

Εξέλιξη Αναπαραγωγής στα έμβια όντα

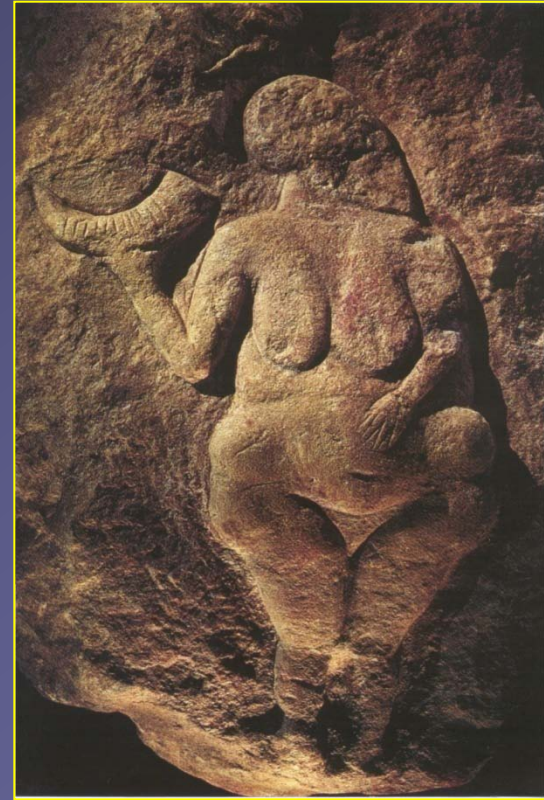


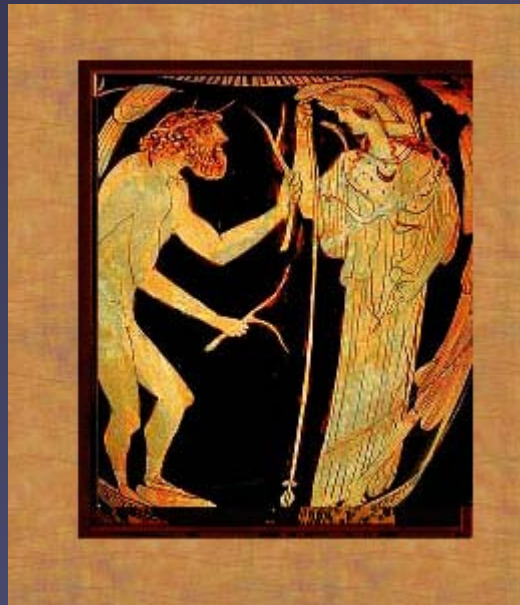
MARINACANOPHOTOGRAPHY

Νεοκλής Α. Γεωργόπουλος
Ενδοκρινολόγος

Ἡ τοι μὲν Χάος γένετ',
αὐτὰρ ἔπειτα Γαί'
ευρύστερνος,...., ἠδ' Ἔρως,
Ὡς κάλλιστος ἐν ἀθανάτοισι
θεοῖσι,
λυσιμελής, πάντων δε θεῶν
πάντων τ' ἀνθρώπων
δάμανται ἐν στήθεσσι
νόον καὶ ἐπίφρονα βουλήν.

Ἡσίοδου, Θεογονία 116-122

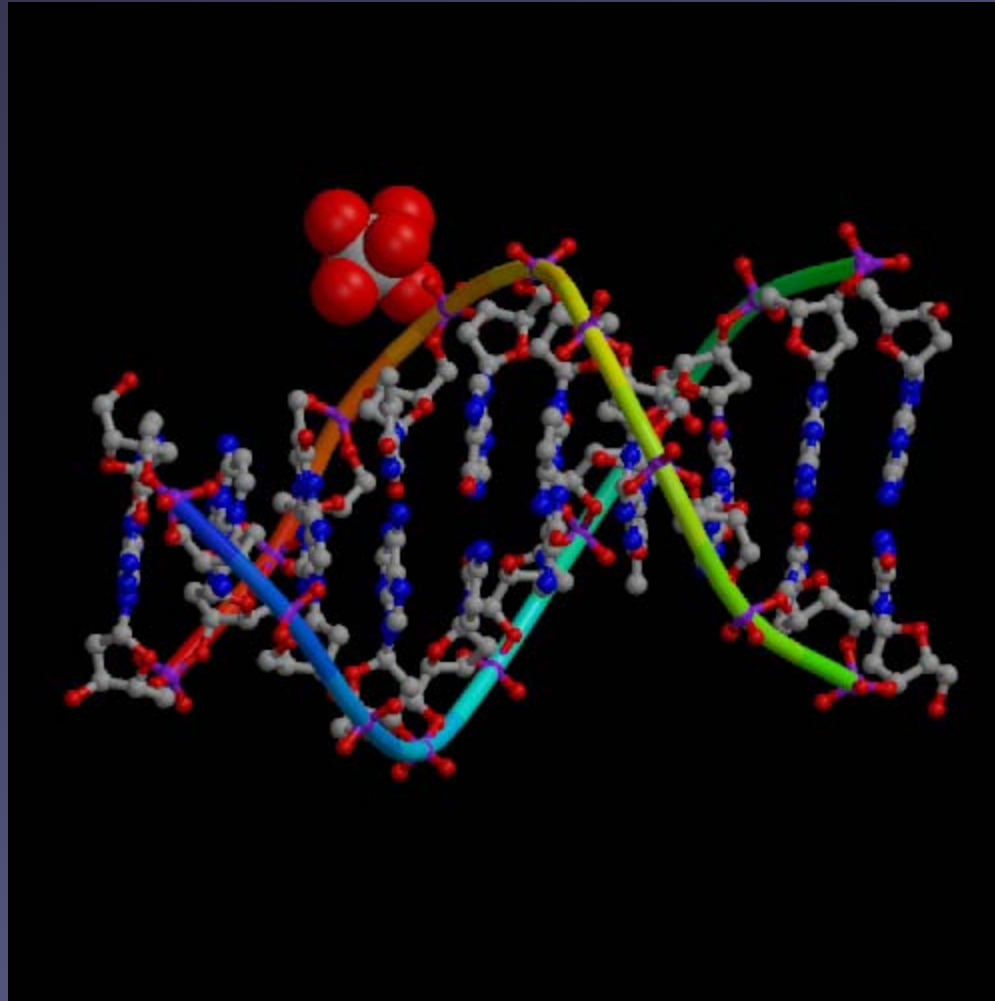




Διογενή Λαερτιάδη
πολυμήχανε Οδυσσεύ



DNA

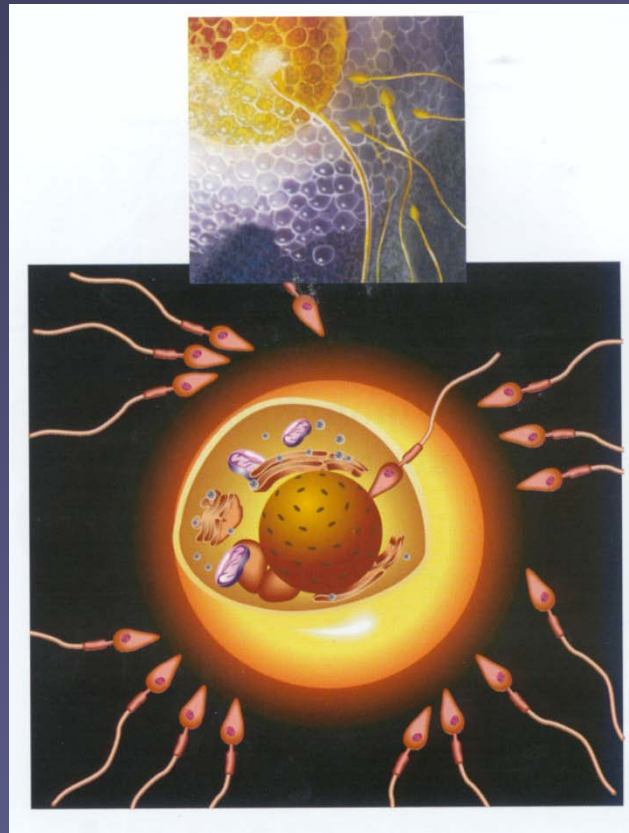


3-5 δισεκατομμύρια χρόνια

Omne vivum ex ova

Κάθε ζωντανό πλάσμα προέρχεται από αυγό

William Harvey 1651



Η ζωή πηγάζει από την αναπαραγωγή προϋπάρχουσας ζωής.

Αγενής Αναπαραγωγή

Σύζευξη

Βακτήρια

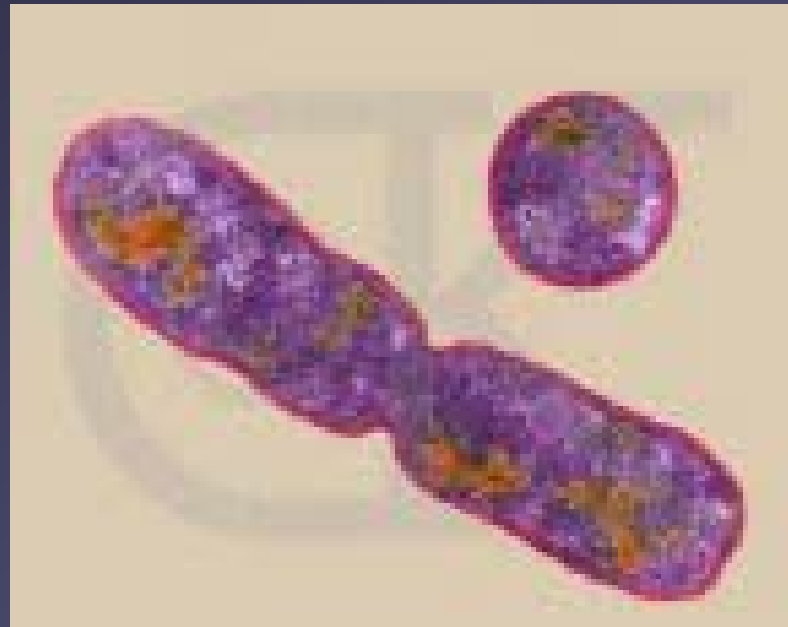


Η πρώτη μορφή “σεξουαλικής αναπαραγωγής”

$$1+1'=1''+1$$

Γενετικός ανασυνδυασμός

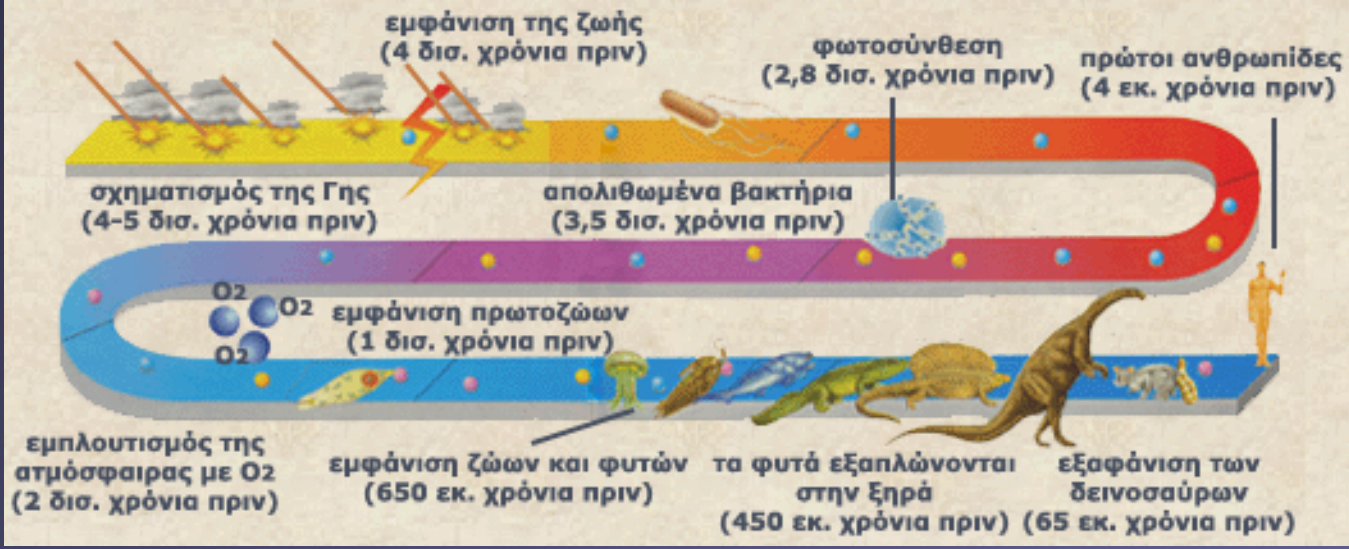
Ο δότης (F+) εισάγει χρωμοσωμιακό υλικό στο λήπτη (F-).



Πρωτοκαρυωτικά κύτταρα, υπάρχουν από 3.800 εκατομμύρια χρόνια

Από τη προκάμβρια εποχή, η ζωή πέρασε στην αερόβια φάση. Η φωτοσυνθετική δραστηριότητα των **Κυανοβακτηριδίων**, (3.5-2.5 δισεκατομμύρια έτη πριν), οδήγησε στη μετάπτωση τού χαρακτήρα τής ατμόσφαιρας σε οξειδωτικό, οδηγώντας σε θάνατο τούς αναερόβιους οργανισμούς.

Εξέλιξη της ζωής στη Γή



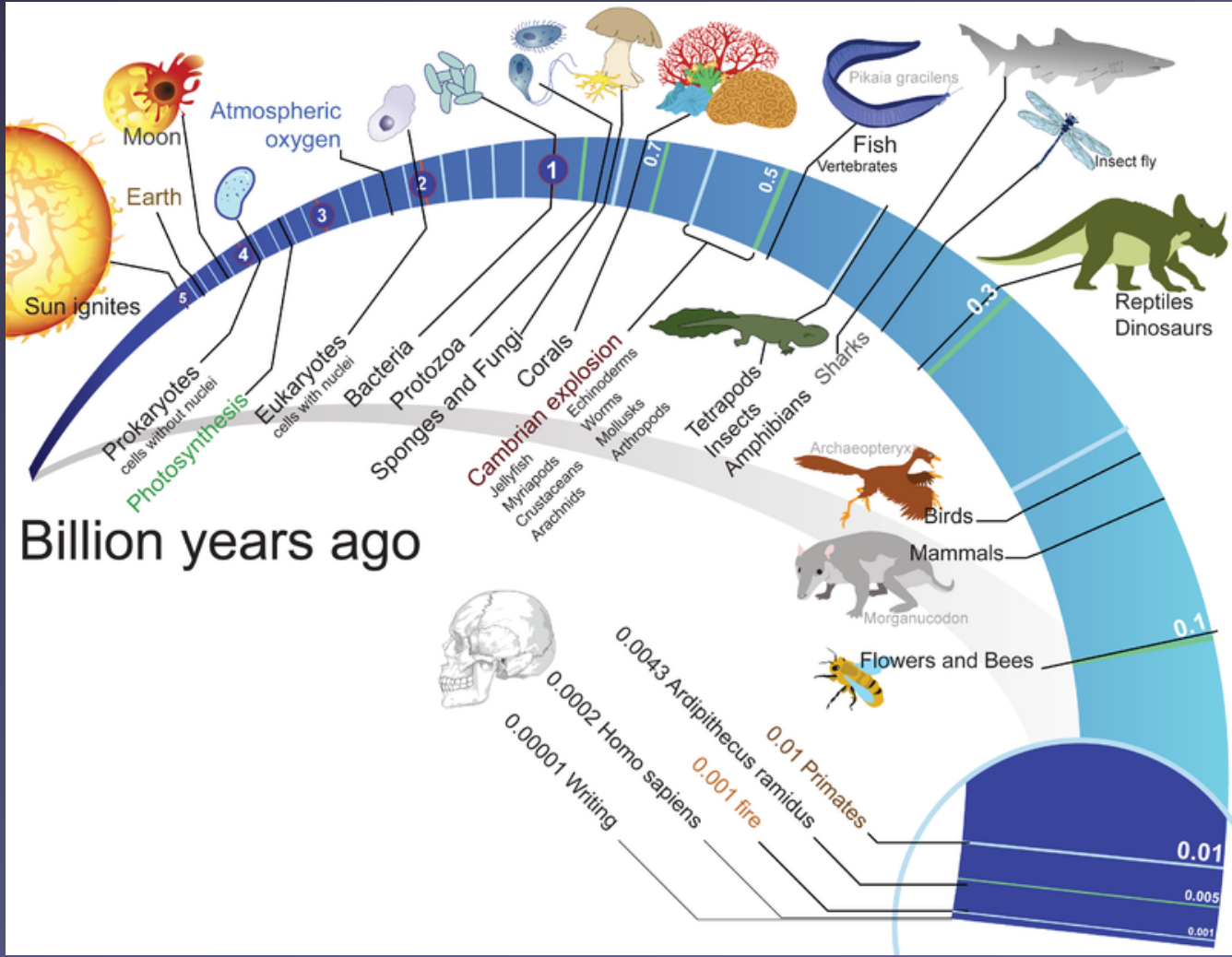
Εξέλιξη της ζωής στη Γή



Εξέλιξη της ζωής στη Γή



Εξέλιξη της ζωής στη Γή



Αναπαραγωγή

Αγενής

Εγγενής

Διχοτόμηση

Εκβλάστηση

Σπορίωση

Ερμαφροδιτισμός

Παρθενογένεση

Αμφιγονική

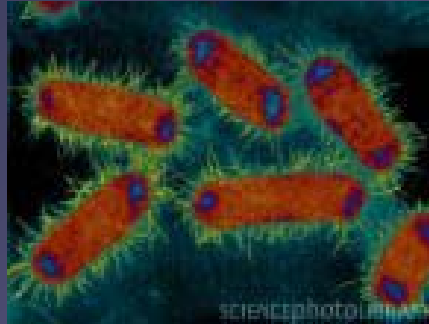


Αγενής Αναπαραγωγή

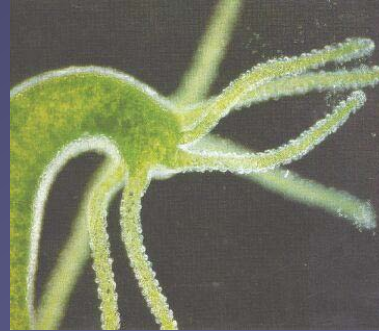
Διχοτόμηση



Εκβλάστηση



Σπορίωση

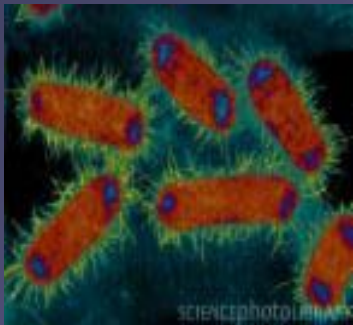


Αγενής Αναπαραγωγή

Διχοτόμηση

Βακτήρια

Ανεμώνες



Asexual reproduction of a sea anemone (*Anthopleura elegantissima*).

The individual in the center of this photograph is undergoing fission, a type of asexual reproduction. Two smaller individuals will form as the parent divides approximately in half. The offspring will be genetic copies of the parent.

Αγενής Αναπαραγωγή

Εκβλάστηση



Υδρίες



Αγενής Αναπαραγωγή

Σπορίωση



Σπόγγοι

Αγενής Αναπαραγωγή

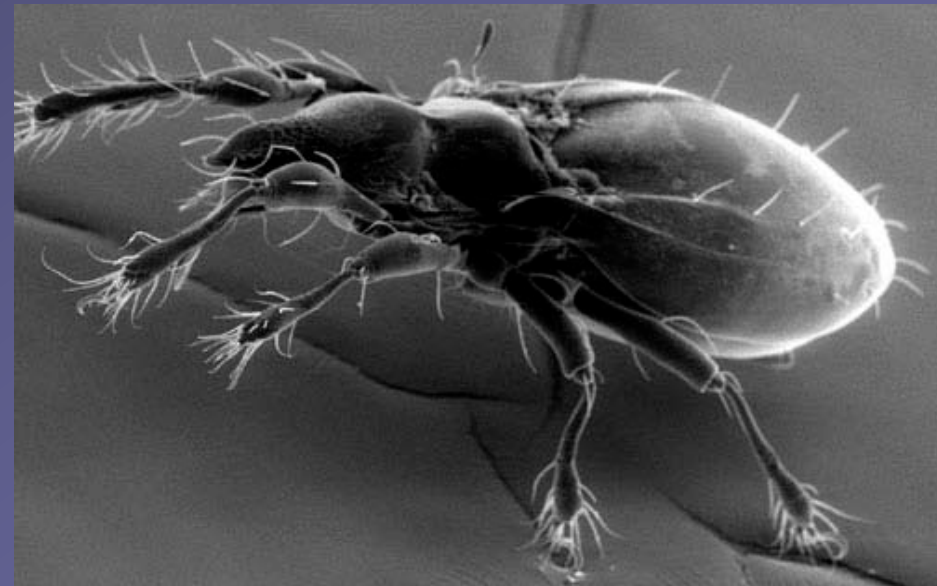
Παρθενογένεση

Αμειωτική Παρθενογένεση πρωτίστων



Δεν επέρχεται μείωση και το ωάριο διαιρείται με μιτωτική κυτταρική διαίρεση.

Σε είδη Πλατυελμίνθων, Τροχοφόρων,
Καρκινοειδών, εντόμων



Εγγενής Αναπαραγωγή

Ερμαφροδιτισμός

Παρθενογένεση

Αμφιγονική

Πρωτοεμφανίζεται στα πρώτιστα.

Τα πρώτιστα προέρχονται από συγχωνεύσεις βακτηριδίων.

Τα πρώτα Ευκαρυωτικά κύτταρα εμφανίστηκαν 1.500.000.000 έτη πριν.

Είναι οι πρώτοι οργανισμοί που ανέπτυξαν χρωμοσώματα.

Είναι οι πρώτοι οργανισμοί που ανέπτυξαν τη διαδικασία της μείωσης.

Πρωτοεμφανίζεται σε δύσκολες εποχές όταν το περιβάλλον είναι πτωχό.

Η υδρία του γλυκού νερού δημιουργεί άφυλες εκβλαστήσεις $>16^{\circ}\text{C}$

έμφυλα κύτταρα $<8^{\circ}\text{C}$

Εγγενής Αναπαραγωγή

Σύγχρονος Ερμαφροδιτισμός

Μόνοικοι οργανισμοί

Πνευμονοφόρα σαλιγκάρια



Κάθε άτομο εισάγει το ανδρικό του μόριο στην έξοδο του θηλυκού γεννητικού συστήματος του άλλου.

Εγγενής Αναπαραγωγή

Διαδοχικός Ερμαφροδισμός



Κυριαρχία



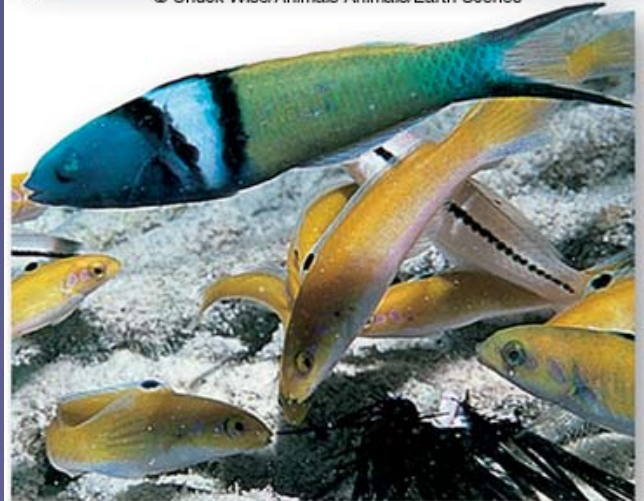
Αλλαγή στη
λειτουργία του
γοναδοστάτη
GnRH pulse
generator

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



(a)

© Chuck Wise/Animals Animals/Earth Scenes



(b)

© Fred McConnaughey/The National Audubon Society Collection/Photo Researchers

Εγγενής Αναπαραγωγή

Διαδοχικός Ερμαφροδιτισμός



Centropyge loriculus,
a protogynous hermaphrodite



Premnas biaculeatus,
a protandrous hermaphrodite.

Εγγενής Αναπαραγωγή

Παρθενογένεση

Μειωτική Παρθενογένεση

Σε είδη Πλατυελμίνθων, Τροχοφόρων, Δακτυλιοσκωλήκων, Ακάρων, Καρκινοειδών, εντόμων, ψαριών



Ένα απλοειδές ωάριο που σχηματίζεται με μειωτική κυτταρική διαίρεση έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιηθεί ή μη μετά από την επίδραση σπερματοζωαρίων.

Εγγενής Αναπαραγωγή

Παρθενογένεση

Η Daphnia αλλάζει από σεξουαλική σε ασεξουαλική αναπαραγωγή ανάλογα με το περιβάλλον. Σε αφιλόξενο περιβάλλον αναπαράγεται σεξουαλικά (εγγενής) και επί ευνοϊκού περιβάλλοντος ασεξουαλικά (αγενής).



Εγγενής Αναπαραγωγή

Παρθενογένεση



Το καλύτερο παράδειγμα παρθενογένεσης είναι οι σαύρες. Υπάρχουν πληθυσμοί αποκλειστικά θηλυκών που καθώς αυξάνουν λόγω οίστρου τα Οιστρογόνα συμπεριφέρονται σαν θηλυκά ως την ωορρηξία και ακολούθως με τη πτώση των οιστρογόνων σαν αρσενικά. Αν παρεμποδιστεί αυτή η συμπεριφορά στην αιχμαλωσία κάνουν πολύ λιγότερους απογόνους.

Έντομα



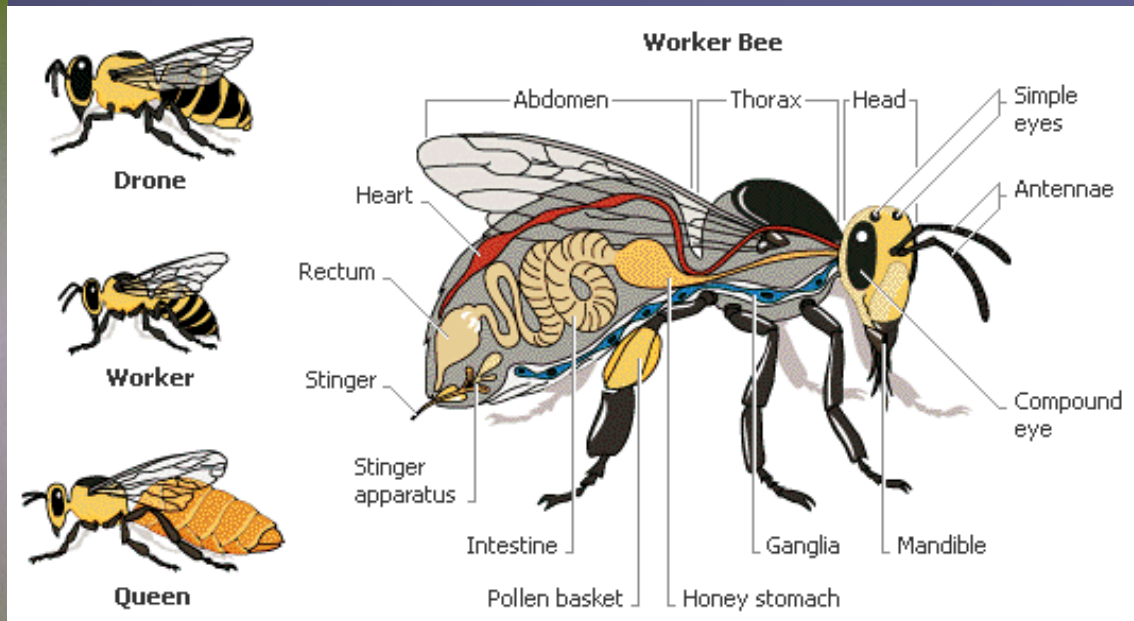
Εγγενής Αναπαραγωγή

Μέλισσες

Παρθενογένεση

Απλοδιπλοειδισμός

Η βασίλισσα μπορεί να γονιμοποιήσει τα αυγά ή να τα αφήσει αγονιμοποίητα. Τα γονιμοποιημένα αναπτύσσονται σε διπλοειδείς θηλυκούς οργανισμούς. Τα αγονιμοποίητα σε απλοειδείς αρσενικούς. Όλοι οι κηφήνες προέρχονται από παρθενογένεση και όλα τα θηλυκά (βασίλισσα και εργάτριες) από σεξουαλική αναπαραγωγή.



Εγγενής Αναπαραγωγή

Μέλισσες – Η γαμήλια πτήση



Μέλισσες – Η γαμήλια πτήση

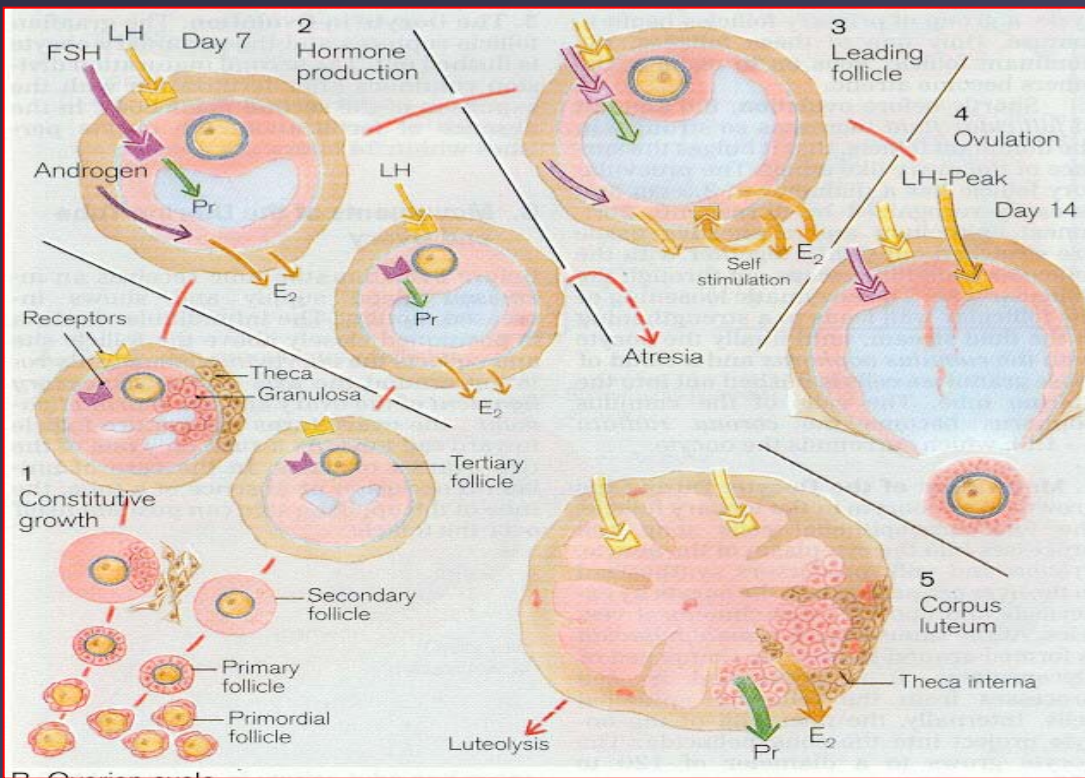


- Η παρθένα βασίλισσα βγαίνει από τη κυψέλη μετά 16 ημέρες
- Ακολουθείται από όλους τους κηφήνες
- Η πτήση διαρκεί από 1-10 λεπτά
- Η βασίλισσα γονιμοποιείται από όσους κηφήνες προλάβουν
- Αποθηκεύει το σπέρμα στη σπερματοθήκη

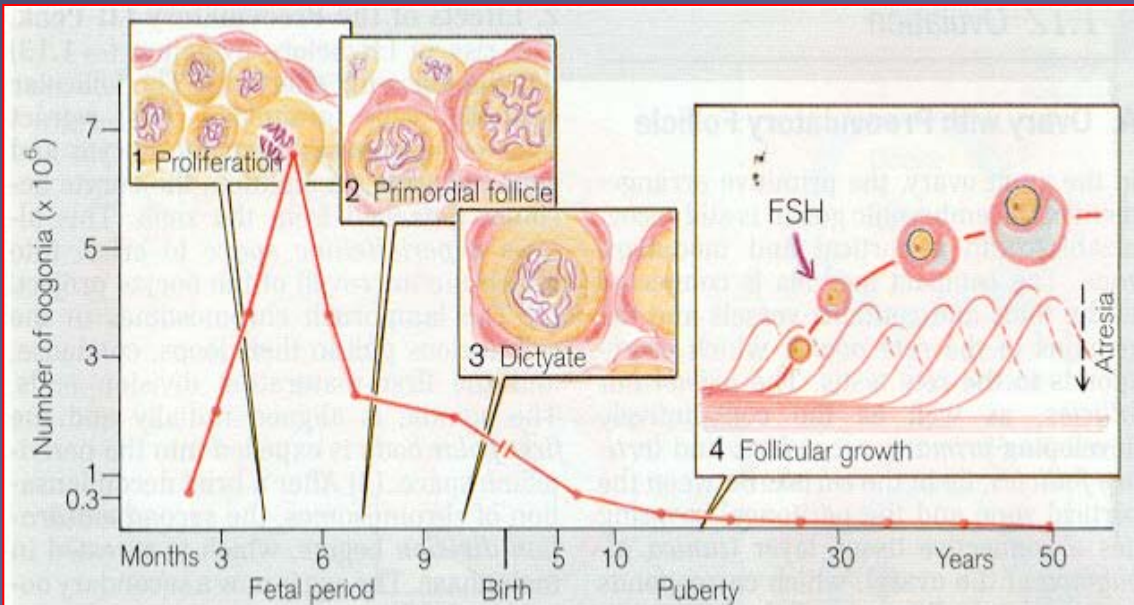
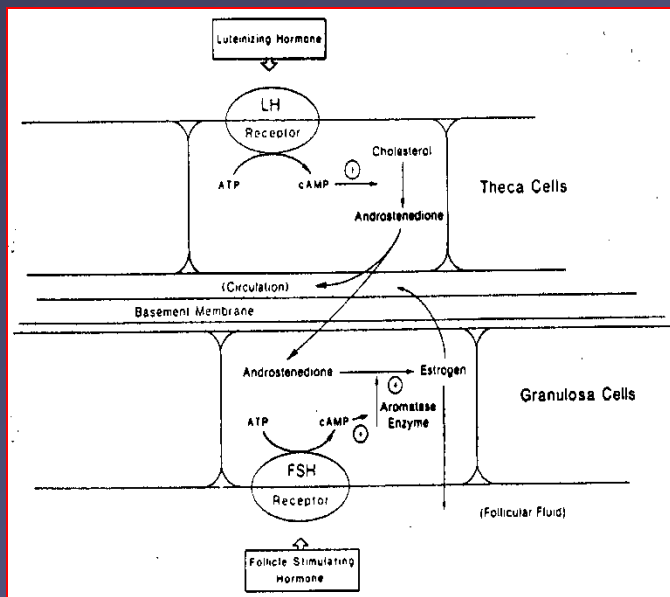
Μέλισσες – Η γαμήλια πτήση



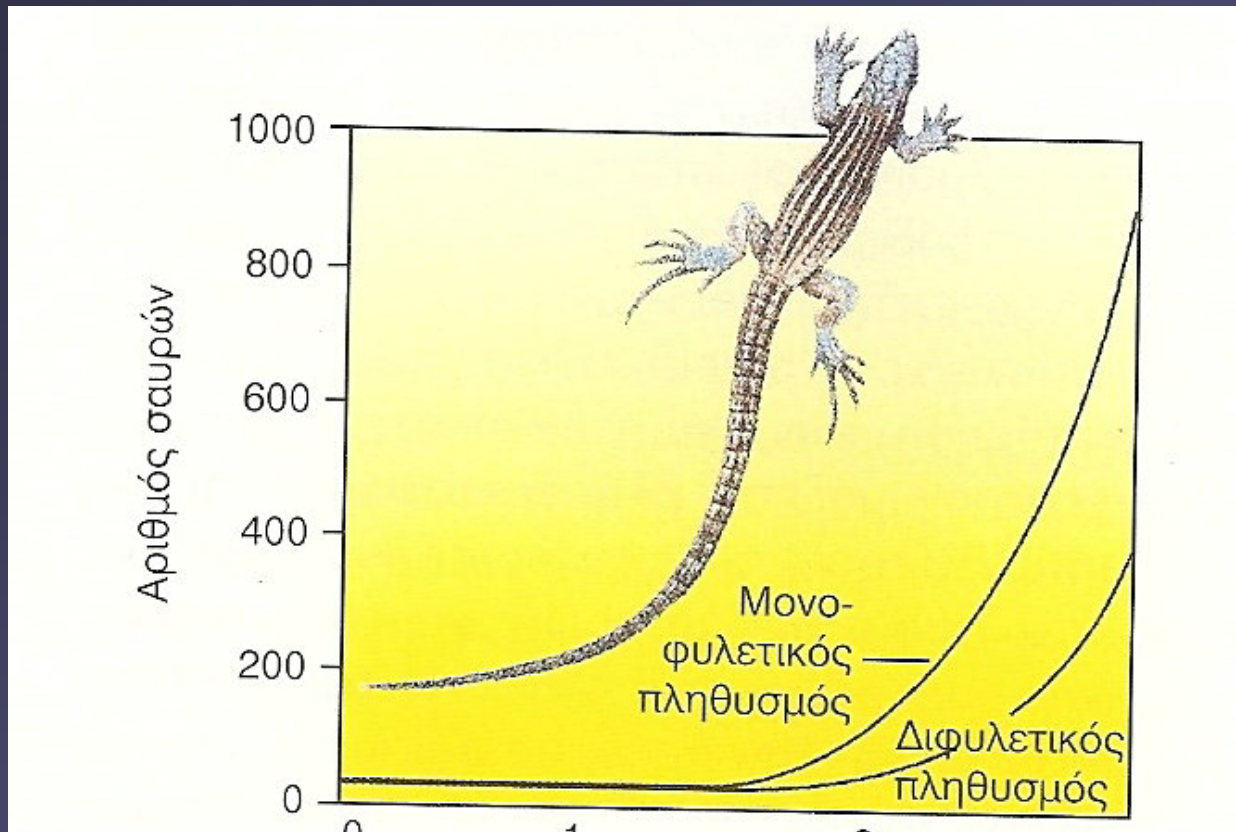
- Η βασίλισσα γεννά μέχρι 200 αβγά την ημέρα
- Ζεί 3-5 χρόνια
- Η βασίλισσα εκκρίνει μία Φερομόνη την οποία μεταδίδει στις εργάτριες με τη τροφή
- Η Φερομόνη καταστέλλει την αναπαραγωγική λειτουργία των εργατριών
- Όταν η βασίλισσα γεράσει ή πεθάνει αναστέλλεται η καταστολή των εργατριών
- Όλες οι εργάτριες μπαίνουν σε φάση αναπαραγωγής
- Όποια εργάτρια εκκρίνει πρώτη λίγη περισσότερη Φερομόνη γίνεται η νέα βασίλισσα



Ωοθηκικός κύκλος στη γυναίκα



Σύγκριση Αγενοούς και Εγγενοούς Αναπαραγωγής



Οι μονοφυλετικοί πληθυσμοί αποκλειστικά θηλυκών γεννούν όλοι αυγά, ενώ στους διφυλετικούς μόνο τα μισά είναι θηλυκά και γεννούν αυγά. Στο τέλος του 3^{ου} χρόνου οι μονοφυλετικές σαύρες είναι διπλάσιες από τις άλλες.

Εγγενής Αναπαραγωγή

Αμφιγονική αναπαραγωγή

Πλεονεκτήματα

- Ποικιλομορφία
- Προσαρμοστικότητα
- Εξέλιξη
- Επιλογή



Μειονεκτήματα

- Ενεργοβόρα
- Πολύπλοκη
- Χρονοβόρα
- Σπατάλη για δημιουργία αρσενικών

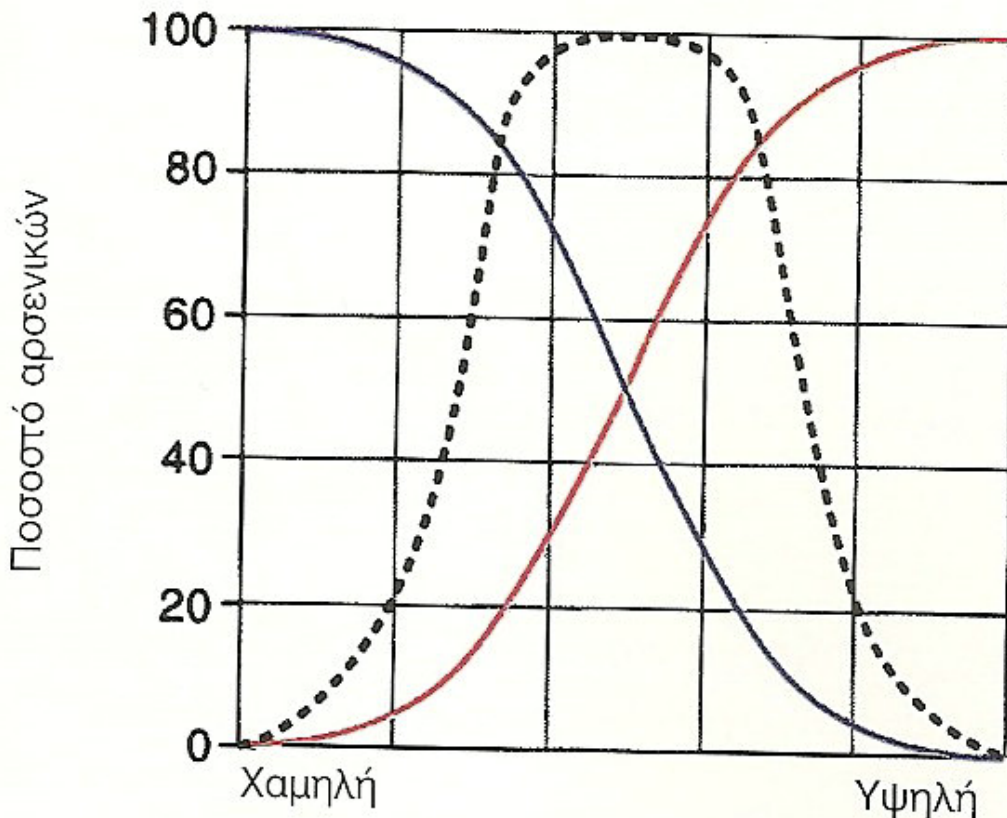
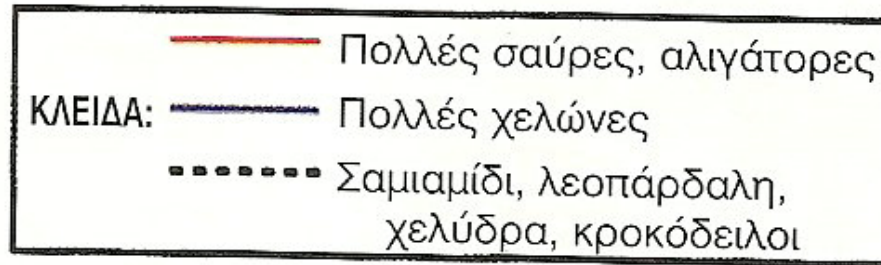
Για εποικισμό ενός βιοτόπου πλεονεκτεί η αγενής αναπαραγωγή

Για ανταγωνισμό περιορισμένων φυσικών πόρων η εγγενής αναπαραγωγή

Φυλετικός καθορισμός

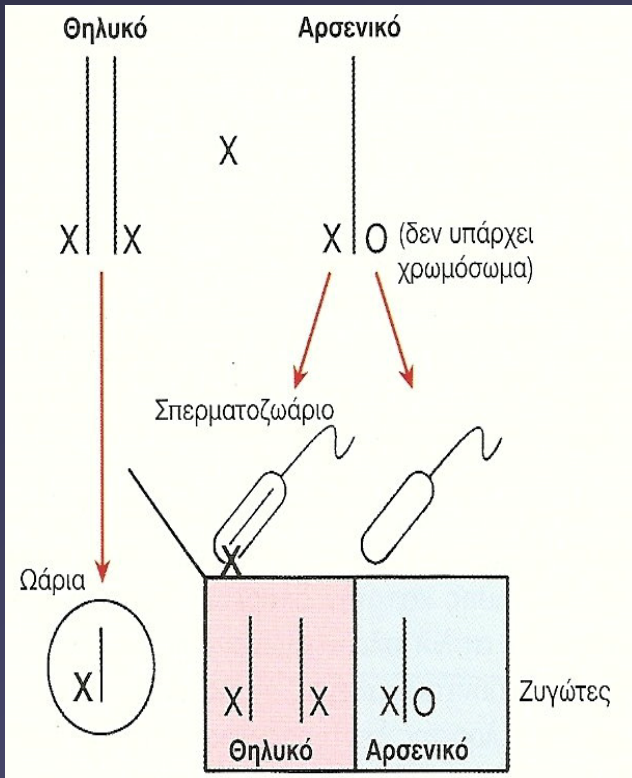


Απουσία φυλετικών
χρωσωμάτων
(ερπετά, ψάρια)



Φυλετικός καθορισμός

XX-XO



Έντομα



ZZ-ZW

Τύπος Abraxas



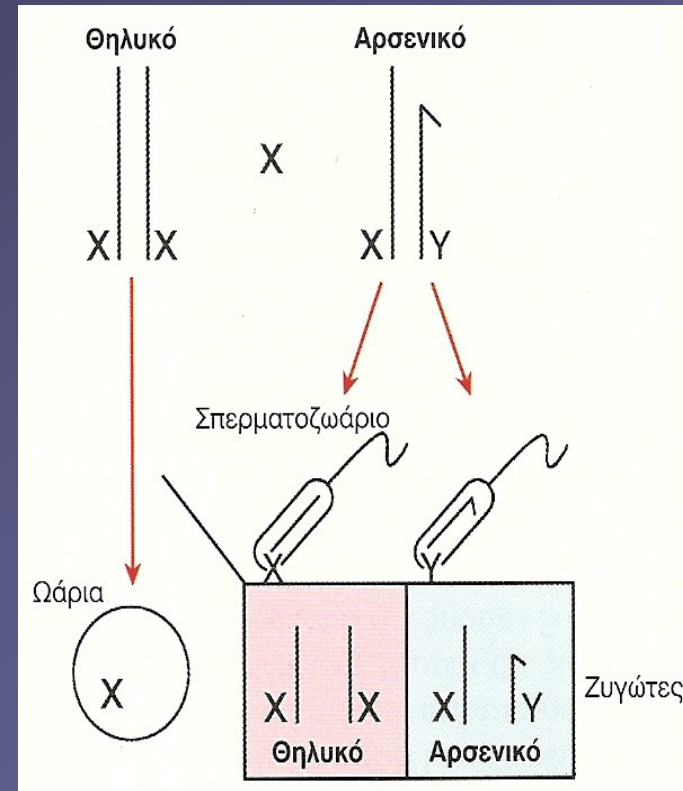
Φάλαινα
Abraxas

Πτηνά-
Ερπετά



XX-XY

Τύπος Δροσόφιλας



Θηλαστικά



ΦΥΤΆ





ΦΥΤΑ



Ο σεξουαλικός κύκλος των φυτών, όπως και των ζώων, εκφράζεται με τη συγχώνευση ενός θηλυκού γαμέτη (ωάριο) με έναν αρσενικό (σπερματοζωάριο).

Παράγουν ένα διπλοειδές αβγό.

Κατά τη κυτταρική διαίρεση, με μείωση, το διπλοειδές γίνεται απλοειδές.

Μόνο τα φύκια είναι διπλοειδή.

ΦΥΤΆ



- Γονοχωριστικά (φοίνικας, λεύκα, φυστικιά)
- Ερμαφρόδιτα με διαφορετικά άνθη (πεύκο, βελανιδιά)
- Ερμαφρόδιτα άνθη (λεμονιά)
- Δεν επιτρέπεται η αυτογονιμοποίηση (ωρίμανση σε διαφορετικό χρόνο)

ΦΥΤΆ



- Παθητική γονιμοποίηση με τη γύρη (επικονίαση)
- Ενεργητική γονιμοποίηση με τα έντομα
- Από 60-70 εκατομμύρια χρόνια πριν
- Εξειδίκευση εντόμων-φυτών (σεξουαλικός μιμητισμός)

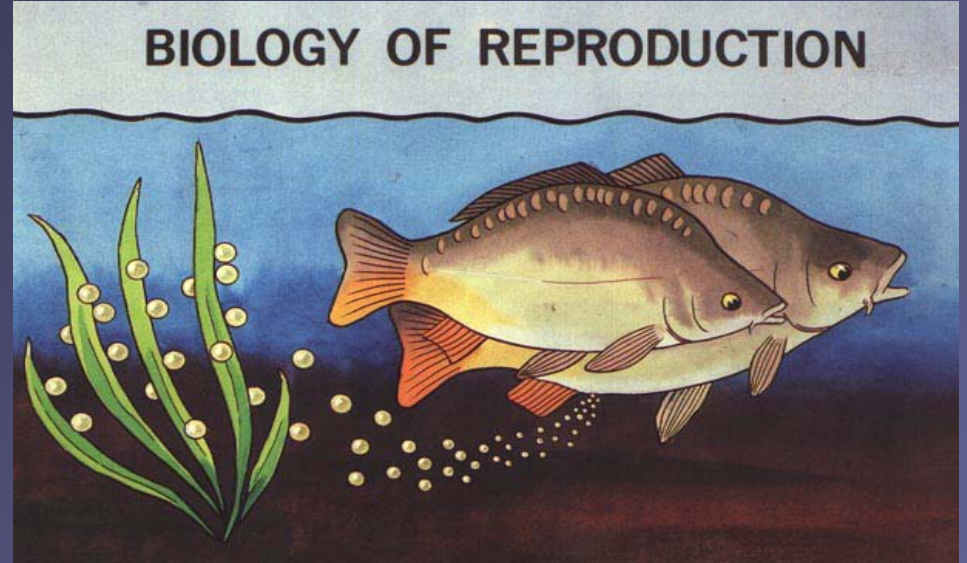
Ψάρια



Ηλικία: 500 εκατομύρια
χρόνια, μετά τη κάμβριο

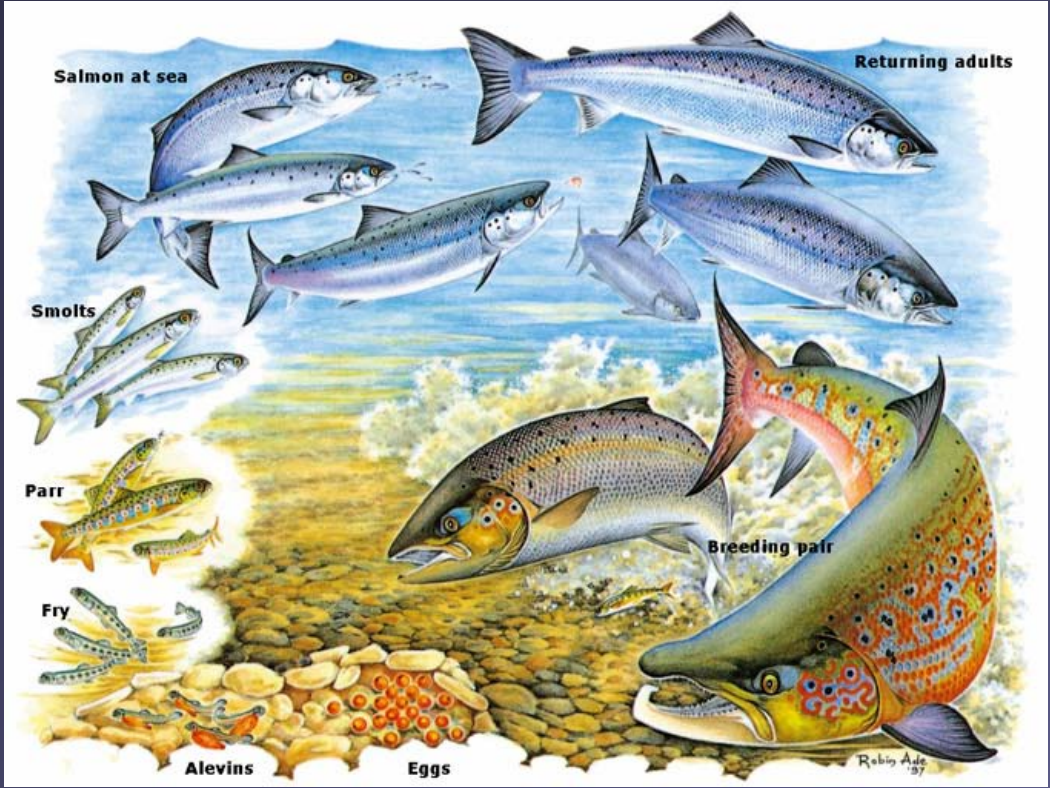


Ψάρια

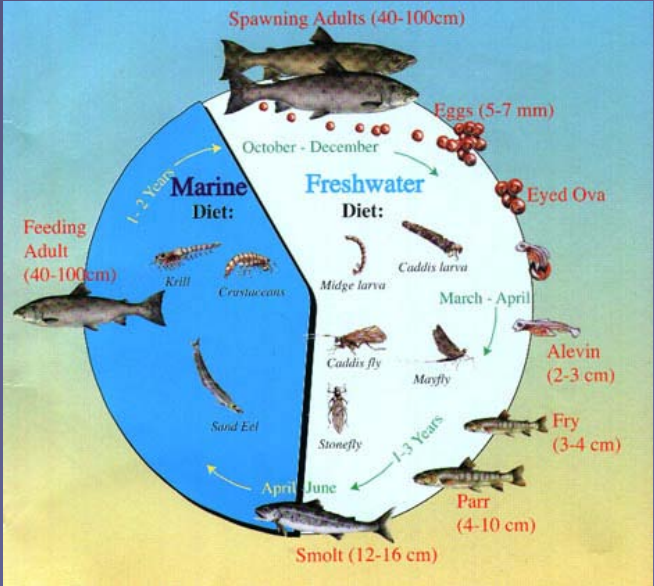


Εξωσωματική γονιμοποίηση

Ψάρια



Σολωμός



Ψάρια

Ενδοσωματική γονιμοποίηση



Ηλικία: 400 εκατομμύρια χρόνια, από το μέσο του Παλαιοζωικού αιώνα
(Δεβόνιο και Λιθανθρακοφόρο)

Ψάρια



Ενδοσωματική γονιμοποίηση

Αμφίβια



Ηλικία: 400 εκατομμύρια χρόνια, από το μέσο του Παλαιοζωικού αιώνα
(Δεβόνιο και Λιθανθρακοφόρο)

Αμφίβια



Ωοτόκα

Συζευκτικός εναγκαλισμός

Καθώς ένα θηλυκό αποθέτει αυγά ένα αρσενικό το αγκαλιάζει εκχέοντας σπέρμα πάνω στα αυγά

Ερπετά



Χελώνες, φίδια, σαύρες, κροκοδείλια

Ηλικία: 300 εκατομμύρια χρόνια, από το τέλος του Παλαιοζωικού αιώνα

Ερπετά



Ωοτόκα-Ζωοτόκα (φίδια-οχιά)

Πρώτη μορφή κοινωνικής οργάνωσης στο κροκόδειλο του Νείλου.

Συστήματα Αναπαραγωγής Σπονδυλωτών

Πτηνά



Ηλικία: από το μέσο του Μεσοζωικού αιώνα

Συστήματα Αναπαραγωγής Σπονδυλωτών



Πτηνά

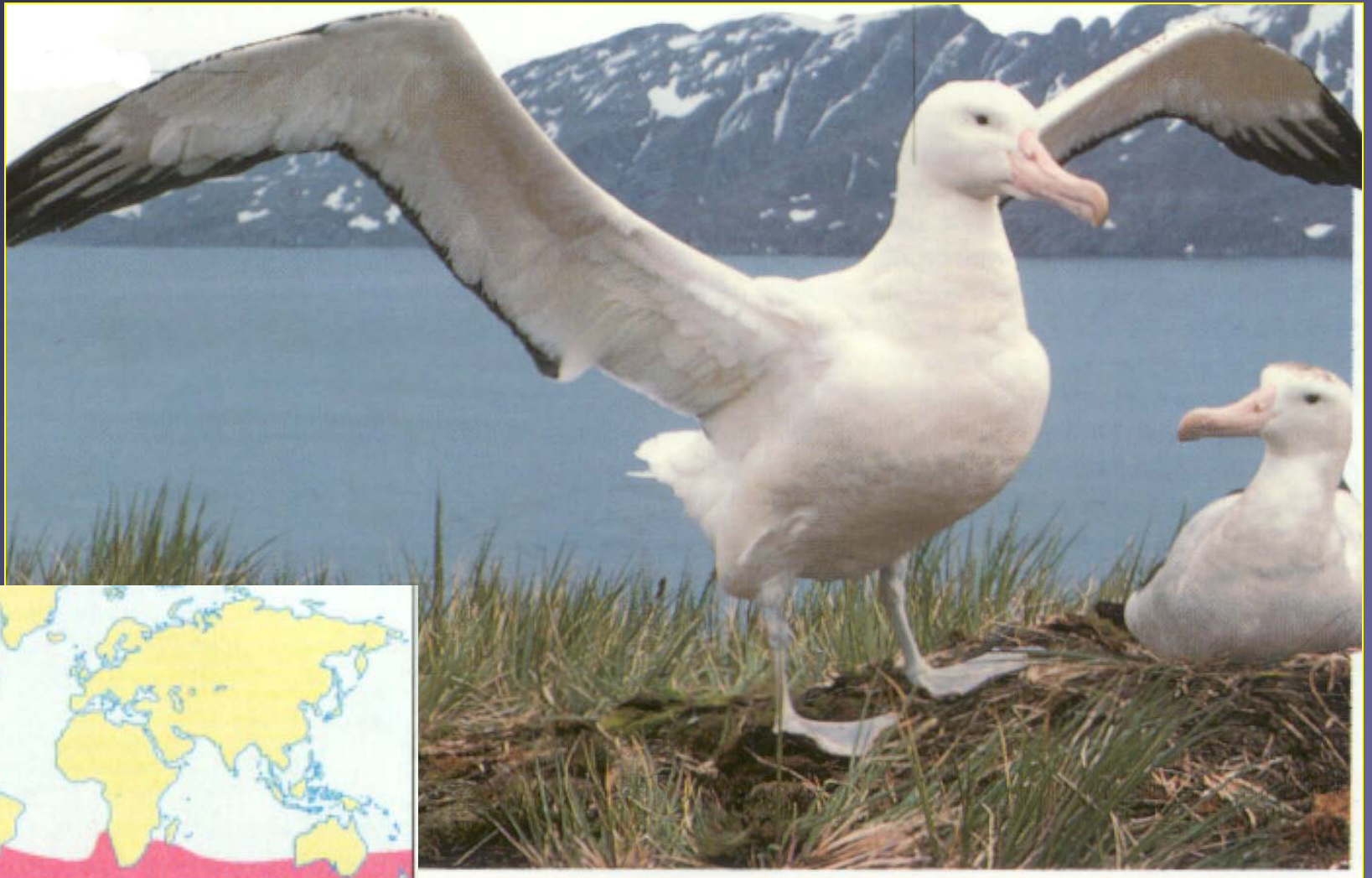
Μονογαμία



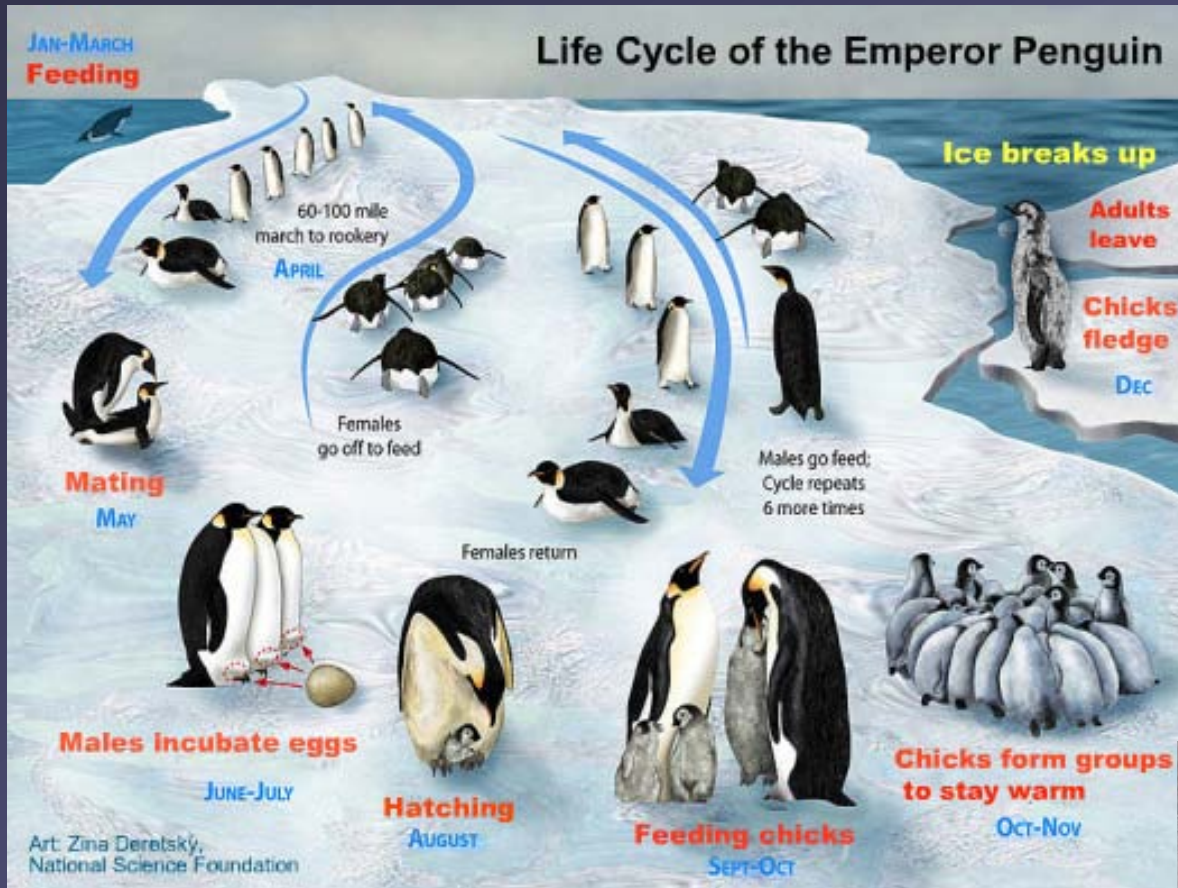
- Κύκνοι
- Άλμπατρος
- Χήνες
- Πιγκουίνοι



Φωτοπεριοδικότητα και διαθεσιμότητα τροφής



Φωτοπεριοδικότητα και διαθεσιμότητα τροφής



Συστήματα Αναπαραγωγής Σπονδυλωτών

Πτηνά

Εποχική Μονογαμία

90%



Πολυγαμία

Φασιανοί



Πολυανδρία



Ορτύκι

Έξω γεννητικά κύτταρα



οργανισμοί
(μόνοικοι)
Εξωτερική
γονιμοποίηση

- Τα ώριμα σεξουαλικά κύτταρα πρέπει να συναντηθούν για γονιμοποίηση
- Στα θαλάσσια ζώα το νερό είναι ευνοϊκό περιβάλλον
- Οι ώριμοι γαμέτες απελευθερώνονται στο νερό, πρώτα οι θηλυκοί (αχινοί, αστερίες, στρείδια, μέδουσες, ρέγγες)

- Σκώληκες
- Ψάρια



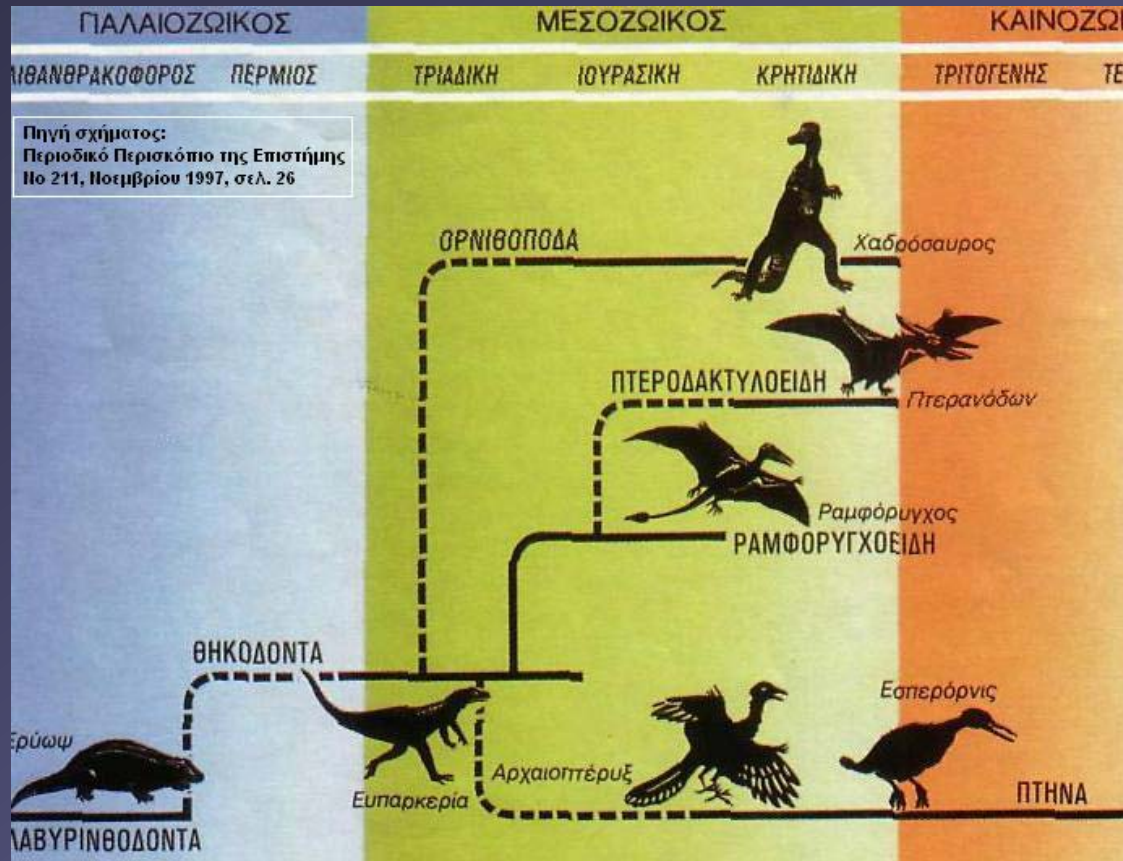
Έξω γεννητικά κύτταρα



Στους θαλάσσιους οργανισμούς συνήθως
δεν αναπτύσσονται έξω γεννητικά όργανα

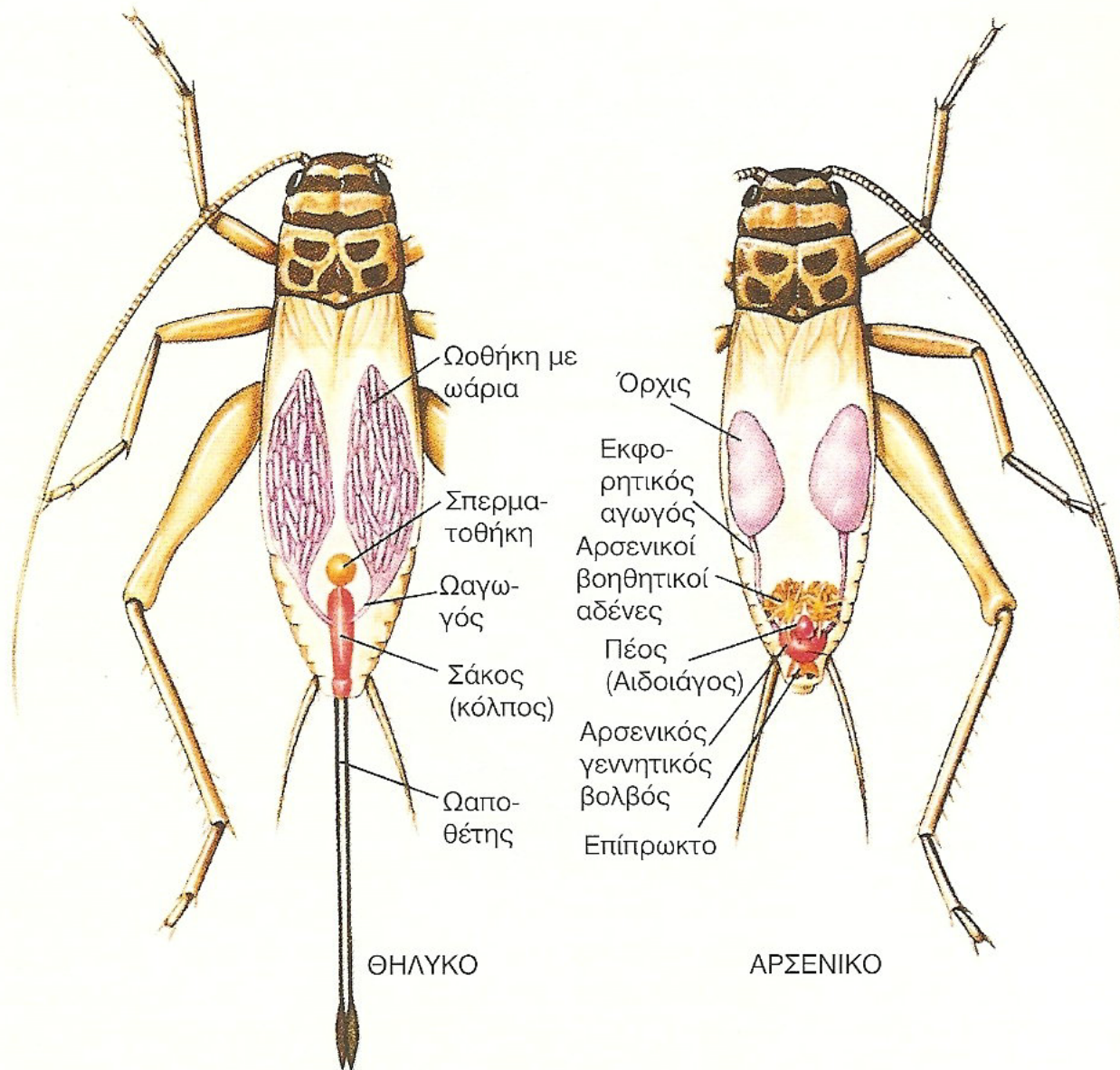
Στα καβούρια, το σπέρμα βγαίνει από ένα στόμιο στο πόδι
και οδηγείται στο γεννητικό στόμιο του θηλυκού

Έξω γεννητικά κύτταρα



- Στα χερσαία είδη τα γεννητικά όργανα αναπτύσσονται λόγω της τοξικότητας του περιβάλλοντος
- Οξυγόνο, υπεριώδης ακτινοβολία, αποξήρανση
- Τα έξω γεννητικά όργανα είναι συμπληρωματικά

Συστήματα Αναπαραγωγής Ασπόνδυλων



Γονοχωριστικοί
οργανισμοί
(δίοικοι)
Εσωτερική
γονιμοποίηση

Έντομα

Έξω γεννητικά κύτταρα



Κοριοί-Τραυματική συνουσία

Το αρσενικό τρυπάει με το πέος του σαν κεντρί το σώμα του θηλυκού

Τα σπερματοζωάρια κολυμπούν στο εσωτερικό του θηλυκού και γονιμοποιούν

Ετερο και ομοφυλικά αποτελούν τη μόνη περίπτωση ομοφυλοφυλικής σχέσης βιολογικά γόνιμης μέσω θηλυκού.

Ερωτικός κανιβαλισμός-Το αλογάκι της Παναγίας



Το θηλυκό δεν τρώει απλώς τη σπερματοφόρο, επιλέγει το αρσενικό και αφού το αποκεφαλίζει, το καταβροχθίζει



Έξω γεννητικά κύτταρα



Το ορατό πέος πρωτοεμφανίζεται
στη βδέλλα

Είναι μονό εκτός από τα φίδια
που μπορεί να είναι διπλό

Στον ιππόκαμπο είναι το θηλυκό
που έχει γονιμοποιό όργανο το
οποίο εισάγει στον επωαστικό
σωλήνα του αρσενικού που έχει
σπέρμα.

Το αρσενικό γεννά.

Συστήματα Αναπαραγωγής Σπονδυλωτών



Φάλαινα



Γορίλας

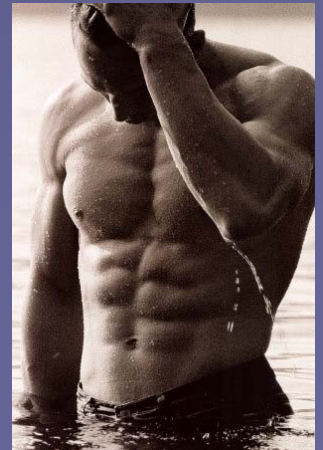
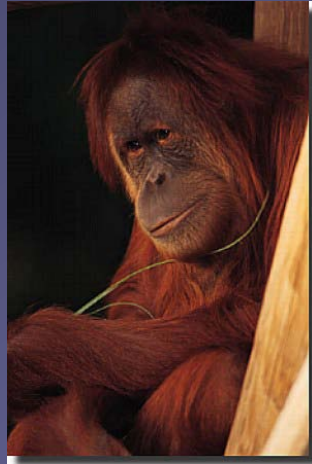
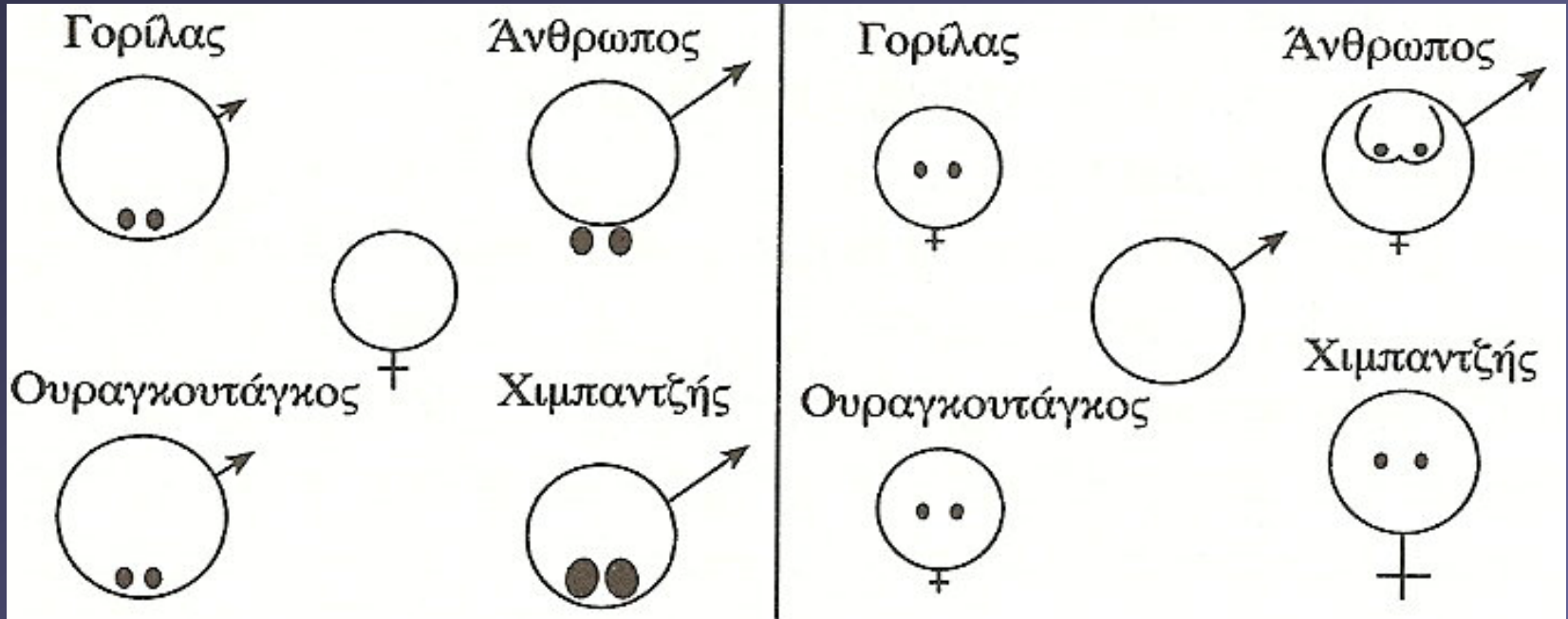


Ελέφαντας

Τα πτηνά και τα περισσότερα θαλάσσια θηλαστικά δεν διαθέτουν πέος.
Μόνο τα ερπετά και τα θηλαστικά διαθέτουν πέος.

Έξω γεννητικά κύτταρα

Το μέγεθος των έξω γεννητικών οργάνων εξαρτάται από τη σεξουαλικότητα.



Έξω γεννητικά κύτταρα

Το μέγεθος των έξω γεννητικών οργάνων εξαρτάται από τη σεξουαλικότητα.



Ανταγωνισμός
δύναμης

Γορίλλας

Πέος: 4-5 cm

Όρχεις: 36gr



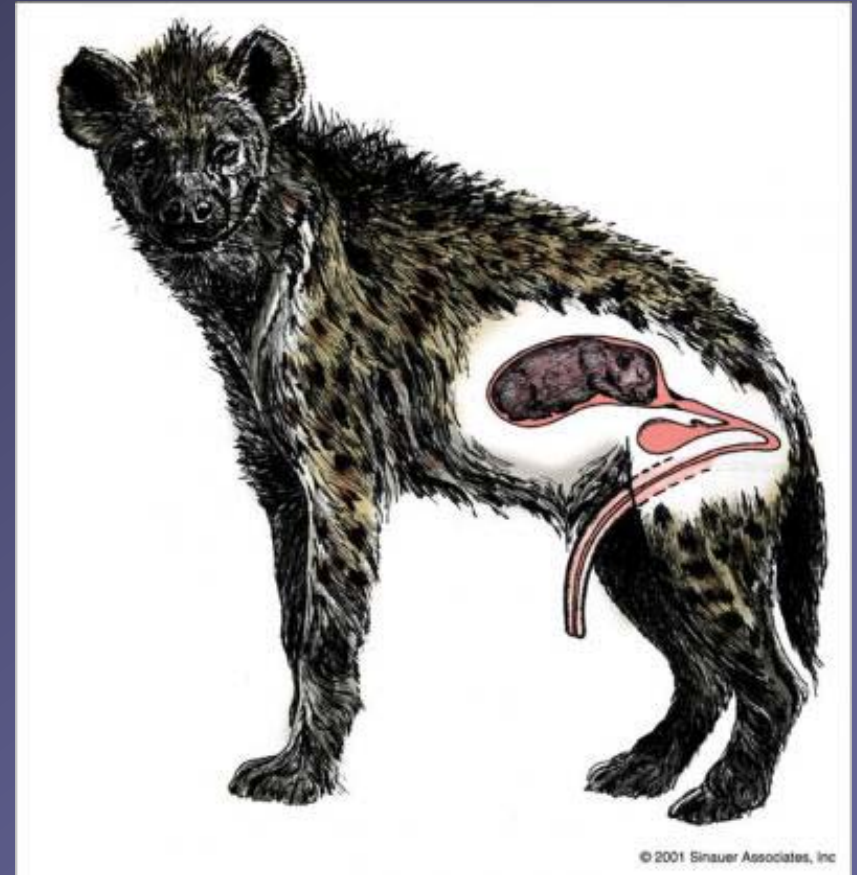
Ανταγωνισμός
σεξουαλικότητας

Χιμπαντζής

Πέος: 15 cm

Όρχεις: 250gr

Έξω γεννητικά κύτταρα



Στις ύαινες που ο Αριστοτέλης θεωρούσε ερμαφρόδιτα ζώα, η υπερμεγέθης κλειτορίδα είναι μέσο επίδειξης και κοινωνικότητας

Συγχρονισμός του Αναπαραγωγικού κύκλου

Οίστρος

Έμμηνος κύκλος

Πλειοψηφία θηλαστικών

Πρωτεύοντα Ανθρωποειδή

- Πίθηκος
- Γορίλας
- Άνθρωπος



Οίστρος

Προοίστρος

Περίοδος προετοιμασίας
Ανάπτυξη ωοθυλακίων

Οίστρος

Σύζευξη
Ωογένεση-Γονιμοποίηση

Μεταοίστρος

Περίοδος ανάκαμψης

Διοίστρος

Περίοδος ατροφίας

Μονοοιστρικά

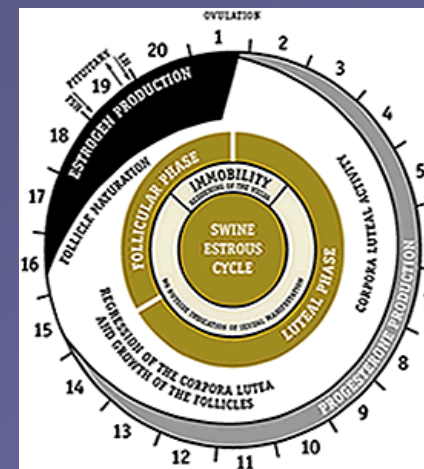
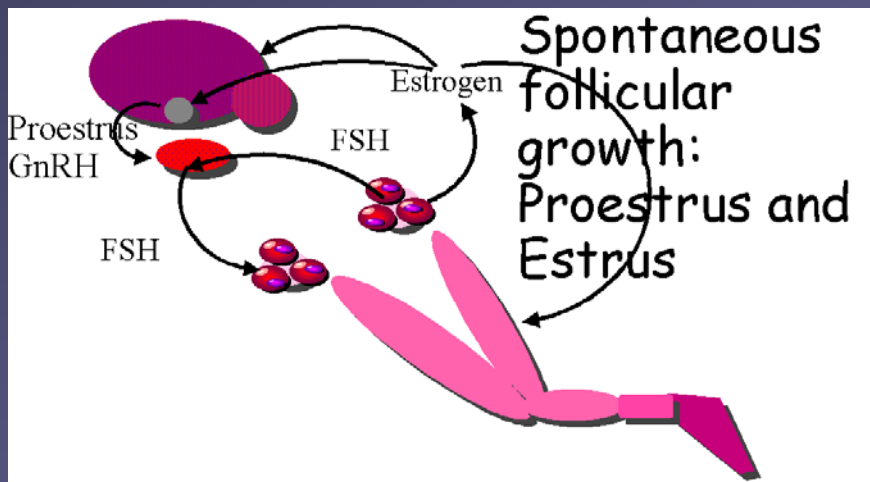
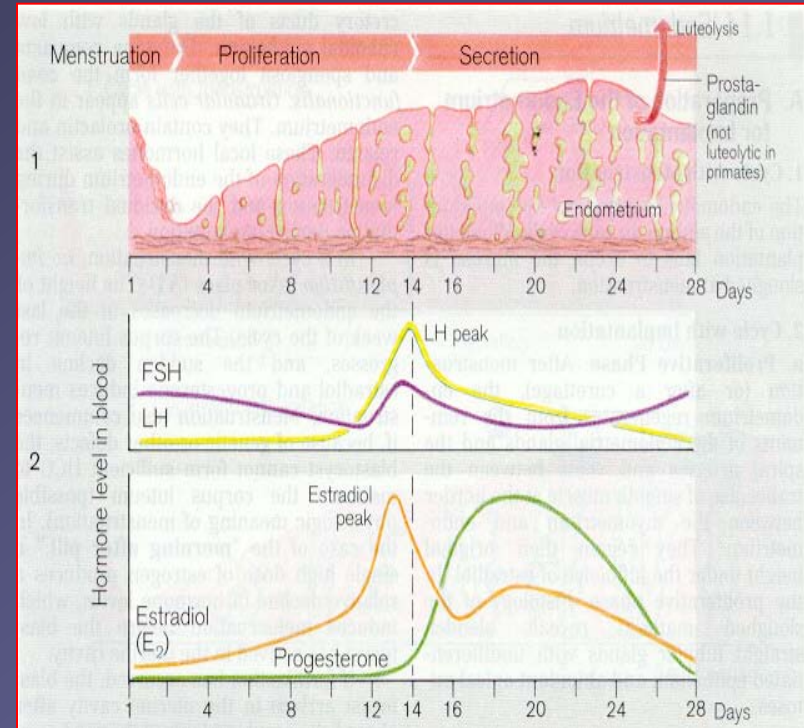
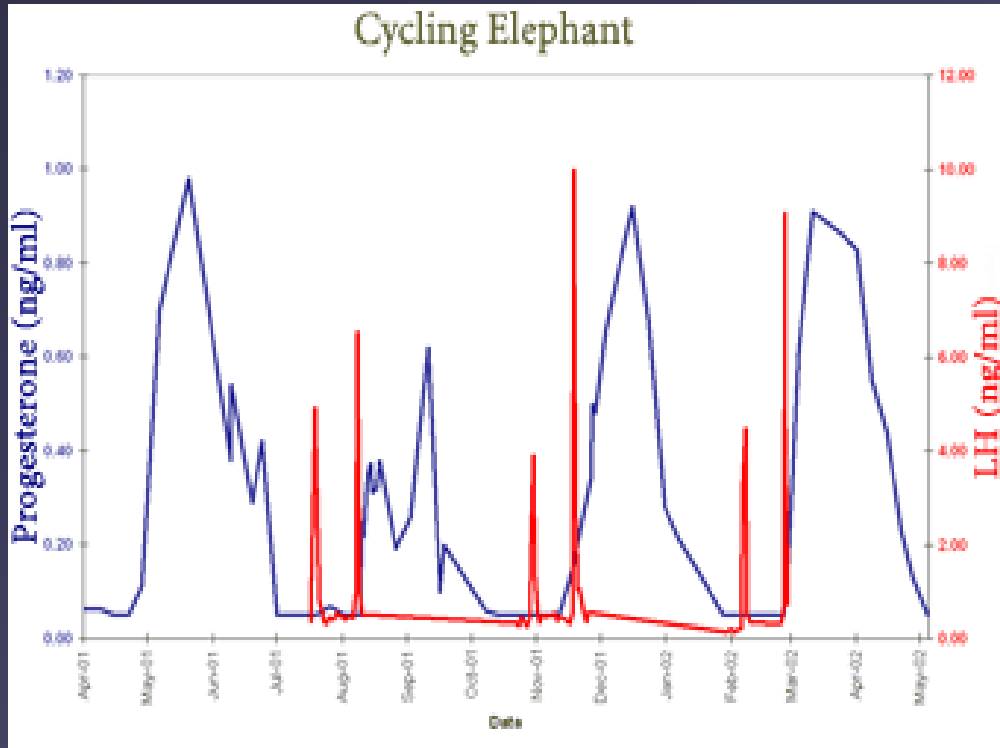
Σκυλιά, αλεπούδες, νυχτερίδες

Πολυοιστρικά

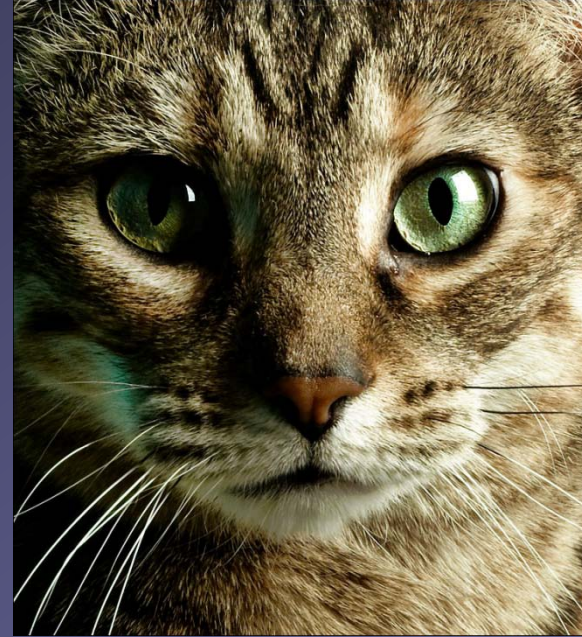
Σκίουροι, ποντικοί



Οίστρος

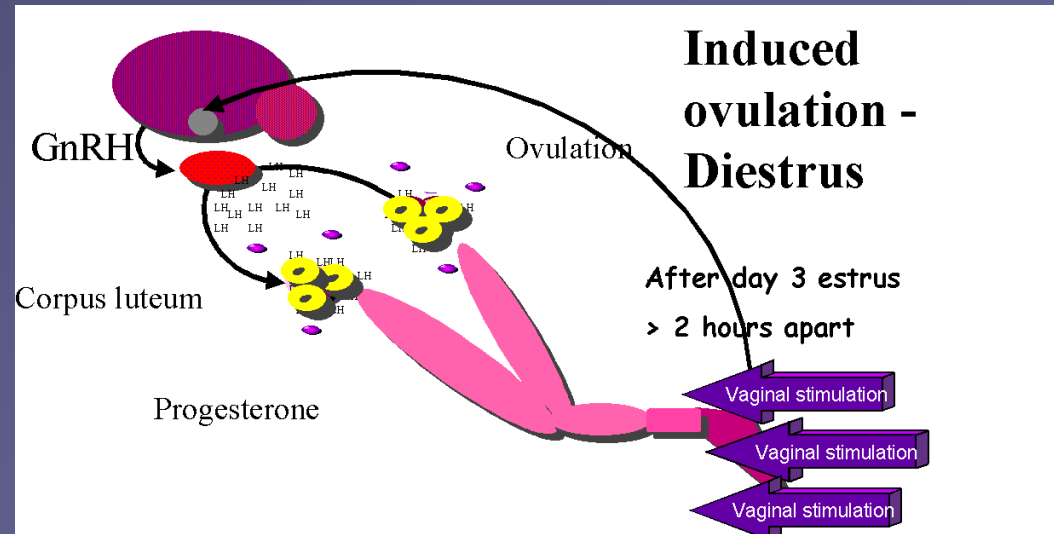
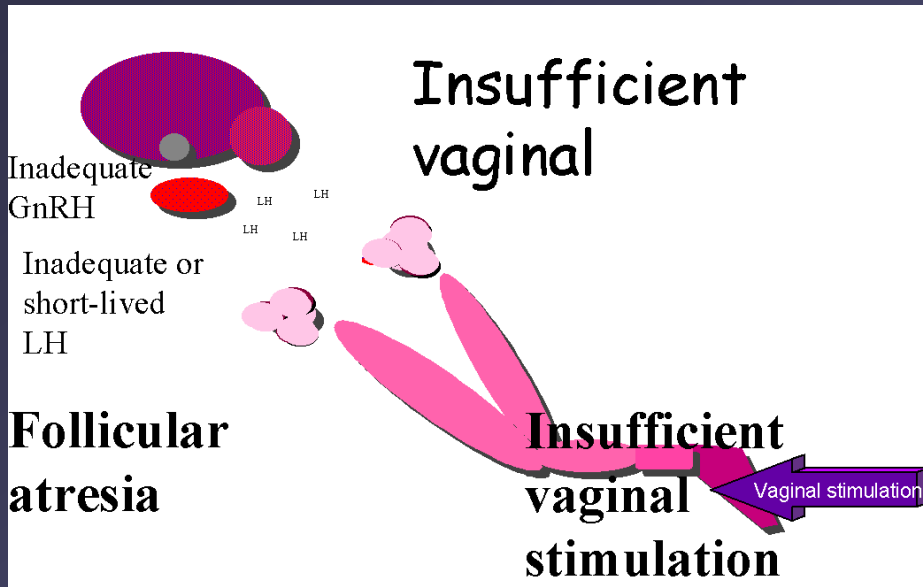


Οίστρος



- Αποσύνδεση οίστρου και ωογένεσης
- Απελευθέρωση ωαρίων μόνο μετά τη συνουσία
- Ύψιστη αναπαραγωγική επάρκεια

Οίστρος



Συνουσία στα θηλαστικά



Αριθμός σπερματοζωαρίων
6 δισεκατομμύρια στο τράγο
2.5 δισεκατομμύρια στο κριό
90 εκατομμύρια στο χοίρο
14 εκατομμύρια στο άλογο



Συνουσία στα θηλαστικά

Διάρκεια συνουσίας



10 sec *Sorex araneus* ποντικός



67 min Ασιατικός Ρινόκερος

Συνουσία στα θηλαστικά

Επανάληψη συνουσίας



1 φορά στη μυγαλή



224 φορές στο ποντικό

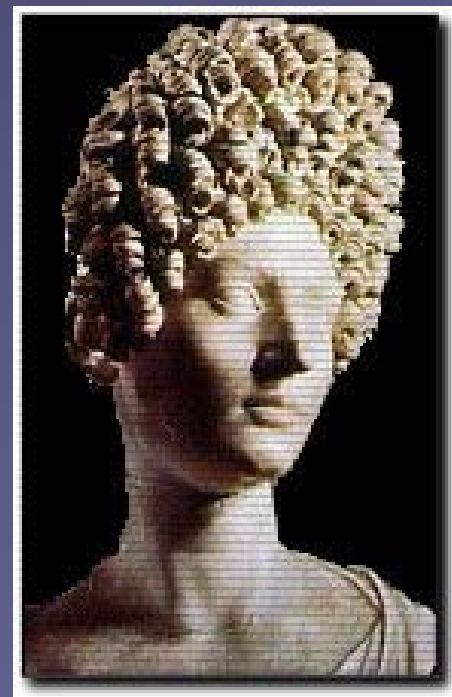
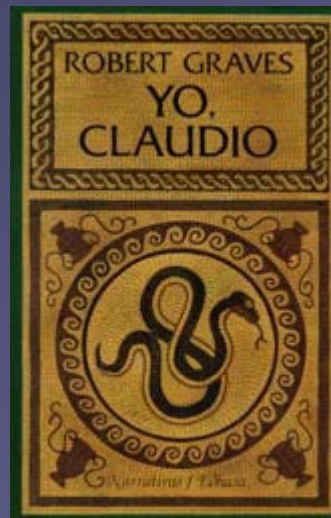
Meriones shawi

Συνουσία στα θηλαστικά

Επανάληψη συνουσίας



Macaca Sylvanus



Μεσσαλίνα

60 φορές ημερησίως
με 12 ερωτικούς
συντρόφους



Συνουσία στα θηλαστικά

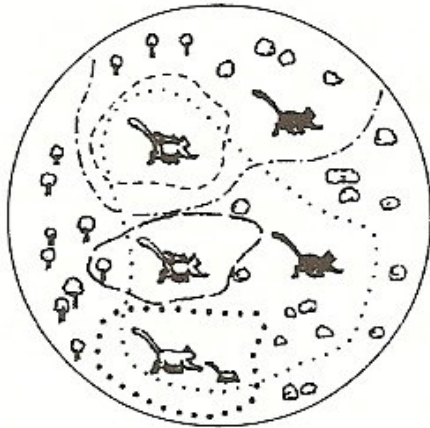
Πολυγαμία-Πολυγυνία-Χαρέμι



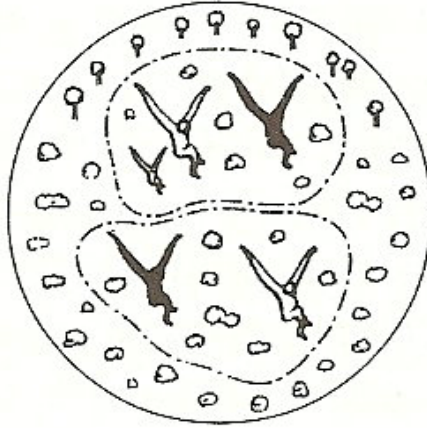
Θαλάσσιος ελέφαντας

Πρωτεύοντα-Ανθρωποειδή

Μαύρο ♂ Άσπρο ♀



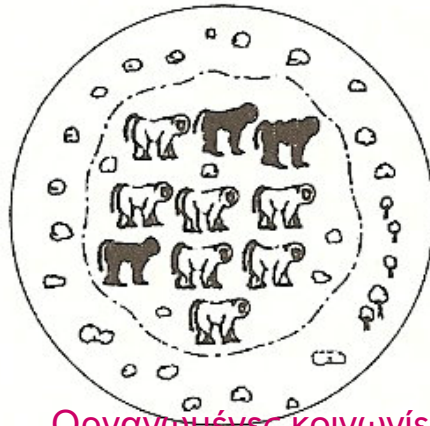
Λεμούριοι
Πολυγαμία



Γίββωνες
Μονογαμία

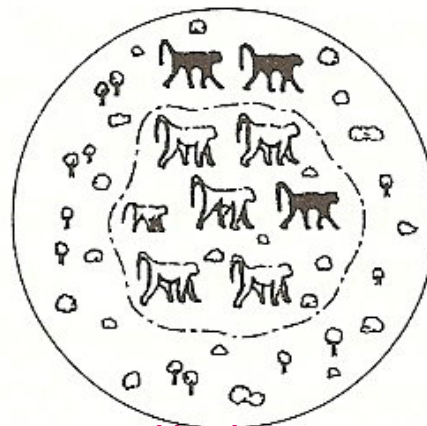


Μαρμοζέτες
Πολυανδρία



Οργανωμένες κοινωνίες

Μπαμπούινοι



Χαρέμι

Πρεσβύτες



Ελευθερογαμικές σχέσεις

Χιμπαντζήδες

Αναπαραγωγικά
Συστήματα
πρωτεύοντων

Η ανταρσία του Μπάουντυ



Dennis Bone
'98



1787 Ταϊτή-1790 νήσος Πίτκερν

7+6 άνδρες, 13 γυναίκες

1808: 1 άνδρας, 10 γυναίκες



This picture shows the BOUNTY as she was when she sailed from the WARRREN'S Slip at Plymouth in 1791. The picture is a copy of the original painting by the artist, and is not a reproduction of the original. The original painting is in the possession of the Admiralty, and is not to be published without their permission. The artist's name is not known, but the picture is believed to be a copy of the original painting by the artist, and is not a reproduction of the original. The original painting is in the possession of the Admiralty, and is not to be published without their permission.

Αλτροπισμός



Αλκυόνα

Φτιάχνουν μαζί τη φωλιά, κλώθουν διαδοχικά,
ανατρέφουν μαζί τους νεοσσούς, αλληλοβοηθούνται

Αποδέσμευση του sex από την αναπαραγωγή

Διαχείριση επιθετικότητας

Μοίρασμα τροφής, εδάφους,
ερωτική επίδειξη



Γίβωνας



Λεμούριοι

Αποδέσμευση του sex από την αναπαραγωγή

Διαχείριση επιθετικότητας



Ανταγωνισμός βίας-
Ανταγωνισμός σπέρματος
Επιθετικότητα-σεξουαλικότητα
Αυξημένη δεκτικότητα
θηλυκών
«Ψευδοσυνουσία»
Ειρηνικό υπερσεξουαλικό ζώο
Με μητριαρχική κοινωνική
οργάνωση

bonobo

Αποδέσμευση του sex από την αναπαραγωγή

Διαχείριση επιθετικότητας

Κοινωνικότητα

Επικοινωνία

Ομαδικότητα



Λεμούριοι



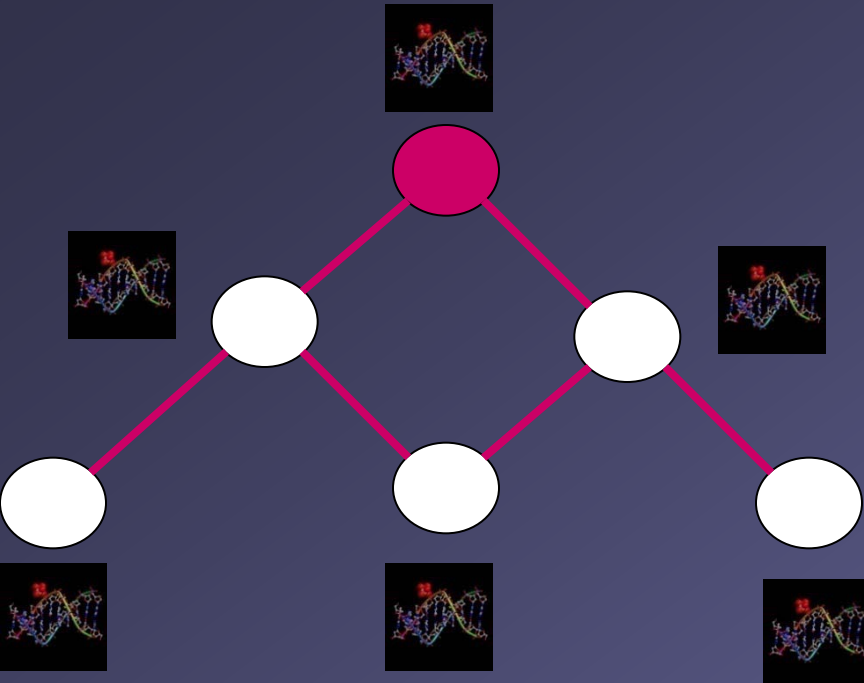
Γίβωνες



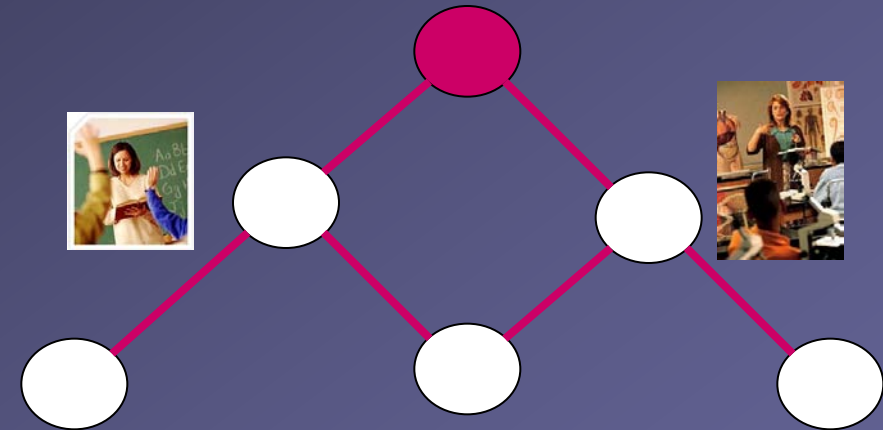
Χιμπαντζής

DNA-
Αναπαραγωγή

Πολιτισμός



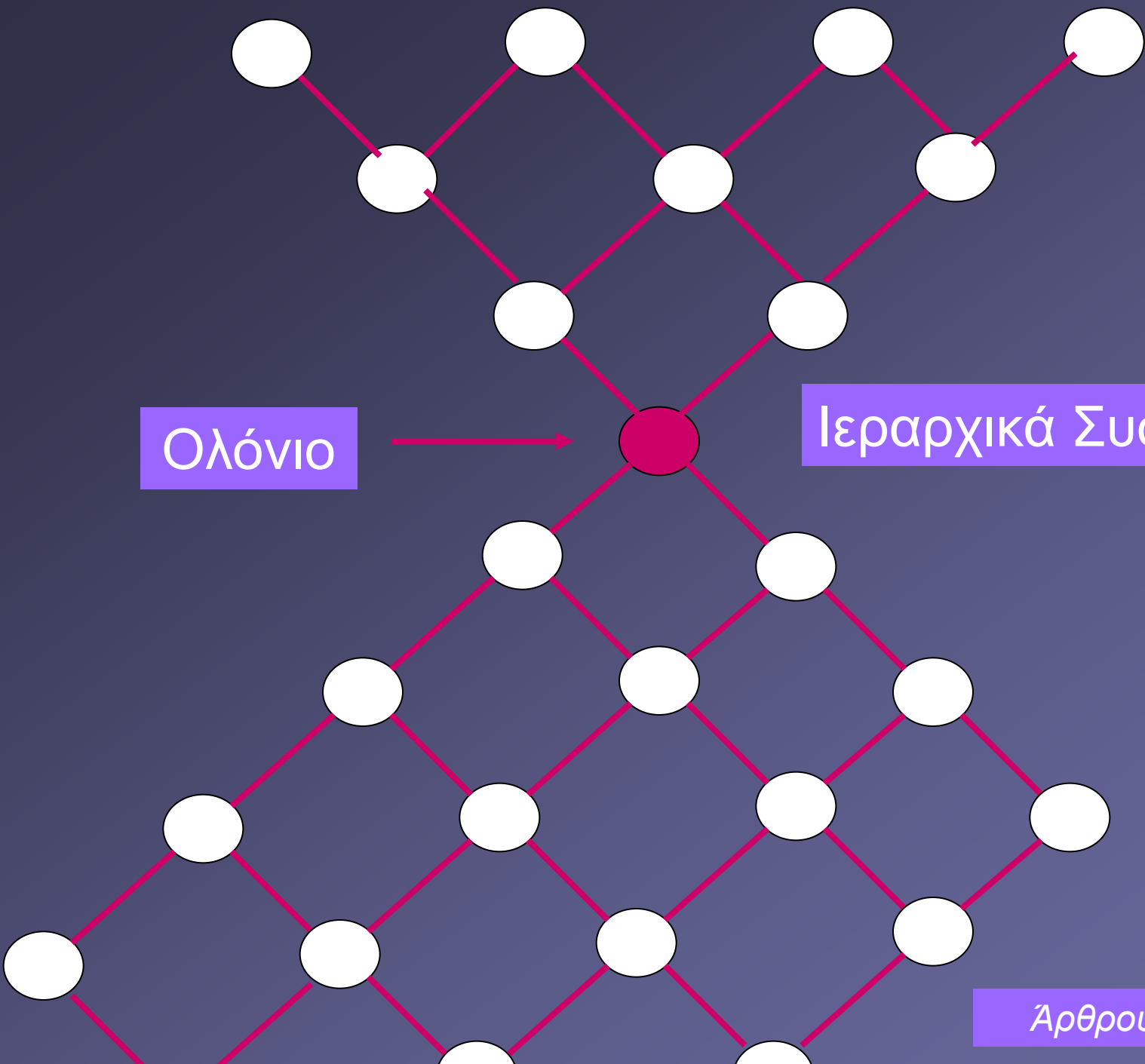
Γονίδια



Μιμίδια (meme)

Εξέλιξη

Richards Dawkins: Το εγωιστικό γονίδιο



Ολόνιο



Ιεραρχικά Συστήματα

Άρθρουρ Καίσιλερ

Σεξουαλικότητα και Θάνατος

Ο θάνατος ήταν το υποχρεωτικό τίμημα της σεξουαλικότητας



Άτομο - Είδος

Γεννιόμαστε

Αναπαραγόμαστε

για να μην πεθάνουμε

Πεθαίνουμε για να αναπαραχθούν

οι άλλοι με τη σειρά τους

Jacques Ruffie:

Η σεξουαλικότητα και ο θάνατος

Σεξουαλικότητα και Θάνατος



Ότι κραταιά ως θάνατος αγάπη
σκληρός ως Άδης ζήλος



Σολομώντος: Άσμα Ασμάτων