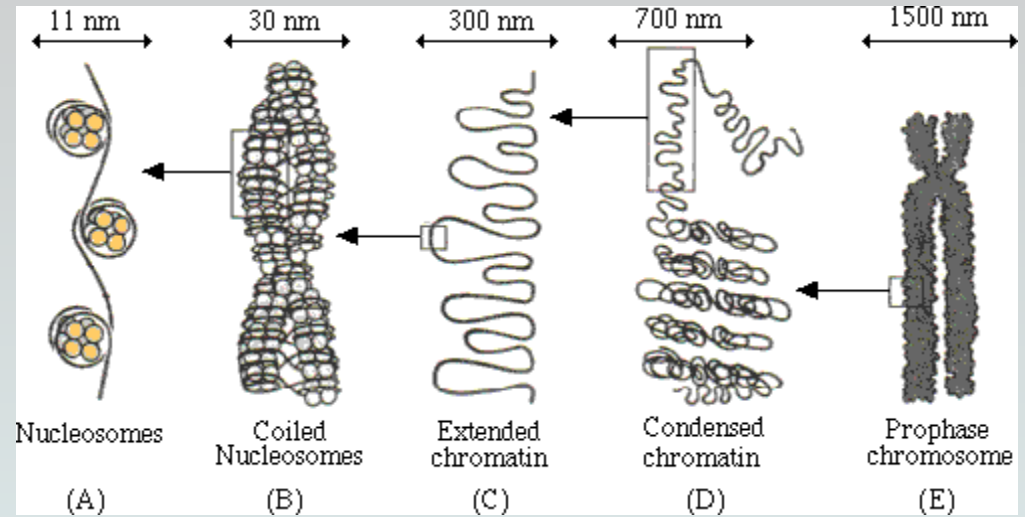
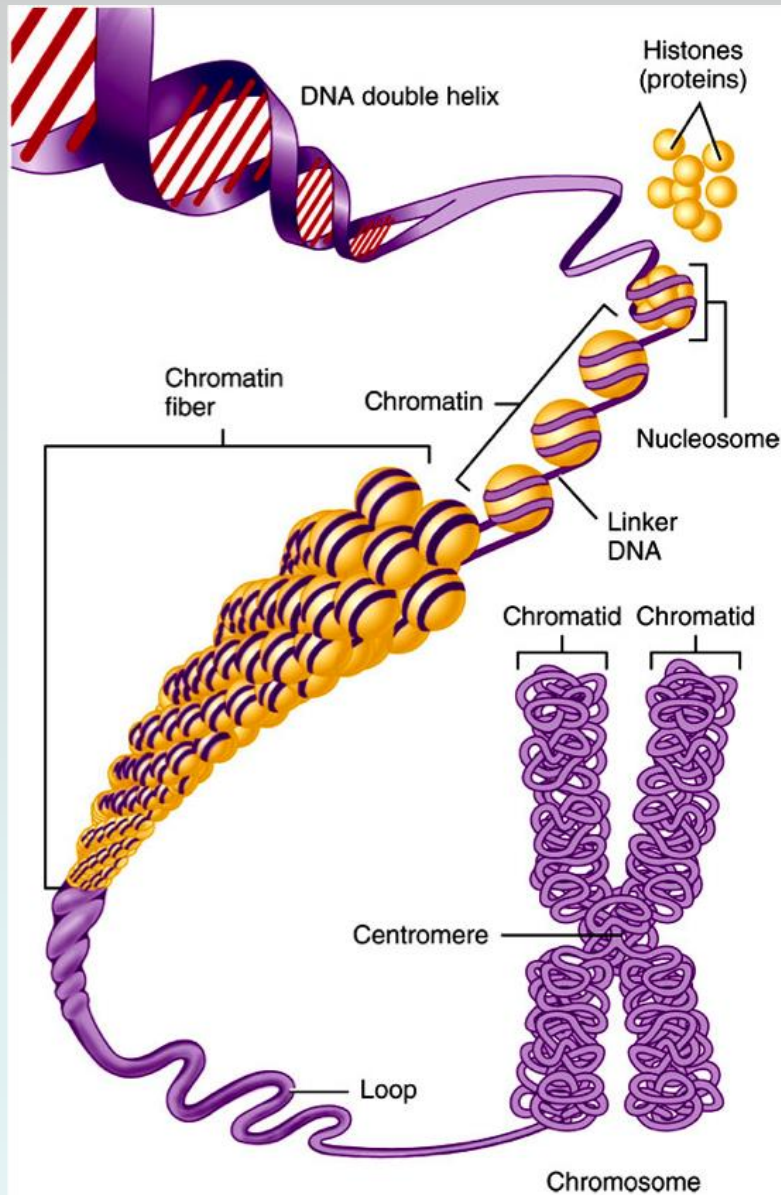
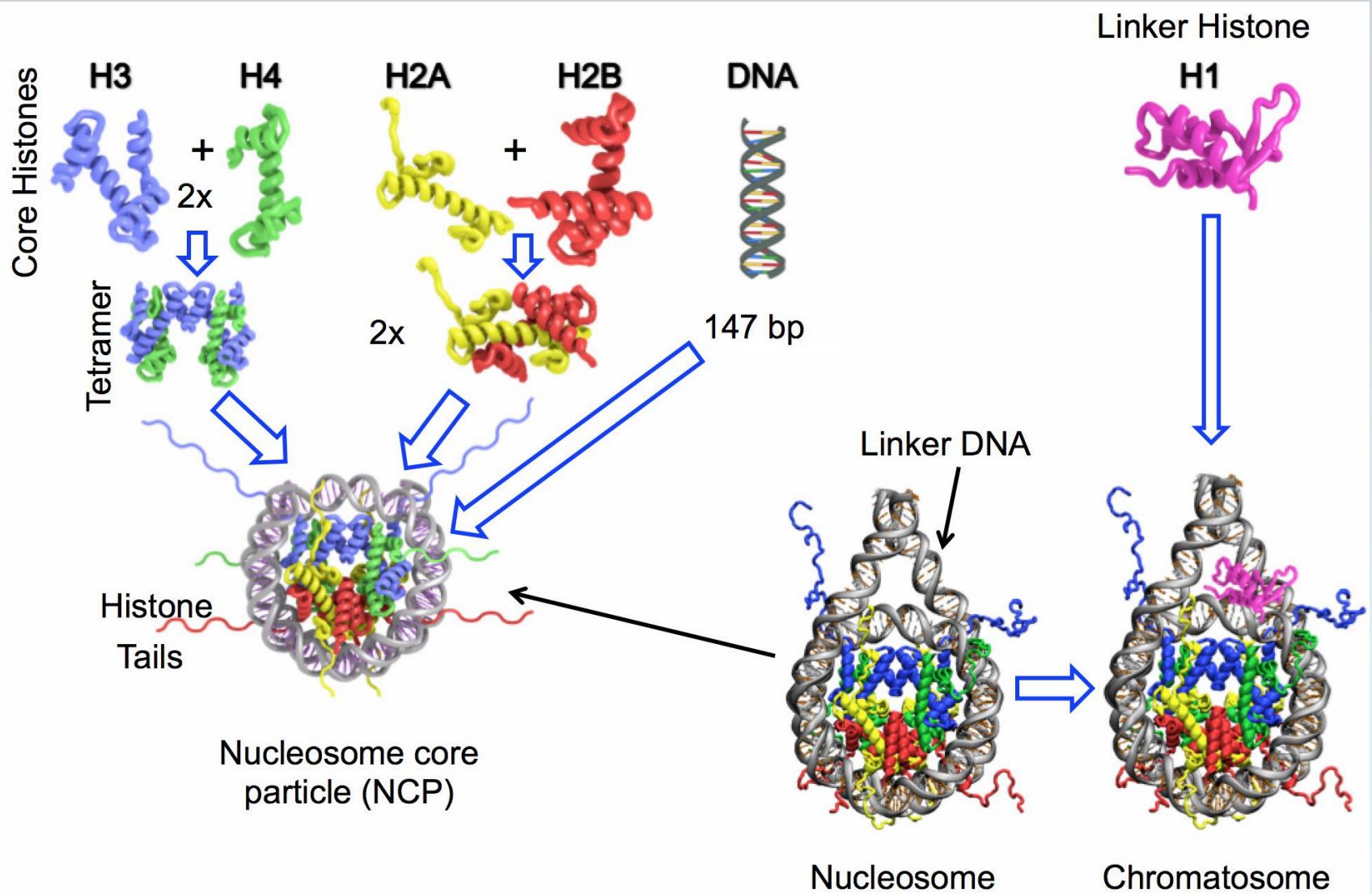
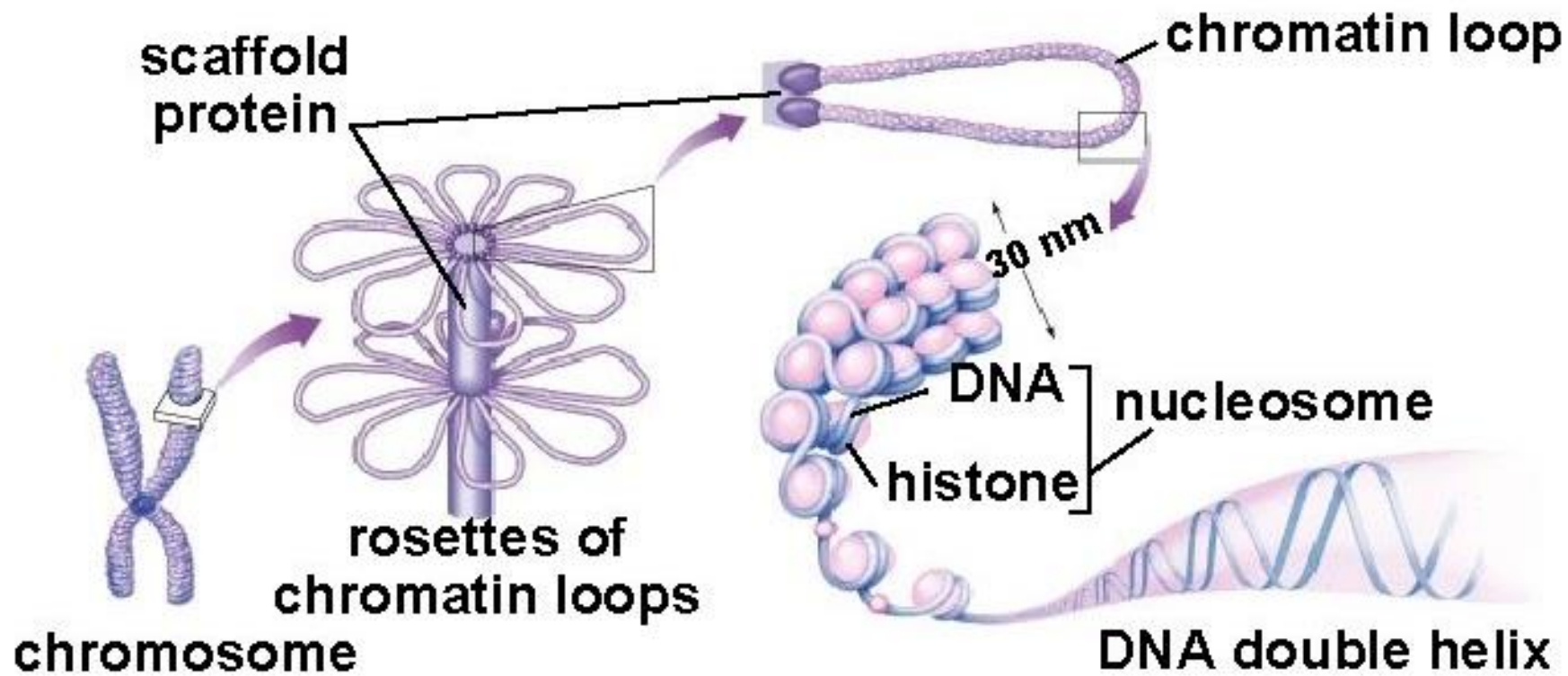


Figure 03.25 Tortora - PAP 12/e
Copyright © John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.





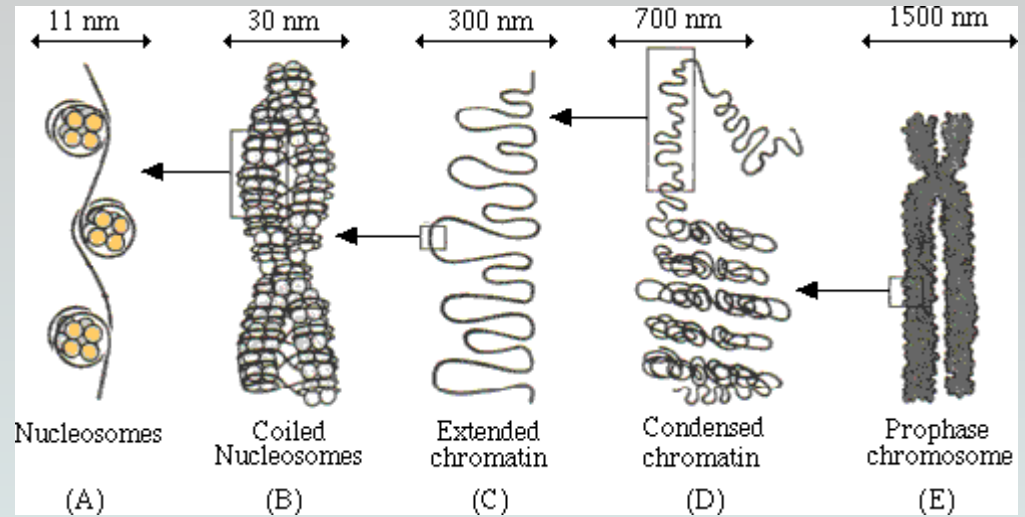
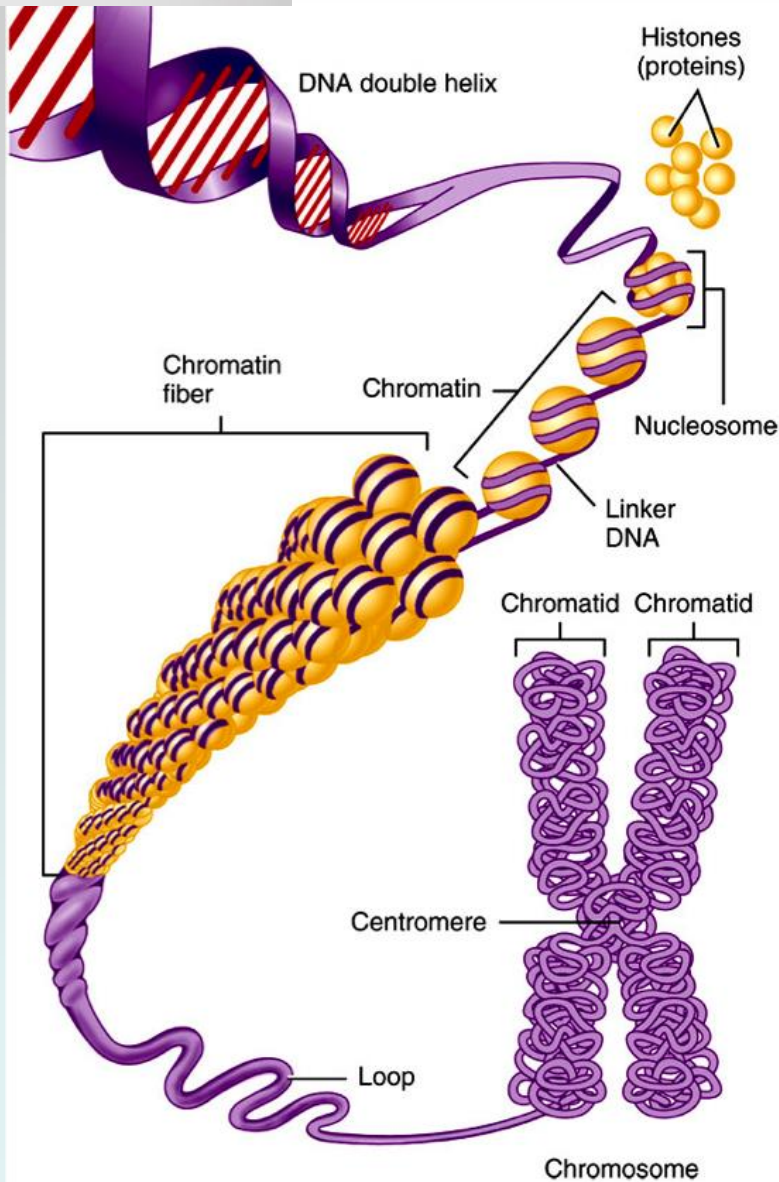
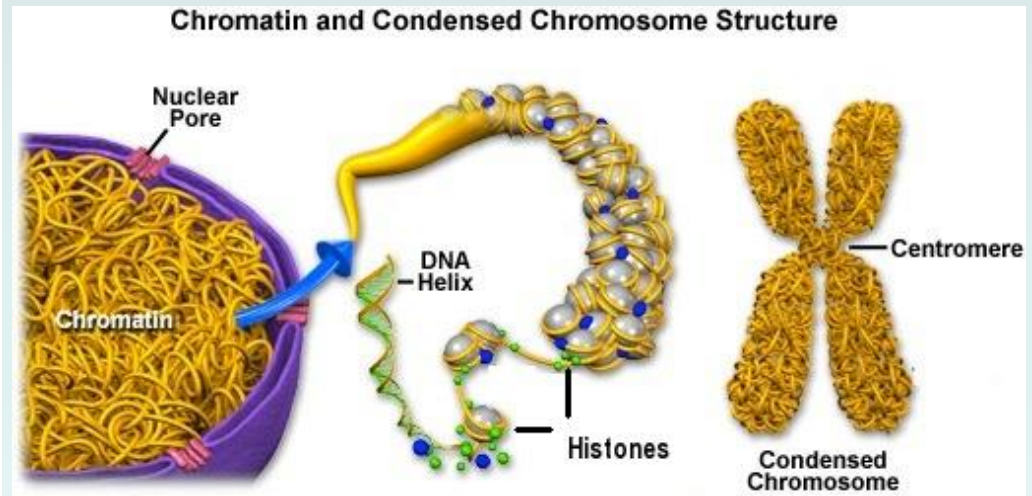
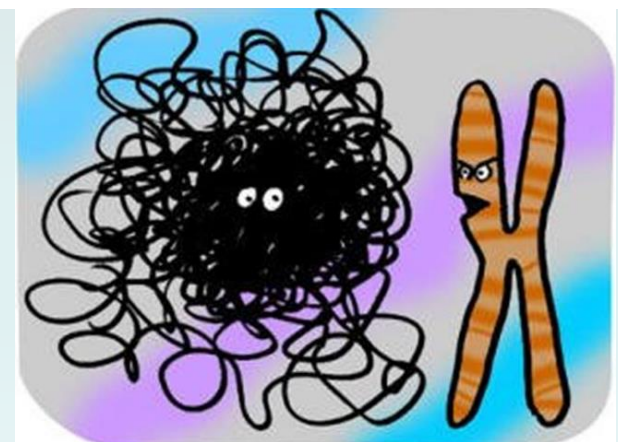
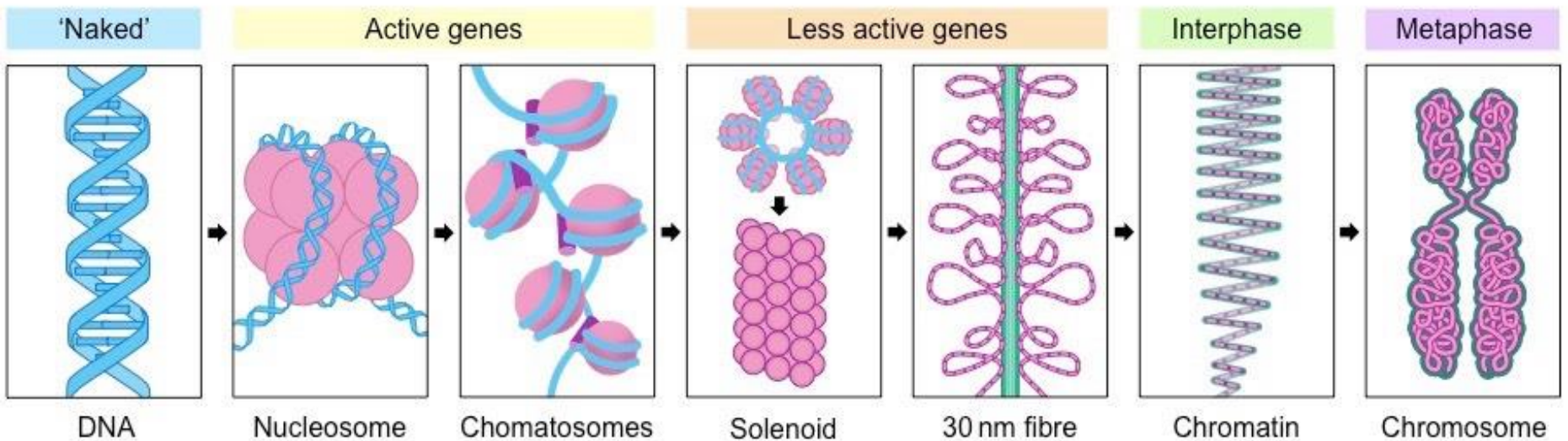


Figure 03.25 Tortora - PAP 12/e
Copyright © John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

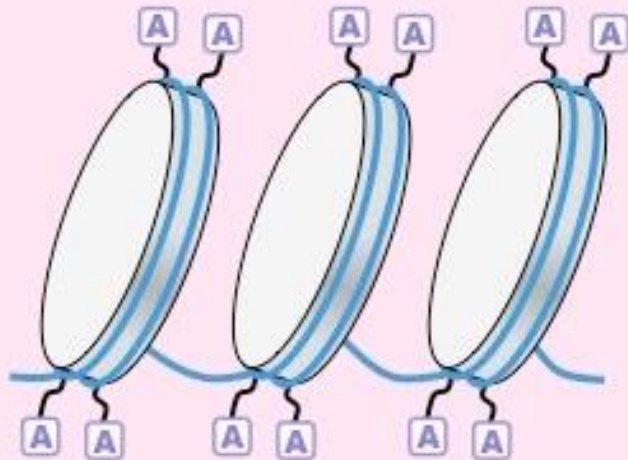


Η γονιδιακή έκφραση είναι **άρρηκτα συνδεδεμένη** με το βαθμό συμπίκνωσης του γενετικού υλικού



Dude, mitosis starts in five minutes...
I can't believe you're not condensed yet.

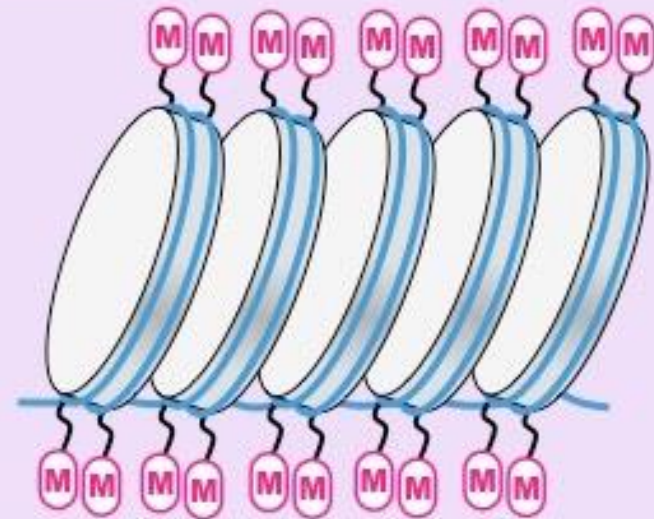
EUCHROMATIN



ACETYLATION:

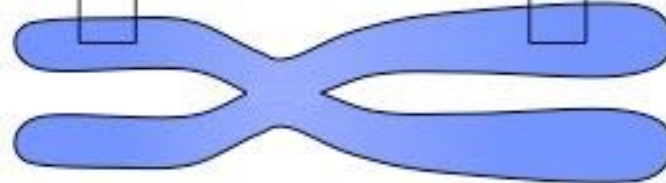
Regions with high transcriptional activity are loosely packed

HETEROCHROMATIN

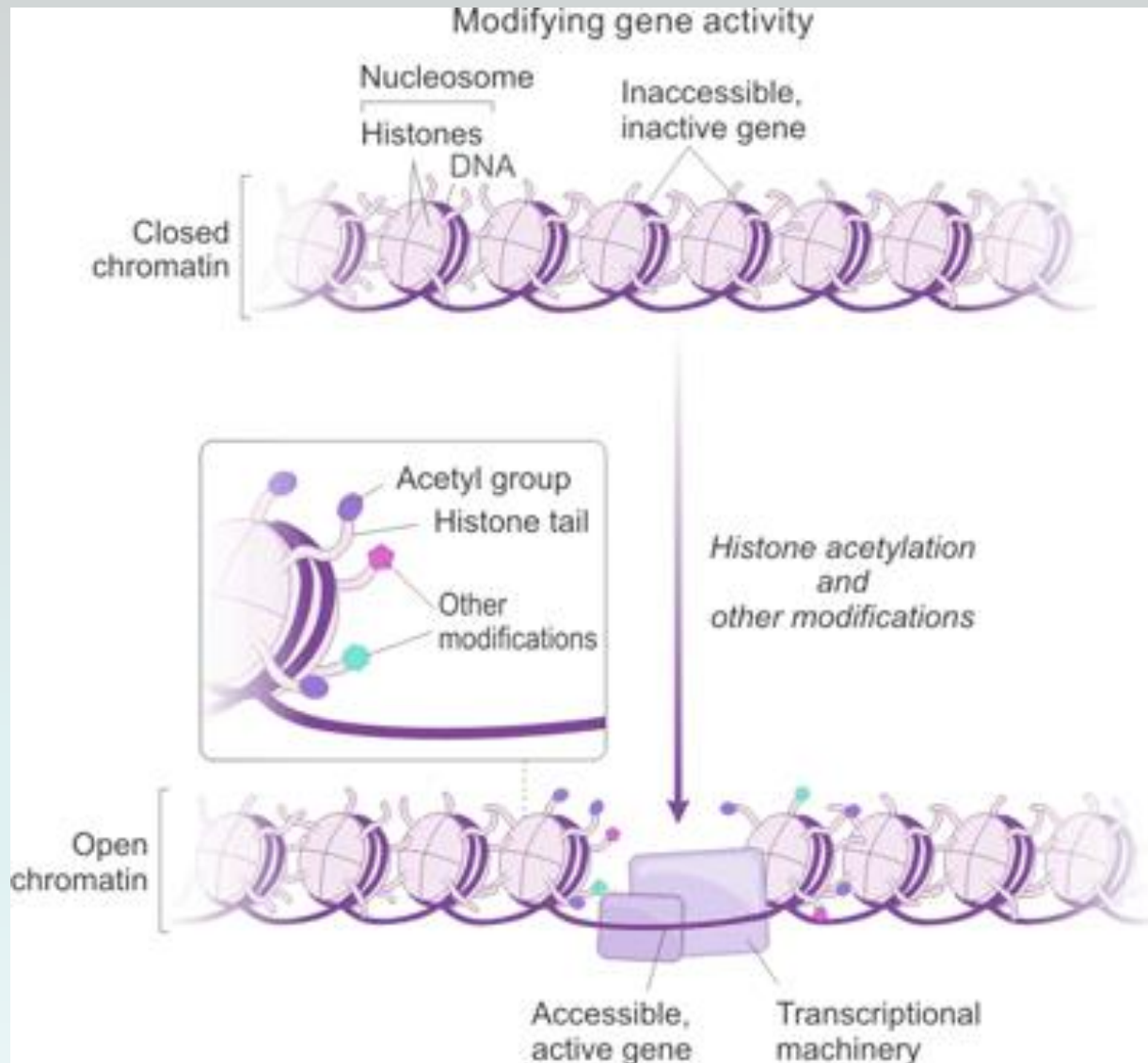


METHYLATION:

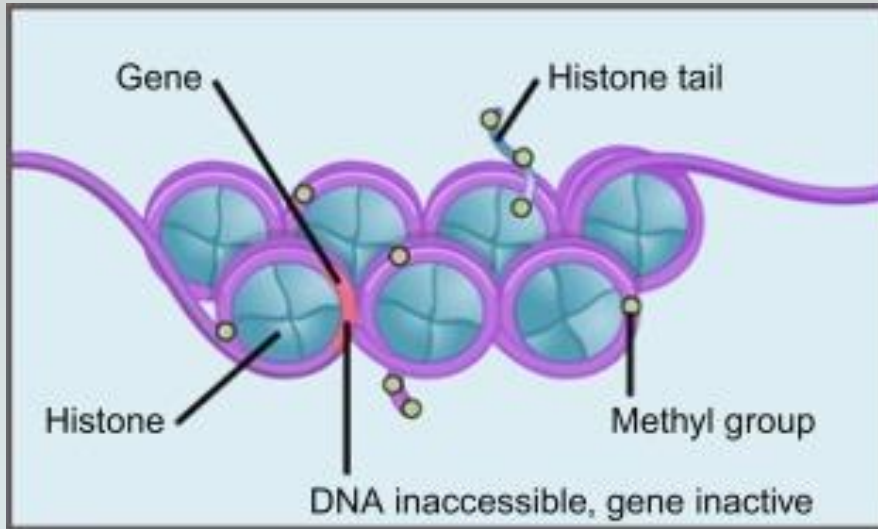
Regions with low or no transcriptional activity are densely packed



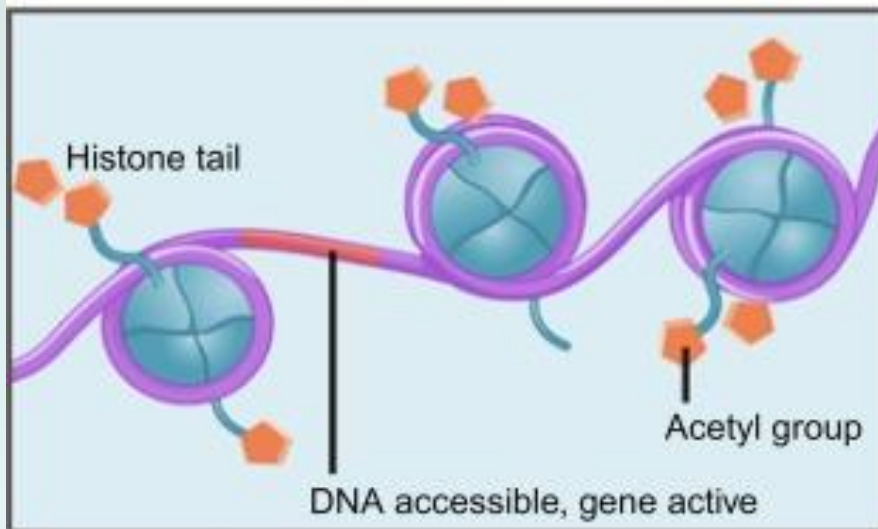
Η **ακετυλίωση των ιστονών**: ρυθμιστικός παράγοντας για την απελευθέρωση του DNA από το νουκλεόσωμα



Η ακετυλίωση των ιστονών και η μεθυλίωση του DNA: ρυθμιστικοί παράγοντες για την έκφραση των γονιδίων

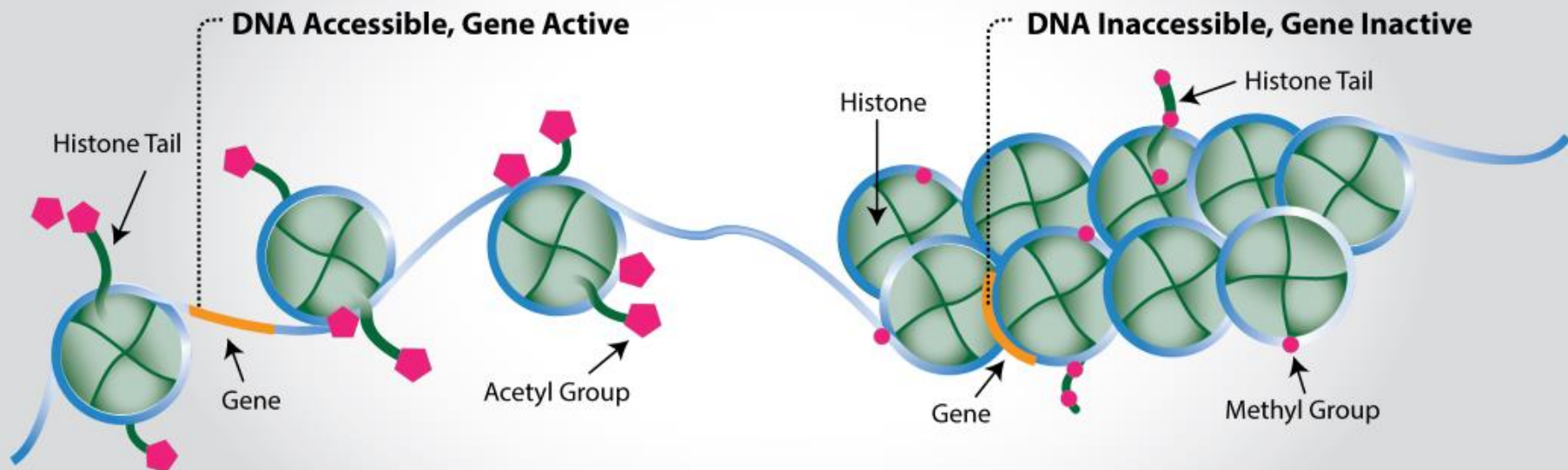


Methylation of DNA and histones causes nucleosomes to pack tightly together. Transcription factors cannot bind the DNA, and genes are not expressed.

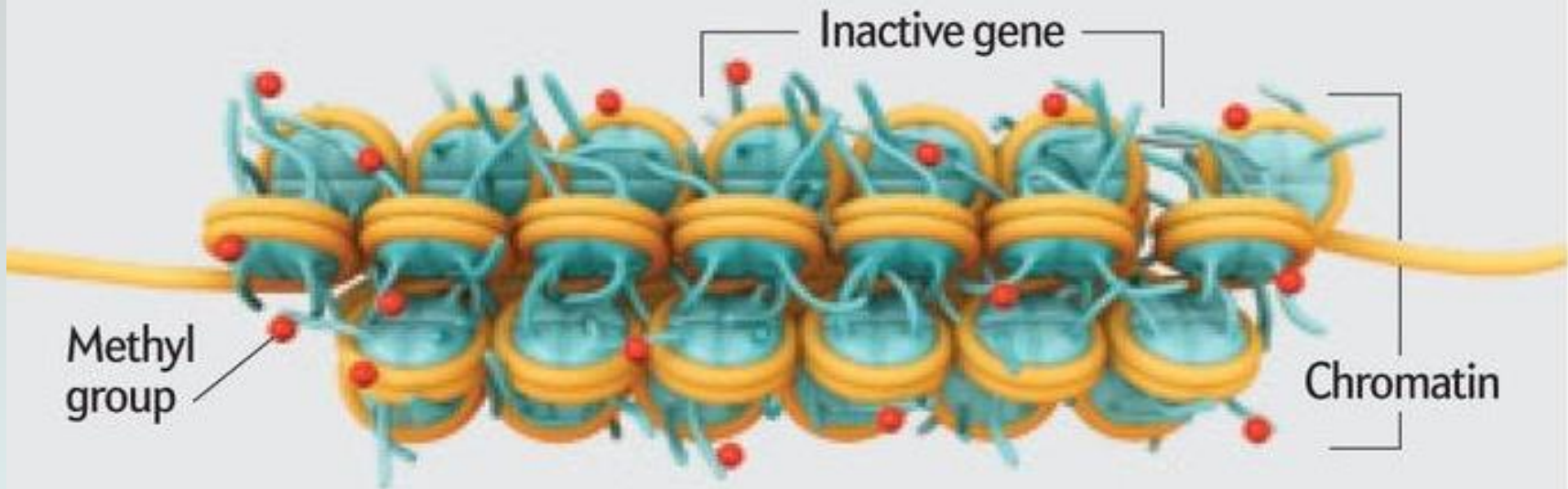


Histone acetylation results in loose packing of nucleosomes. Transcription factors can bind the DNA and genes are expressed.

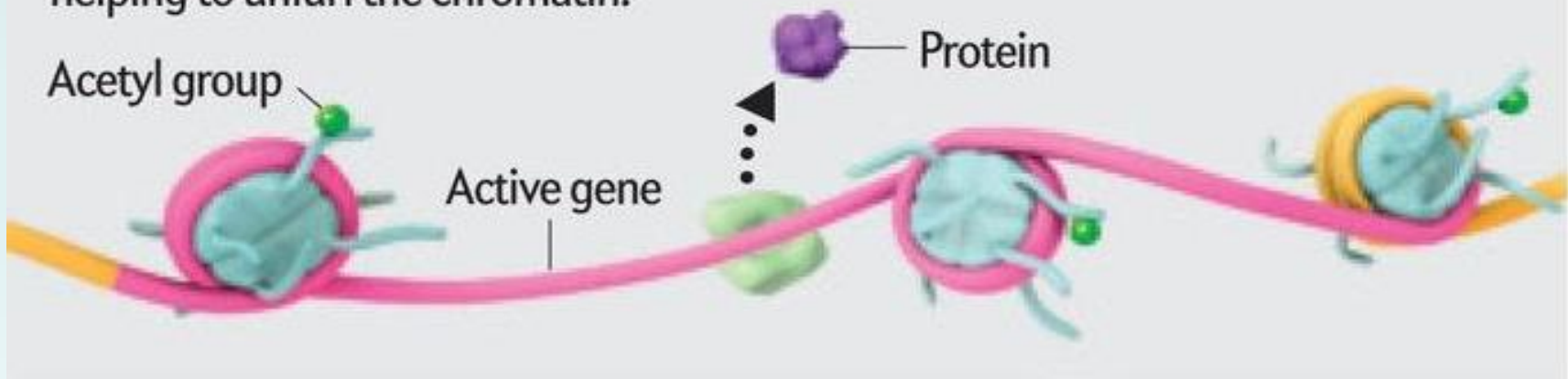
Η **ακετυλίωση των ιστονών**: ρυθμιστικός παράγοντας για την απελευθέρωση του DNA από το νουκλεόσωμα



Gene off: Some epigenetic marks inhibit genes by inducing tight folding of chromatin (DNA complexed with histones and other proteins) and thus keeping genes from being read; methyl groups sometimes play that role.



Gene on: Other marks, such as acetyl groups, tend to spur gene activity by helping to unfurl the chromatin.



ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Αποθήκευση της γενετικής πληροφορίας:

- Στο DNA ή στο RNA των RNA ιών περιέχονται οι πληροφορίες που καθορίζουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού
- Οι πληροφορίες αυτές οργανώνονται σε λειτουργικές μονάδες τα γονίδια

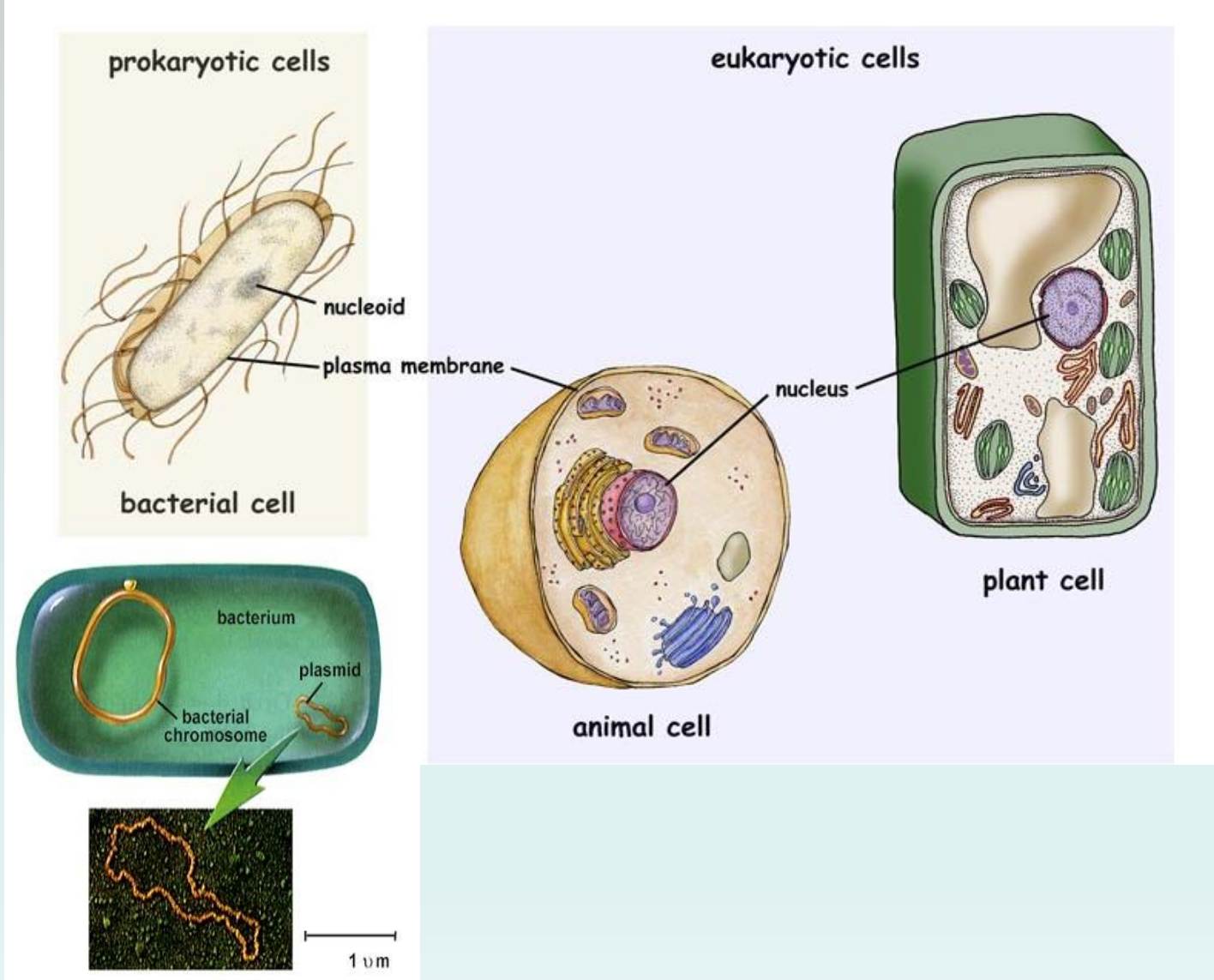
Διατήρηση και μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας:

- Από κύτταρο σε κύτταρο και από οργανισμό σε οργανισμό
- Εξασφαλίζεται με τον αυτοδιπλασιασμό του DNA

Έκφραση της γενετικής πληροφορίας:

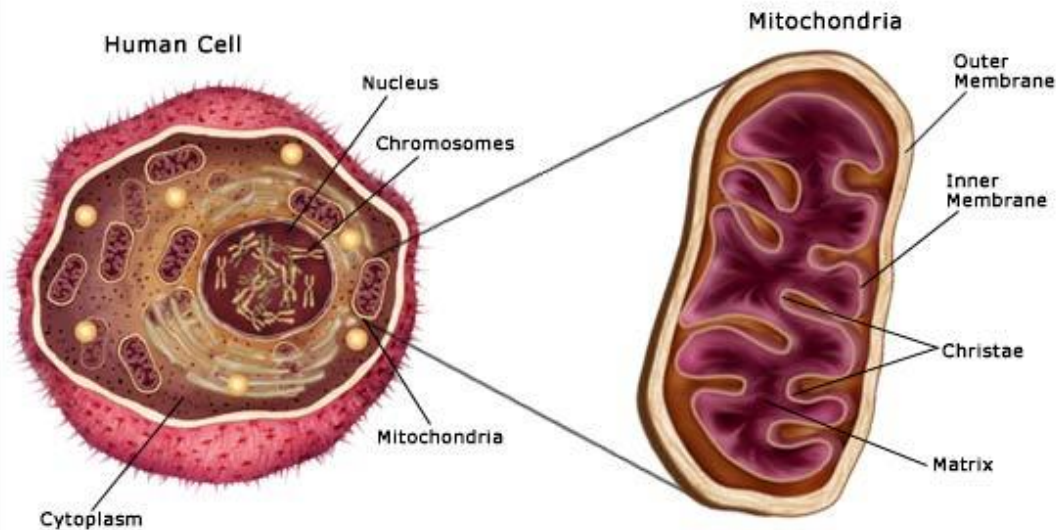
- Επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της σύνθεσης των πρωτεϊνών

ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΟΙ – ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ



DNA στα μιτοχόνδρια

Mitochondrial DNA



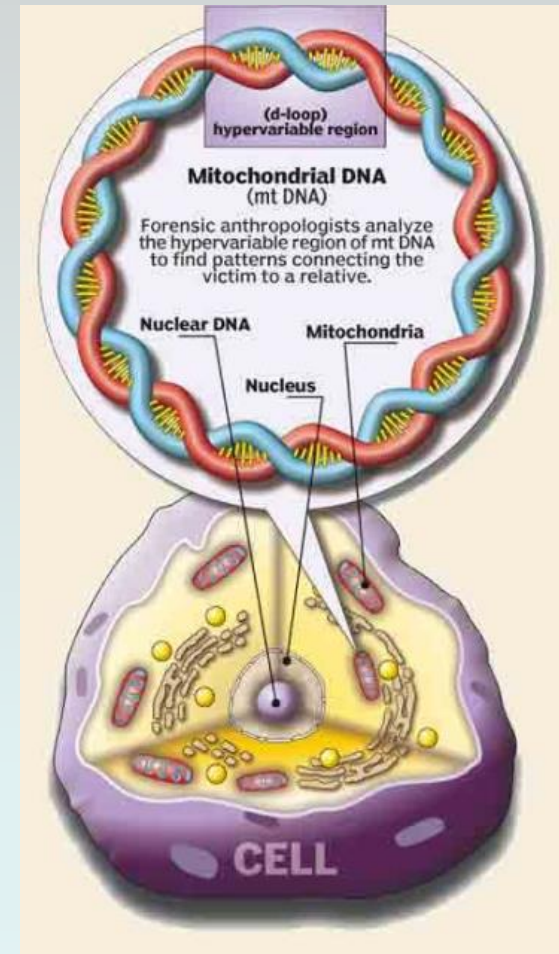
Mitochondrial DNA (mtDNA) is not contained in the nucleus but is located in the cytoplasm of the cell, and mtDNA is passed on only along the maternal line without any mixing. All of the mtDNA in the cells of a person's body are copies of his or her mother's mtDNA, and all of the mother's mtDNA is a copy of her mother's. Although a son receives his mtDNA from his mother, he does not pass it along to his offspring as they receive only their mother's mtDNA.

1. Έχουν 2-10 κυκλικά δίκλινα μόρια DNA που κωδικοποιούν ένα μικρό μέρος των πρωτεϊνών που χρειάζονται για την λειτουργία τους δηλαδή την οξειδωτική φωσφορυλίωση
2. Οι περισσότερες πρωτεΐνες που είναι απαραίτητες για τη λειτουργία τους κωδικοποιούνται από γονίδια του DNA του πυρήνα
3. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι τα οργανίδια αυτά δεν μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα από τον πυρήνα και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ημιαυτόνομα

DNA στα μιτοχόνδρια

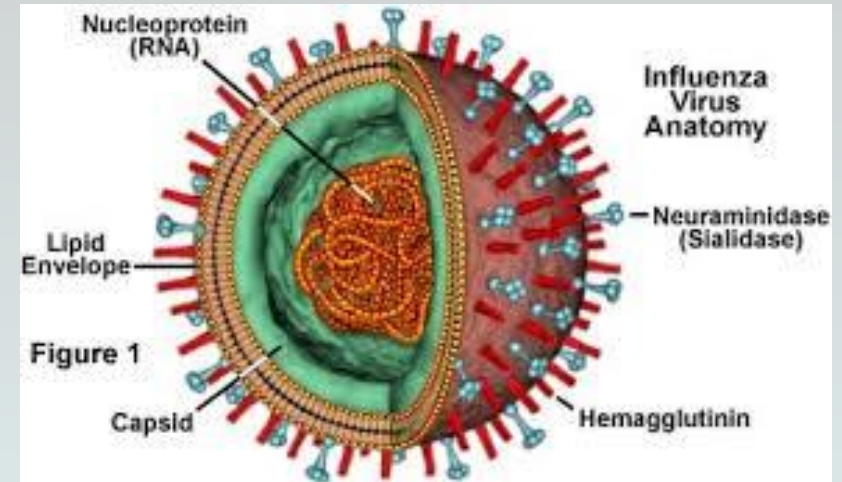
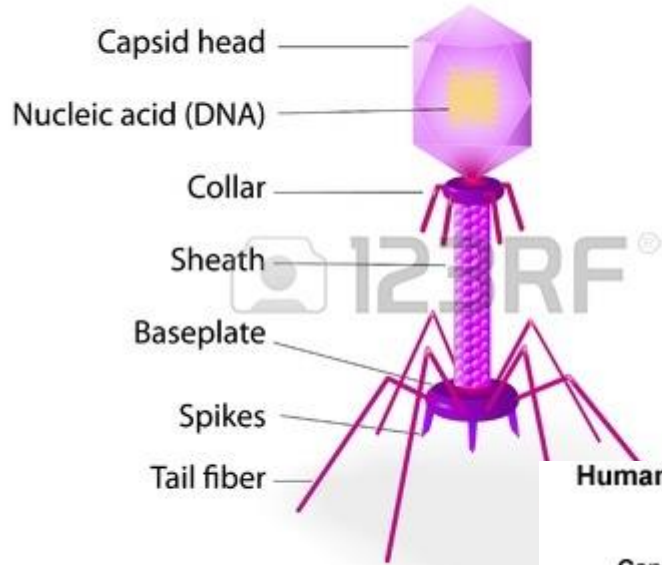
Το ζυγωτό των
ανώτερων οργανισμών
περιέχει μόνο τα
μιτοχόνδρια που
προέρχονται από το
ωάριο

Επομένως τα
μιτοχονδριακά γονίδια
είναι μητρικής
προέλευσης

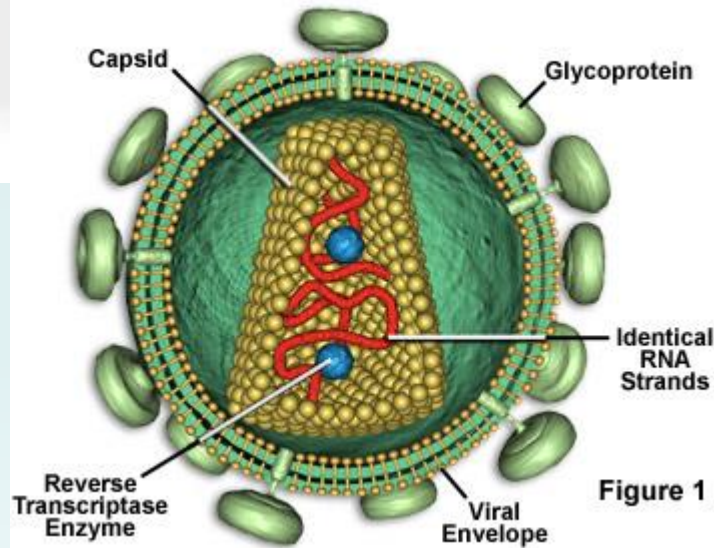


ΓΕΝΕΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΤΩΝ ΙΩΝ

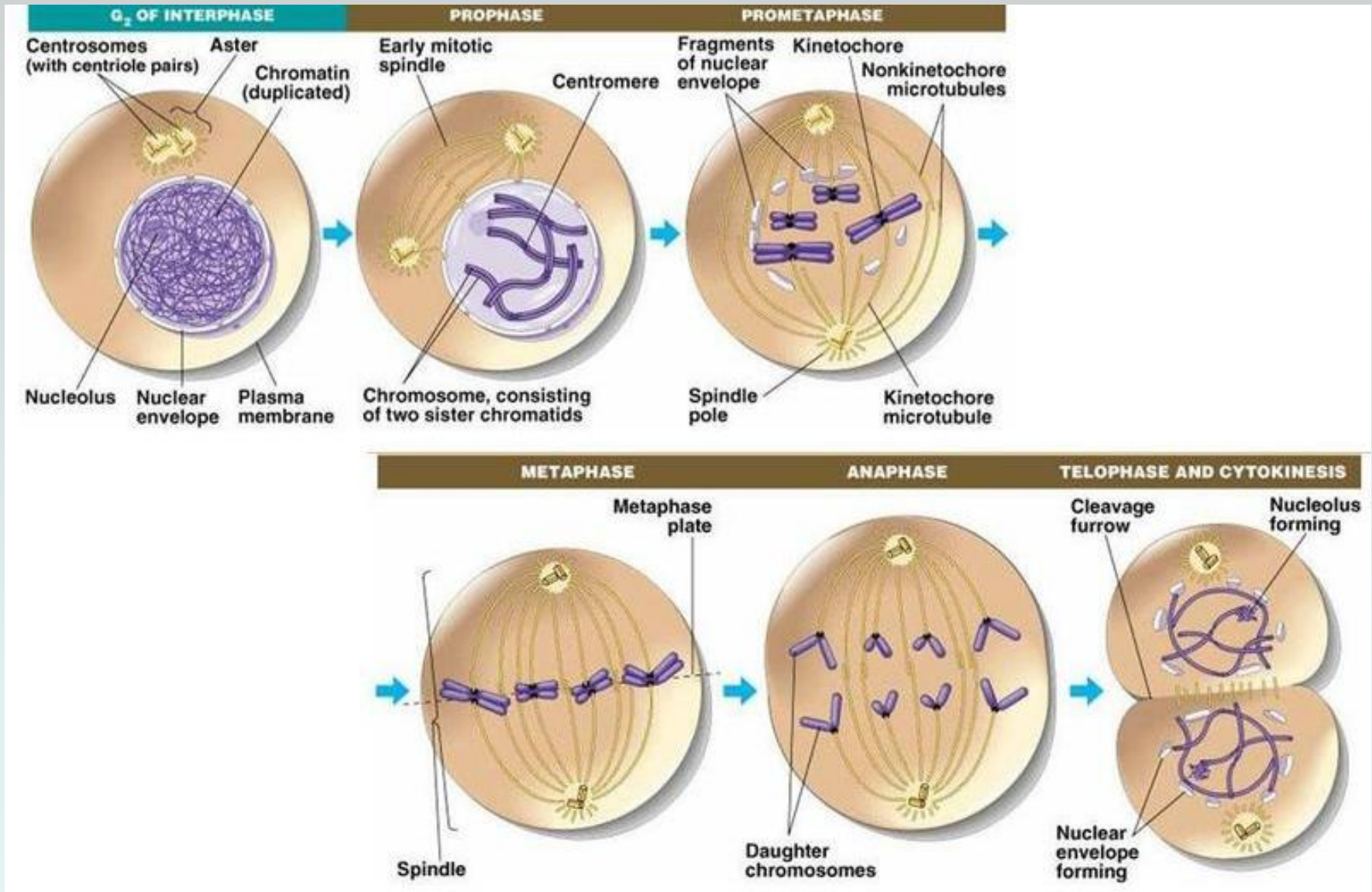
Structure of bacteriophage



Human Immunodeficiency Virus (HIV) Anatomy



ΜΙΤΩΣΗ ΣΤΟΥΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ



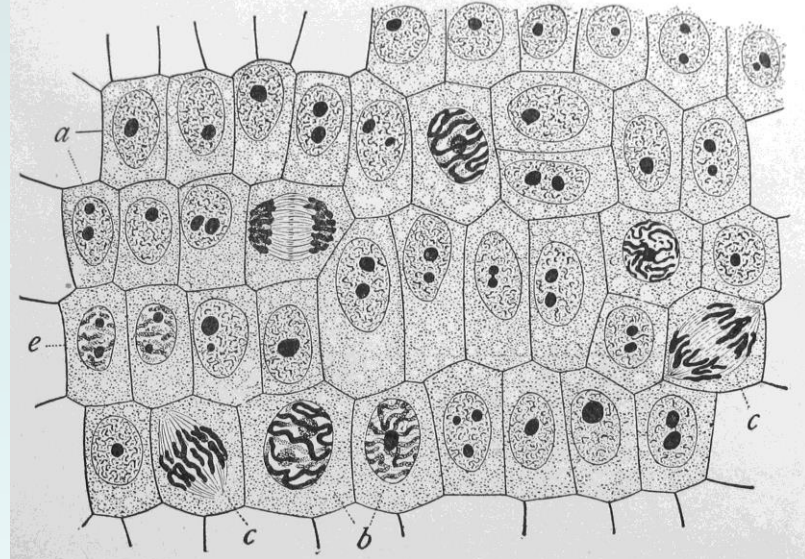
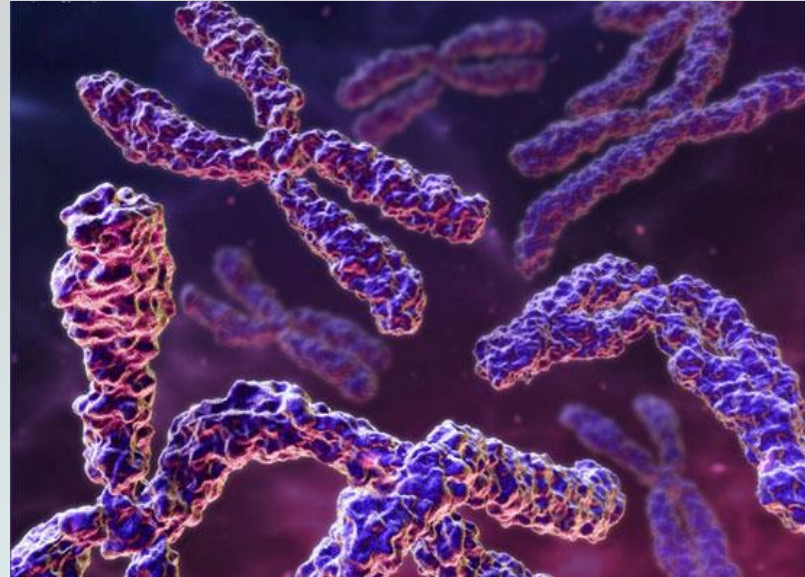
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΩΜΟΣΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ - ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΡΥΟΤΥΠΟΥ

Η μελέτη των χρωμοσωμάτων είναι δυνατή μόνο σε κύτταρα τα οποία διαιρούνται

Απομονώνονται κύτταρα από ιστούς που διαιρούνται φυσιολογικά

Από κυτταροκαλλιέργειες με *in vitro* επαγωγή της διαίρεσης με χρήση ουσιών που έχουν μιτογόνο δράση

Τα χρωμοσώματα μελετώνται στο στάδιο της **ΜΕΤΑΦΑΣΗΣ** που εμφανίζουν το μέγιστο βαθμό συσπείρωσης και είναι ευδιάκριτα



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΩΜΟΣΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ - ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΡΥΟΤΥΠΟΥ

Σε ένα πληθυσμό διαιρούμενων κυττάρων το ποσοστό αυτών που βρίσκονται στη μετάφαση είναι μικρό

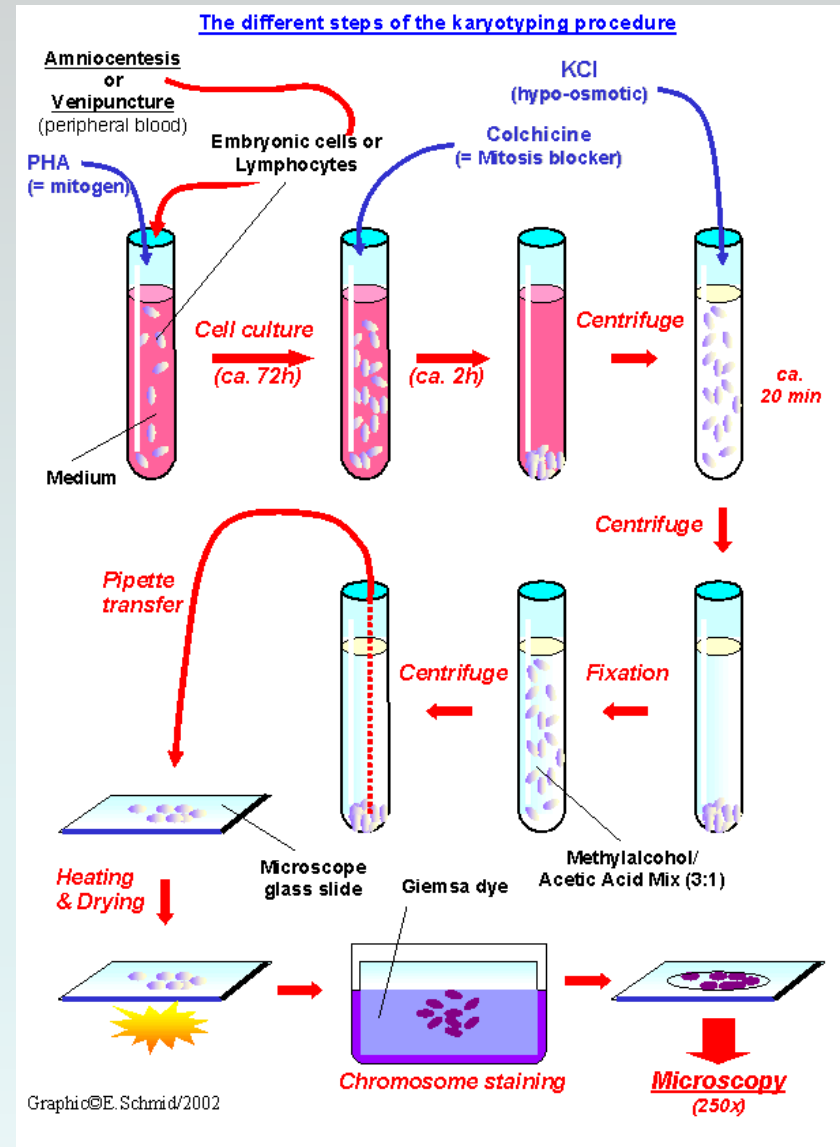
Χρήση ουσιών που σταματούν την διαίρεση στη φάση της μετάφασης

Τα κύτταρα επωάζονται σε υποτονικό διάλυμα (σπάει η κυτταρική μεμβράνη)

Τα χρωμοσώματα απλώνονται σε αντικειμενοφόρο πλάκα

Χρωματίζονται με ειδικές χρωστικές ουσίες (GIEMSA)

Παρατηρούνται στο μικροσκόπιο όπου το κάθε χρωμόσωμα έχει το δικό του πρότυπο ζωνώσεων Giemsa



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΩΜΟΣΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ - ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΡΥΟΤΥΠΟΥ

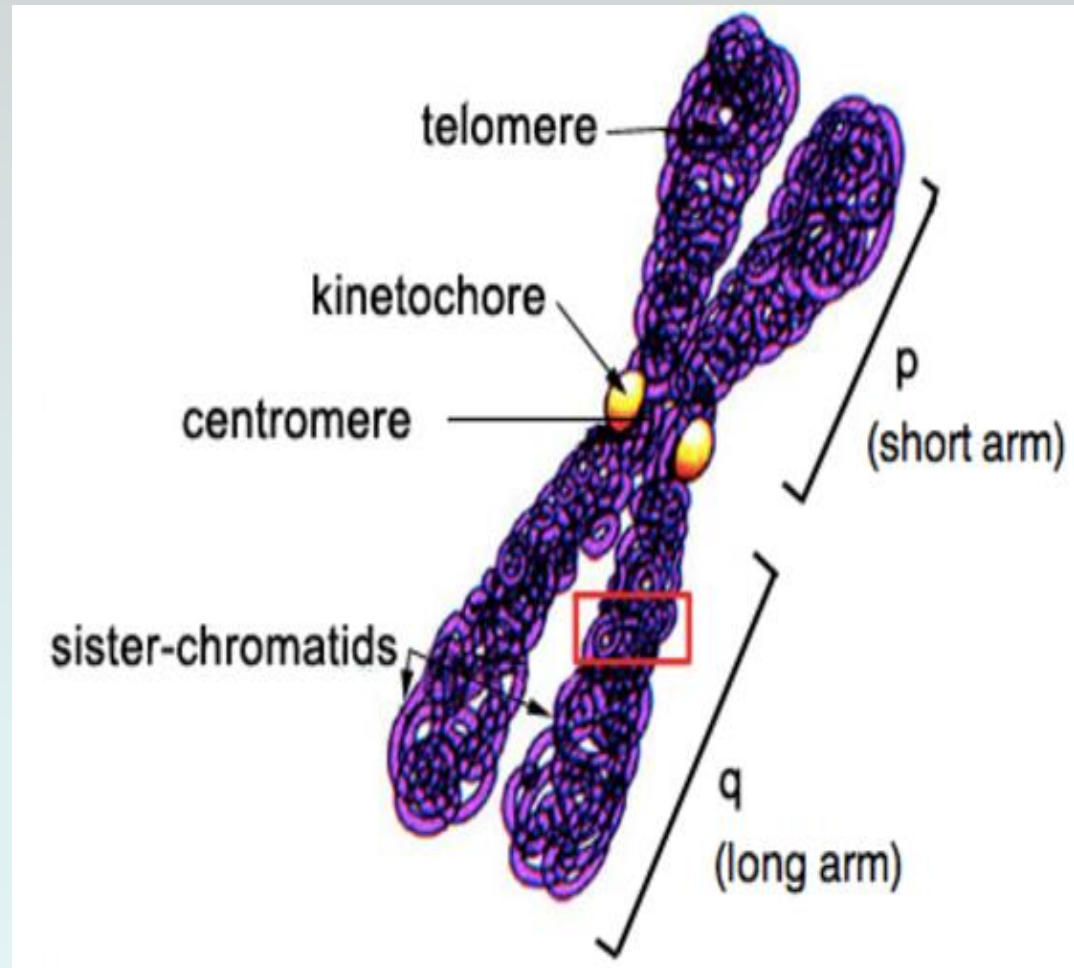
Παρατήρηση στο μικροσκόπιο

Μεταφασικά χρωμοσώματα

Αποτελούνται από 2 αδελφές
χρωματίδες οι οποίες
συγκρατούνται στο
κεντρομερίδιο

Το κεντρομερίδιο διαιρεί κάθε
χρωματίδα σε δύο βραχίονες

Διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το
μέγεθος και ως προς τη θέση του
κεντρομεριδίου



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΩΜΟΣΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ - ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΡΥΟΤΥΠΟΥ

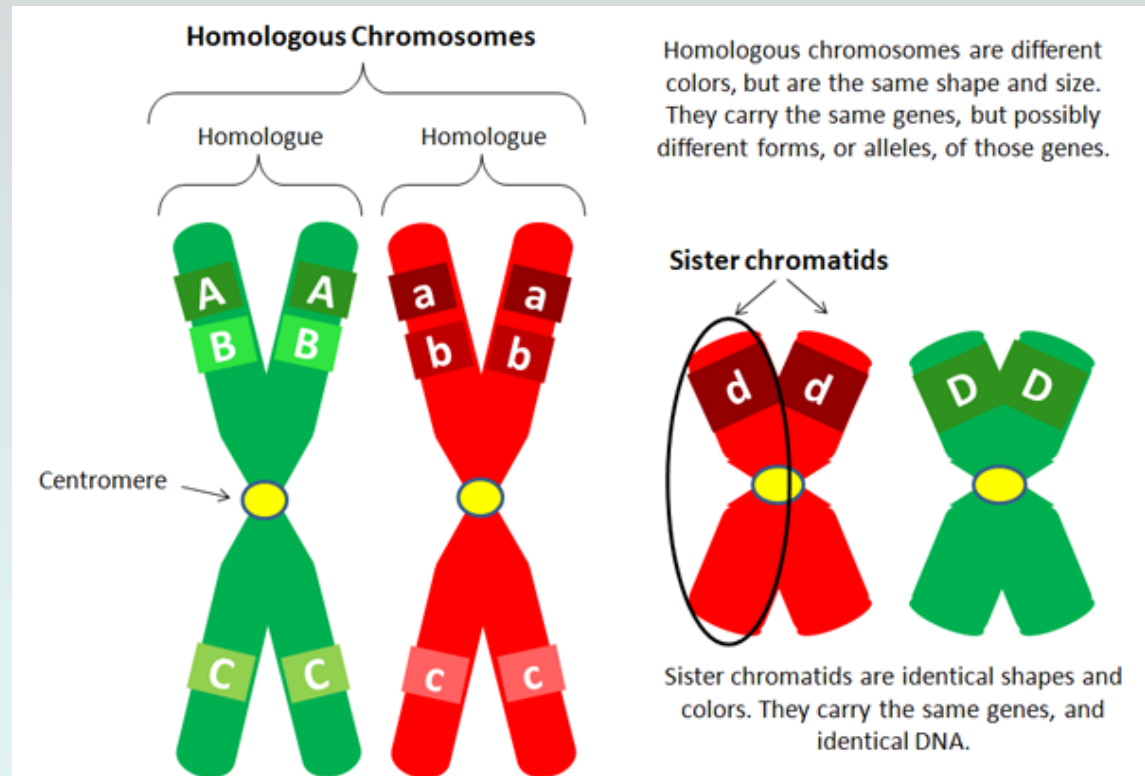
Στον άνθρωπο

Στον πυρήνα κάθε σωματικού
κυττάρου φυσιολογικού
αρσενικού ή θηλυκού ατόμου
υπάρχουν **23 ζεύγη**
χρωμοσμάτων

Το ένα χρωμόσωμα κάθε
ζεύγους είναι **πατρικής**
προέλευσης και το άλλο
μητρικής προέλευσης

Το κάθε ζεύγος ελέγχει τις ίδιες
ιδιότητες αφού περιέχουν τα
αντίστοιχα γονίδια

Τα δύο χρωμοσώματα ενός
ζεύγους ονομάζονται
ομόλογα



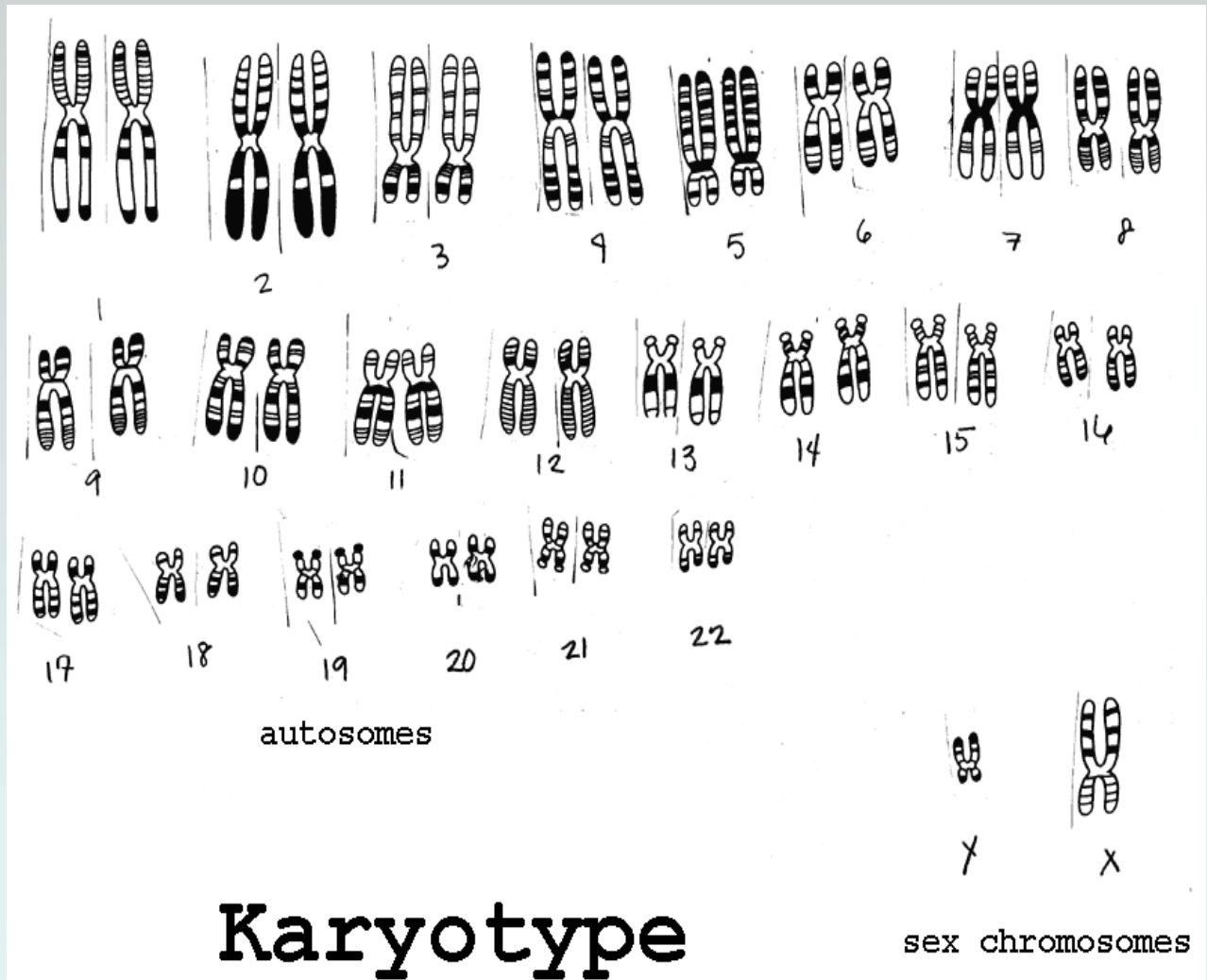
Ο ΚΑΡΥΟΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Ταξινόμηση των
μεταφασικών
χρωσωμάτων

Σε ζεύγη ανά
ελαττούμενο μέγεθος

Η απεικόνιση αυτή
αποτελεί τον
ΚΑΡΥΟΤΥΠΟ

Ο αριθμός και η
μορφολογία είναι
ιδιαιτέρο
χαρακτηριστικό
κάθε είδους



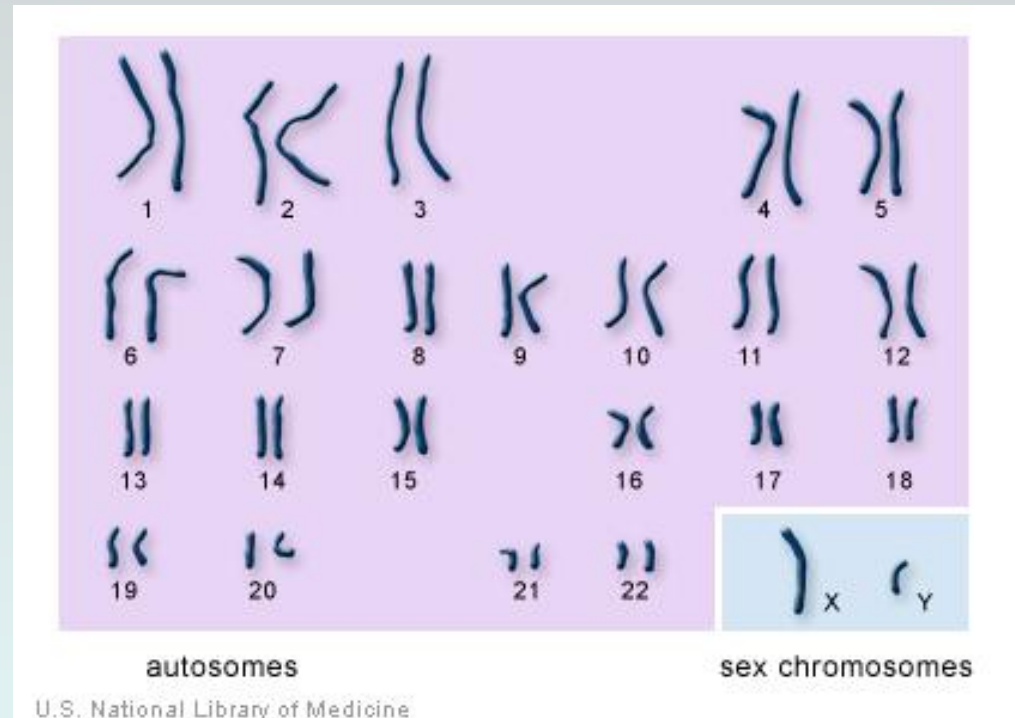
Ο ΚΑΡΥΟΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες

Στον πυρήνα κάθε σωματικού κυττάρου φυσιολογικού αρσενικού ή θηλυκού ατόμου υπάρχουν:

46 χρωμοσώματα ή 23 ζεύγη χρωμοσωμάτων εκ των οποίων τα 44 χρωμοσώματα ή 22 ζεύγη είναι μορφολογικά ίδια και ονομάζονται **ΑΥΤΟΣΩΜΙΚΑ**

Περιέχουν γονίδια που ελέγχουν τα εξωτερικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά που δεν έχουν σχέση με το φύλο



Ο ΚΑΡΥΟΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες

ΦΥΛΕΤΙΚΑ χρωμοσώματα:

Στον πυρήνα κάθε σωματικού
κυττάρου θηλυκού ατόμου
το 23^ο ζεύγος
χρωμοσωμάτων
αποτελείται από δύο όμοια
χρωμοσώματα που
συμβολίζονται με **XX**

Ένα φυσιολογικό θηλυκό
άτομο έχει 44 αυτοσωμικά
χρωμοσώματα και ένα
ζεύγος φυλετικών **XX**

Ένα φυσιολογικό αρσενικό
άτομο έχει 44 αυτοσωμικά
χρωμοσώματα και ένα
ζεύγος φυλετικών **XY**

