



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Ζωολογία II

## Ενότητα 3<sup>η</sup>. Ομοιόσταση

**Παφίλης Παναγιώτης, Επικ. Καθηγητής**  
**Σχολή Θετικών Επιστημών**  
**Τμήμα Βιολογίας**

# Η τάση του σώματος των ζώων για εσωτερική σταθερότητα.

- Claude Bernard, milieu intérieur (1878).
- Μελέτες για την συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα και γλυκογόνου στο ήπαρ.



# Αποκατάσταση της φυσιολογικής κατάστασης, όπου αυτή διαταράσσεται.

- Walter Cannon
- Ακατάπαυστη εξισορρόπηση και επαναεξισορρόπηση των φυσιολογικών διεργασιών.
- Οι γιατροί αναφέρονταν στην ίαση ως «επαναφορά στην ομοιόσταση».



# Απόκλιση από την ομοιόσταση 1/2

- Οι αλλαγές στο εσωτερικό περιβάλλον μπορούν να οφείλονται σε δύο αιτίες:
  1. Απαιτείται σταθερός εφοδιασμός με υλικά (οξυγόνο, άλατα) τα οποία πρέπει να αντικαθίστανται. Λόγω κυτταρικής δραστηριότητας παράγονται άχρηστα προϊόντα.
  2. Το εσ. περιβάλλον αντιδρά σε αλλαγές του εξ. περιβάλλοντος.



# Απόκλιση από την ομοιόσταση 2/2

- Οι ομοιοστατικές δραστηριότητες ελέγχονται κυρίως από το κυκλοφορικό, το νευρικό και το ενδοκρινικό σύστημα.
- Δραστηριοποιούνται όργανα όπως οι νεφροί, οι πνεύμονες ή τα βράγχια, ο πεπτικός σωλήνας και το δέρμα.
- Η ομοιόσταση αφορά κάθε λειτουργία του σώματος. Θα ασχοληθούμε μόνο με την οικονομία νερού, την απέκκριση και την θερμορύθμιση.



# Νερό και ωσμωτική ρύθμιση

- Η συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών μέσα στα κύτταρα πρέπει να κυμαίνεται μέσα σε ένα εύρος τιμών.
- Η αλλαγή των ιοντικών συγκεντρώσεων σε μια από τις δύο πλευρές μιας βιολογικής μεμβράνης θα προκαλέσουν αύξηση (υπωσμωτικό εξ. περιβάλλον) ή μείωση (υπερσμωτικό εξ. περιβάλλον) του κυτταρικού όγκου με τις αντίστοιχες συνέπειες.



# Ισορροπία νερού και αλάτων στα θαλάσσια ασπόνδυλα 1/2

- Τα περισσότερα είναι σε ωσμωτική ισορροπία με το περιβάλλον τους (διαπερατές σωματικές επιφάνειες).
- Δεν είναι ικανά να ρυθμίζουν την ωσ. πίεση (ωσμοσυμμορφωτές).
- Τα ζώα της ανοιχτής θάλασσας σπάνια εκτίθενται σε ωσμωτικές διακυμάνσεις (ο ωκεανός αποτελεί σταθερό περιβάλλον).
- Τα ζώα που ζουν σε περιβάλλον με ορισμένο εύρος αλατότητας ονομάζονται στενύαλα.



# Ισορροπία νερού και αλάτων στα θαλάσσια ασπόνδυλα 2/2

- Τα ζώα στις ακτογραμμές έχουν να αντιμετωπίσουν ένα πιο σύνθετο και διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Θα πρέπει να αντέχουν σε μεγάλες και απότομες αλλαγές της αλατότητας (ευρύαλα).
- Τέτοια είδη μπορούν να διατηρούν την συγκέντρωση των αλάτων στα σωματικά τους υγρά υψηλότερα από το υφάλμυρο περιβάλλον (υπερωσμωτικός ρυθμιστής).
- Εμποδίζοντας την υπερβολική αραίωση τα κύτταρα θωρακίζονται από έντονες αλλαγές κι έτσι επιβιώνουν σε ασταθή περιβάλλοντα.



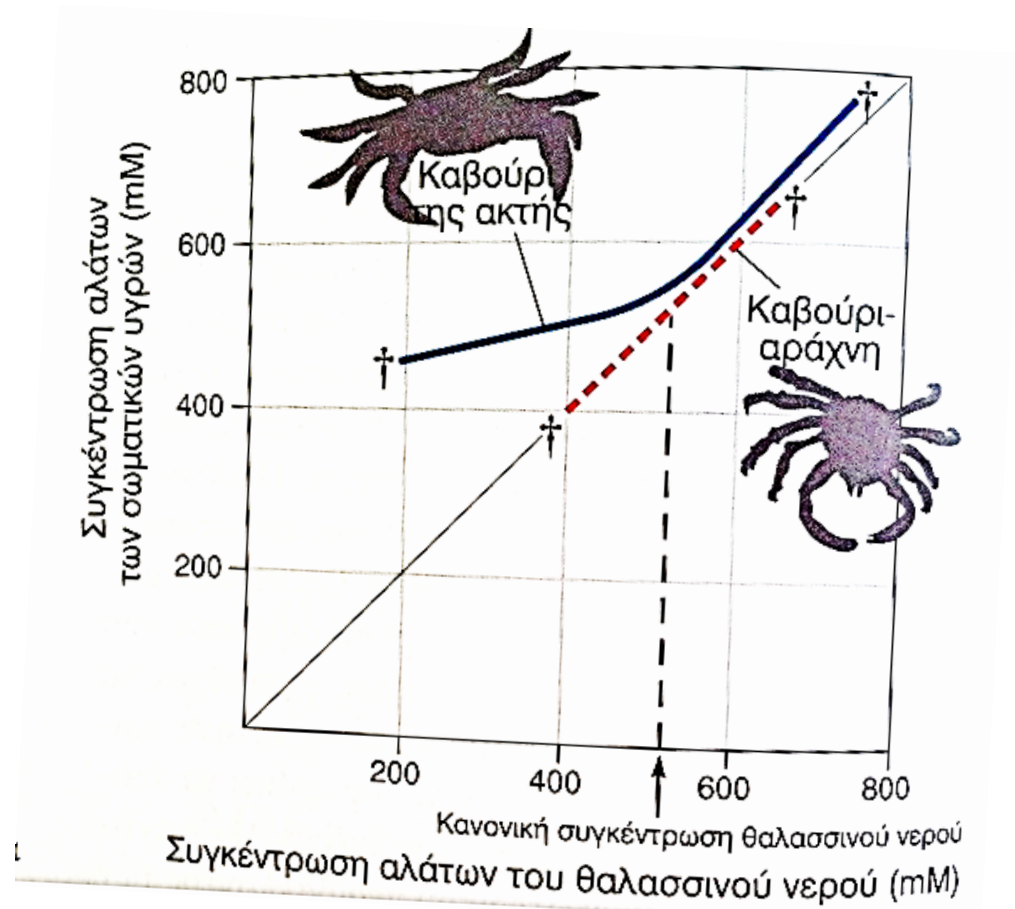


# Προσαρμογές καβουριών υφάλμυρων νερών

- Επειδή τα σωματικά τους υγρά έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση, το νερό τείνει να εισχωρεί στο σώμα τους. Χάρη στους νεφρούς (κεραϊκοί αδένες) το επιπλέον νερό αποβάλλεται με την μορφή ούρων.
- Λόγω της υψηλότερης συγκέντρωσης αλάτων στο σώμα, τα ιόντα χάνονται με διάχυση προς τα εξώ. Ειδικά κύτταρα που βρίσκονται στα βράγχια εκκρίνουν άλατα αφαιρώντας από το θαλ. νερό τα ιόντα και μεταφέροντας τα στο αίμα (ενεργητική μεταφορά).
- Επίσης υπάρχει η δυνατότητα της ωσμωτικής ανακούφισης (μετακίνηση σε καταφύγιο αλμυρού νερού μέχρι να εξισορροπηθούν οι ωσμωτικές συγκεντρώσεις).



# Σύγκριση ωσμωσυμμορφωτών με ωσμωρυθμιστές



3



# Ισορροπία νερού και αλάτων στα γλυκά νερά

- Οι γναθόστομοι ιχθύες κατά το Σιλούριο άρχισαν να εισχωρούν στις εκβολές (υφάλμυρα νερά) και κατόπιν μέσα στα ποτάμια (γλυκά νερά).
- Υπήρχε άφθονη τροφή και κενές οικοθέσεις αλλά έπρεπε να διατηρηθεί συγκέντρωση αλάτων υψηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος.
- Προκειμένου να επιβιώσουν θα πρέπει να γίνουν μόνιμοι και αποτελεσματικοί υπερωσμωτικοί ρυθμιστές.



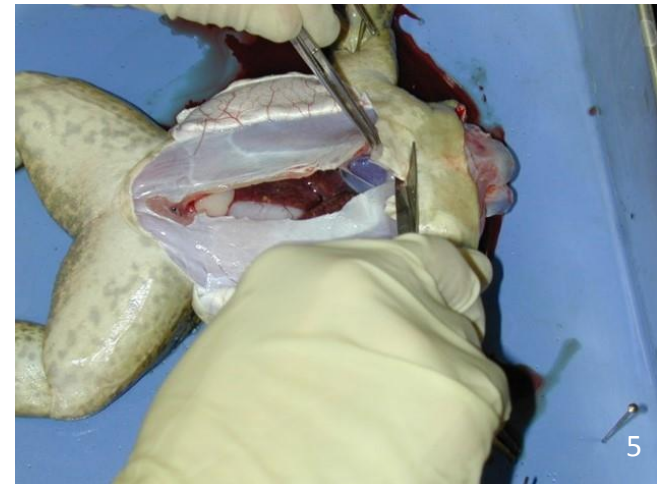
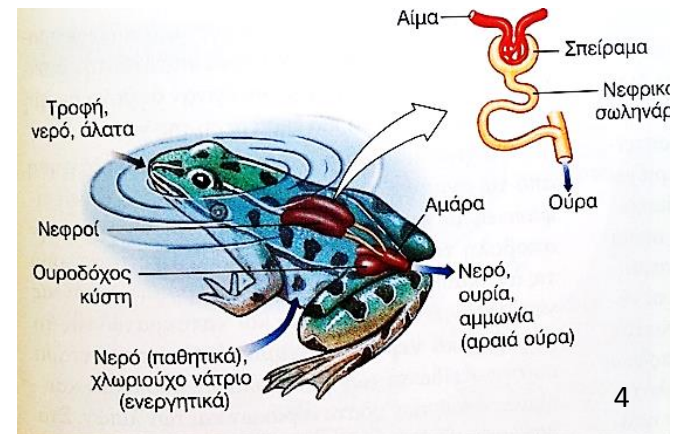
# Προσαρμογές ψαριών των γλυκών νερών

1. Το νερό που εισέρχεται από τα βραγχία αποβάλλεται μέσω νεφρών που είναι ικανοί να παράγουν πολύ αραιά ούρα επαναπορροφώντας χλωριούχο νάτριο.
2. Τα ειδικά κύτταρα που βρίσκονται στα βράγχια απορροφούν άλατα από το νερό και τα προωθούν στο αίμα. Μαζί με τα άλατα που βρίσκονται στην τροφή αντισταθμίζουν την απώλεια αλάτων λόγω διάχυσης.



# Αμφίβια

- Πρέπει κι αυτά να αντισταθμίσουν την απώλεια αλάτων με την ενεργή απορρόφηση αλάτων από το νερό.
- Αυτό επιτυγχάνεται άριστα απο το δέρμα τους. Δερματικά τμήματα βατράχουν μπορούν να μεταφέρουν ενεργά ιόντα χλωρίου και νατρίου για ώρες σε ισορροπημένο διάλυμα.
- Το πλέον τυπικό σύστημα μεταφοράς ιόντων...



# Η επιστροφή των ψαριών στη θάλασσα

- Οι οστεϊχθύες που ζουν σήμερα στη θάλασσα είναι απόγονοι των οστεϊχθύων των γλυκών νερών που επέστρεψαν στη θάλασσα το Τριαδικό.
- Λόγω της χαμηλότερης εσ. ωσμωτικής συγκέντρωσης από το θαλάσσιο περιβάλλον (υποωσμωτικοί ρυθμιστές), έχαναν νερό και προσελάμβαναν άλατα (κίνδυνος αφυδάτωσης).
- Τα σωματικά τους υγρά έχουν συγκέντρωση ιόντων ίση με το  $1/3$  του θαλασσινού νερού.



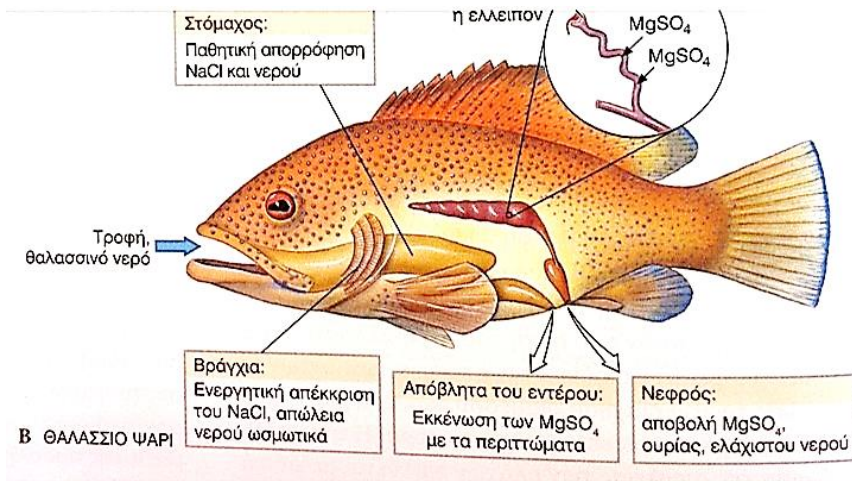
# Προσαρμογές θαλασσινών ψαριών

- Πίνουν θαλασσινό νερό που απορροφάται από το έντερο κι έτσι το χλωριούχο νάτριο μεταφέρεται μέσω αίματος στα βράγχια από όπου εξειδικευμένα άλατα το μεταφέρουν πίσω στη θάλασσα.
- Τα ιόντα που παραμένουν (μαγνησίου, θειϊκά και ασβεστίου) αποβάλλονται με τα κόπρανα η απεκκρίνονται από τους νεφρούς.
- Έτσι τα ψάρια απαλλάσσονται από την περίσσεια αλάτων ενώ αντικαθιστούν το νερό που έχουν χάσει λόγω ώσμωσης.

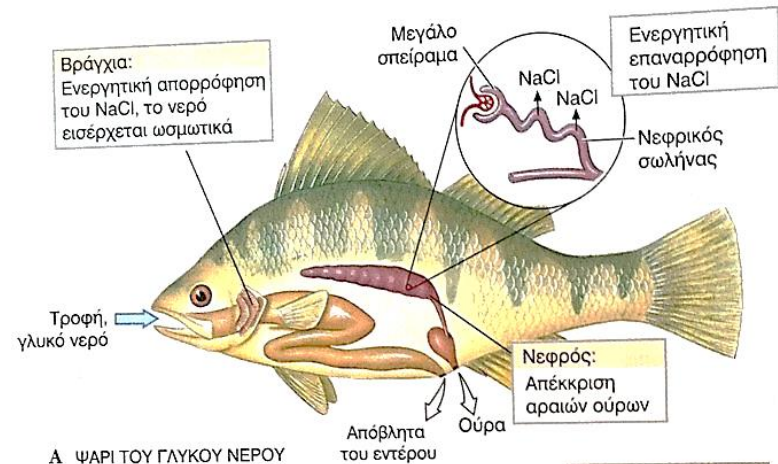




# Σύγκριση ψαριών γλυκού νερού και θάλασσας



6



7





# Καρχαρίες (ελασματοβράγχιοι Χονδιχθύες)

- Το αίμα των καρχαριών περιέχει μεγάλη ποσότητα οργανικών ουσιών (ουρία και τριμεθυλαμινικό οξύ).
- Παρά την τοξικότητά της, οι νεφροί του καρχαρία διατηρούν την ουρία, επιτρέπουν την συγκέντρωσή της στο αίμα (100 φορές υψηλότερη από τα θηλαστικά) και καθιστούν την ωσμωμοριακότητα ίση με του νερού.



- Οι υψηλές συγκεντρώσεις ουρίας κανονικά θα έσπαζαν τους πεπτιδικούς δεσμούς. Όμως το TMAO εξισορροπεί τις πρωτεΐνες.



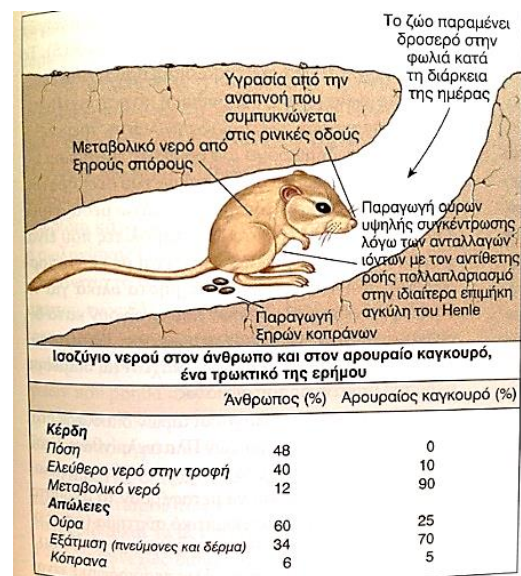
# Ισορροπία νερού και αλάτων στα χερσαία ζώα

- Η ζωή γεννήθηκε στο νερό και τα πρώτα ζώα ήταν σχεδιασμένα να διαβιούν αποκλειστικά στο νερό.
- Για να εποικίσουν την ξηρά έπρεπε «να μεταφέρουν την υδάτινή τους σύνθεση».
- Τα χερσαία ζώα χάνουν νερό με την εξάτμιση, την απέκκριση ούρων και την αποβολή κοπράνων.
- Οι απώλειες νερού εξισορροπούνται με το νερό της τροφής, με την απευθείας κατάποση νερού και το μεταβολικό νερό.
- Κάποια ασπόνδυλα (κατσαρίδες και ακάρεα) απορροφούν υδρατμούς κατευθείαν από τον ατμοσφαιρικό αέρα.



# Θηλαστικά της ερήμου

- Ο αρουραίος καγκουρό δεν πίνει καθόλου νερό. Το 90% είναι μεταβολικό νερό και το υπόλοιπο 10% είναι η ελεύθερη υγρασία της τροφής.
- Οι άνθρωποι καλύπτουν τις ανάγκες πίνοντας το 50% του νερού που χρειάζονται.



9



10

Dipodomys sp.



# Έντομα, πτηνά και ερπετά

- Η αποβολή των παραπροϊόντων του αζώτου γίνεται αντί για την υδατοδιαλυτή ουρία με το ημιστερεό ουρικό οξύ, ελαττώνοντας τις απώλειες νερού.
- Η δημιουργία ουρικού οξέος εξυπηρετεί και την απέκκριση μέσα στο αμνιακό αυγό (κατακρήμνιση σε κρυσταλλική μορφή).



11



# Θαλάσσια πουλιά και χελώνες

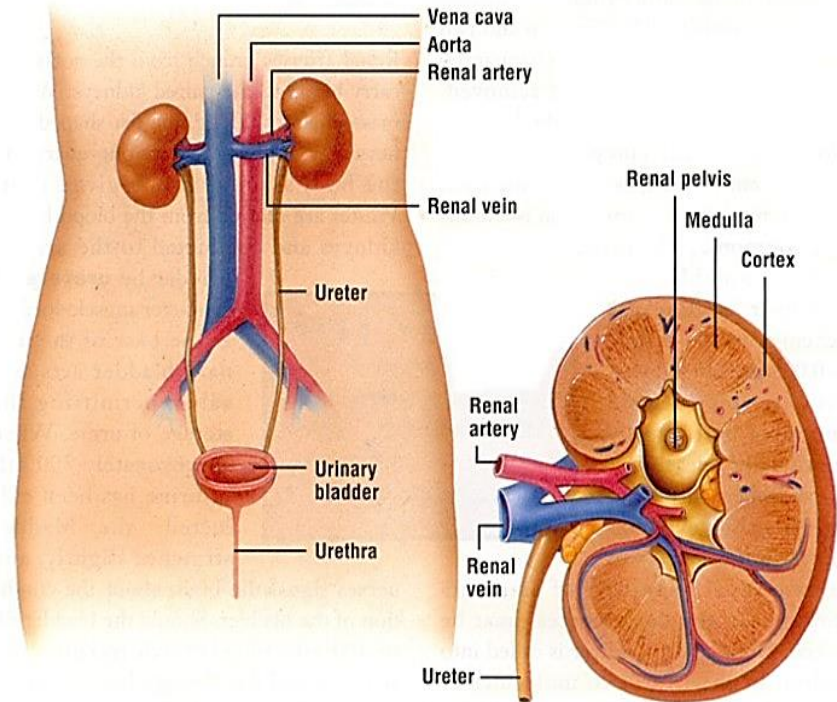
- Οι μεγάλες ποσότητες αλάτων που προσλαμβάνονται με την τροφή αποβάλλονται με ειδικούς αλατογόνους αδένες που υπάρχουν πάνω από τους οφθαλμούς. Το διάλυμα των «δακρύων» είναι μέχρι και διπλάσιας αλατότητας από το θαλασσινό νερό.
- Στα πουλιά το διάλυμα άλατος εξέρχεται από τους ρώθωνες.





# Απεκκριτικό σύστημα

- Ρυθμίζει την απόρριψη των βλαβερών παραπροϊόντων του μεταβολισμού.
- Από τα πλέον βασικά είναι τα αζωτούχα απόβλητα που έχουν δηλητηριώδη δράση όταν υπερβούν κάποιες συγκεντρώσεις.



14



# Σφυγμώδες κενοτόπιο

- Πολλά πρωτόζωα και μερικοί σπόγγοι του γλυκού νερού διαθέτουν ειδικά απεκκριτικά οργανίδια.
- Το σ.κ. είναι λεπτό και σφαιρικό. Δεν αποτελεί πραγματικό απεκκριτικό όργανο καθώς η αμμωνία διαχέεται εύκολα στο περιβάλλον.

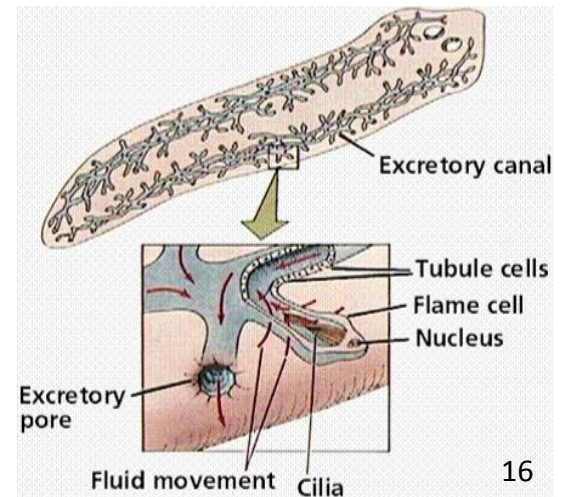


- Ουσιαστικά εξασφαλίζει το ισοζύγιο του νερού απομακρύνοντας την περίσσεια του νερού που σωρεύεται λόγω ώσμωσης.



# Νεφρίδια 1/2

- Σωληνοειδής δομή σχεδιασμένη να διατηρεί την κατάλληλη ωσμωτική ισορροπία. Από τις πιο απλές μορφές είναι το σύστημα των φλογοκυττάρων (ή πρωτονεφρίδιο) στους πλατυέλμινθες.
- Πρόκειται για δύο έντονα διακλαδισμένα συστήματα αγωγών που κατανέμονται σε όλο το σώμα.
- Το υγρό εισέρχεται στο σύστημα μέσω των φλογοκυττάρων. Η ρυθμική κίνηση του θυσάνου των μαστιγίων δημιουργεί αρνητική πίεση που έλκει το υγρό στο σωληνοειδές τμήμα.



- Τα αζωτούχα απόβλητα (αμμωνία) διαχεόνται από όλη την επιφάνεια του σώματος. Λόγω διακλάδωσης δεν χρειάζεται κυκλοφορικό σύστημα.





# Νεφρίδια 2/2

- Το πρωτονεφρίδιο θεωρείται κλειστό σύστημα καθώς οι σωληνίσκοι είναι κλειστοί στο ένα άκρο.
- Ένας πιο εξελιγμένος τύπο νεφριδίου απαντά σε μερικά ευκοιλωματικά φύλα όπως οι Δακτυλιοσκόληκες και τα Μαλάκια (αληθινό ή ανοικτό νεφρίδιο, μετανεφρίδιο).
- Ο σωληνίσκος είναι ανοιχτός και στα δύο άκρα επιτρέποντας στο υγρό να εισέλθει στο σωληνίσκο διαμέσου ενός βλεφαριδοφόρου χοανόμορφου ανοίγματος, του νεφροστόματος.
- Το μετανεφρίδιο περιβάλλεται από δίκτυο αιμοφόρων αγγείων που βοηθά στην ανάκτηση νερού και χρήσιμων υλικών από το υγρό του νεφρικού σωληνίσκου.



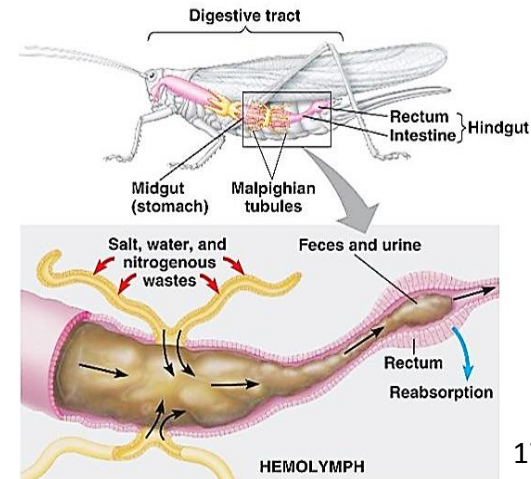
# Οι νεφροί των αρθροπόδων

- Πρόκειται για ζεύγος κεραϊκών αδένων στα Καρκινοειδή που βρίσκεται κοιλιακά στο κεφάλι και από όπου απουσιάζουν τα ανοιχτά νεφροστόμια.
- Η υδροστατική πίεση του αίματος σχηματίζει ένα διήθημα του αίματος που δεν περιέχει πρωτεΐνες (υπερδιήθημα).
- Τα έντομα και οι αράχνες εξυπηρετούνται από το σύστημα των μαλπιγγιανών σωληναρίων που λειτουργούν σε συνδυασμό με τους εξειδικευμένους αδένες του τοιχώματος του ορθού.
- Το συγκεκριμένο απεκκριτικό σύστημα αποτελεί προσαρμογή στη διαβίωση στην ξηρά.



# Μαλπιγγιανά σωληνάκια

- Ο σχηματισμός των ούρων γίνεται με μηχανισμούς σωληνοειδούς απέκκρισης από τα κύτταρα που επενδύουν τα μ.σ. και βασίζεται σε ενεργή μεταφορά ιόντων υδρογόνου στο εσωτερικό τους.
- Τα φυτοφάγα έντομα εκκρίνουν κάλιο στο εσωτερικό των σωληναρίων. Τα σαρκοφάγα εκκρίνουν υγρό με υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο που προσομοιάζει στο υψηλής συγκέντρωσης αίμα της λείας.



- Όσο τα ερυθροκύτταρα της λείας πέπτονται, η περιεκτικότητα σε ιόντα νατρίου πέφτει και αυξάνεται το κάλιο. Η έκκριση των ιόντων δημιουργεί ωσμωτική πίεση που έλκει μέσα στο σωληνάριο νερό και ουρικό οξύ.



# Η λειτουργία των νεφρών στα σπονδυλόζωα

- Ο νεφρός αποτελεί μέρος πολλών διασυνδεδεμένων μηχανισμών που διατηρούν την κυτταρική ομοιόσταση.
- Είναι το πρωταρχικό όργανο που ρυθμίζει τον όγκο και την σύνθεση του εσωτερικού υγρού περιβάλλοντος. Η απεκκριτική του λειτουργία θεωρείται συμπτωματική και δεν είναι η πρωτεύουσα.
- Η οργάνωση των νεφρών μπορεί να διαφέρει ανάμεσα στα taxa. Σε όλες η βασική μονάδα είναι ο νεφρώνας. Τα ούρα σχηματίζονται μέσα από τρεις διαδικασίες: τη διήθηση, την επαναπορρόφηση και την έκκριση.
- Οι δύο νεφροί στον άνθρωπο ζυγίζουν λιγότερο από το 1% του βάρους και διαθέτουν περίπου 2 εκ. νεφρώνες.



# Η ρύθμιση της θερμοκρασίας

- Όλες οι βιοχημικές διεργασίες που επιτελούνται στους οργανισμούς εξαρτώνται από την θερμοκρασία σώματος.
- Η ενζυμική αποδοτικότητα μεταβάλλεται με την θερμοκρασία και αγγίζει το μέγιστο σε μια στενή και αυστηρά καθορισμένη περιοχή (θερμικά optima).
- Εάν η θερμοκρασία σώματος πέσει πολύ χαμηλά, ο μεταβολισμός επιβραδύνεται και συνεπώς λιγότερη ενέργεια αποδίδεται στις βασικές λειτουργίες των οργανισμών (π.χ. αναπαραγωγή).
- Εάν η θερμοκρασία αυξηθεί υπέρμετρα, οι μεταβολικές αντιδράσεις χάνουν την ισορροπία τους.
- Τα ζώα μπορούν να επιβιώσουν επιτυχώς σε ένα στενό εύρος θερμοκρασιών, συνήθως μεταξύ 0 και 40° C.



# Ορολογία

«ψυχρόαιμος» και «θερμόαιμος».



«ποικιλόθερμος» και  
«ομοιόθερμος».



«ενδόθερμος» και  
«εξώθερμος».



# Ενδοθερμία, Εξωθερμία

- Στην ενδοθερμία η θερμότητα παράγεται από το μεταβολισμό των ζώων. Εφαρμόζεται μόνο στα πουλιά και τα θηλαστικά καθώς και σε πολύ λίγα ερπετά (π.χ. *D. coriacea* - γιγαντοθερμία).
- Στην εξωθερμία η θερμοκρασία του σώματος καθορίζεται μόνο από το περιβάλλον, συνήθως από τον ήλιο, είτε άμεσα (**ηλιοθερμία**) είτε από θερμαινόμενα υποστρώματα (**θιγμοθερμία**).
- Στην πράξη όλα τα ζώα παράγουν έστω και μικρά ποσά μεταβολικής θερμότητας. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις που αφορούν στα ερπετά, τα ποσά αυτά είναι πολύ σημαντικά και παραπέμπουν περισσότερο στην ενδοθερμία.
- Έχει προταθεί μια "συμπληρωματική" ορολογία σύμφωνα με την οποία τα ενδόθερμα χαρακτηρίζονται και ως **ταχυμεταβολικά** ενώ τα εξώθερμα ως **βραδυμεταβολικά**.



# Q<sub>10</sub>

- Η θερμοκρασιακή διαφορά των 10<sup>0</sup> C έχει γίνει η σταθερά που χρησιμοποιείται για να μετρηθεί η θερμοκρασιακή ευαισθησία μιας βιολογικής λειτουργίας.
- Περιγράφεται από τον λόγο της τιμής του ρυθμού μιας λειτουργίας στην υψηλότερη θερμοκρασία προς την τιμή του ρυθμού στην χαμηλότερη θερμοκρασία.

$$Q_{10} = \left( \frac{R_2}{R_1} \right)^{10/(T_2 - T_1)}$$

- Γενικά στα βιολογικά συστήματα η σταθερά παίρνει τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 1 και 3.





# Θερμορύθμιση μέσω συμπεριφοράς 1/3

- Τα εξώθερμα ζώα δεν μπορούν να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία τους μέσω φυσιολογικών διεργασιών. Έτσι καταφεύγουν στην υιοθέτηση κατάλληλων συμπεριφορικών προτύπων.
- Ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την εποχή και τις γεωγραφικές συντεταγμένες του βιότοπου όπου διαβιούν, τροποποιούν την διάρκεια έκθεσης τους στο ήλιο.
- Έτσι το χειμώνα δραστηριοποιούνται πιο αργά αλλά για περισσότερες ώρες ενώ το καλοκαίρι ενεργοποιούνται πολύ νωρίς αλλά μένουν εκτός καταφυγίων για πολύ λιγότερο.
- Η συμπεριφορά θερμορύθμισης αλλάζει σύμφωνα με την ταυτότητα του κάθε ατόμου (ηλικία, φύλο, κατάσταση).

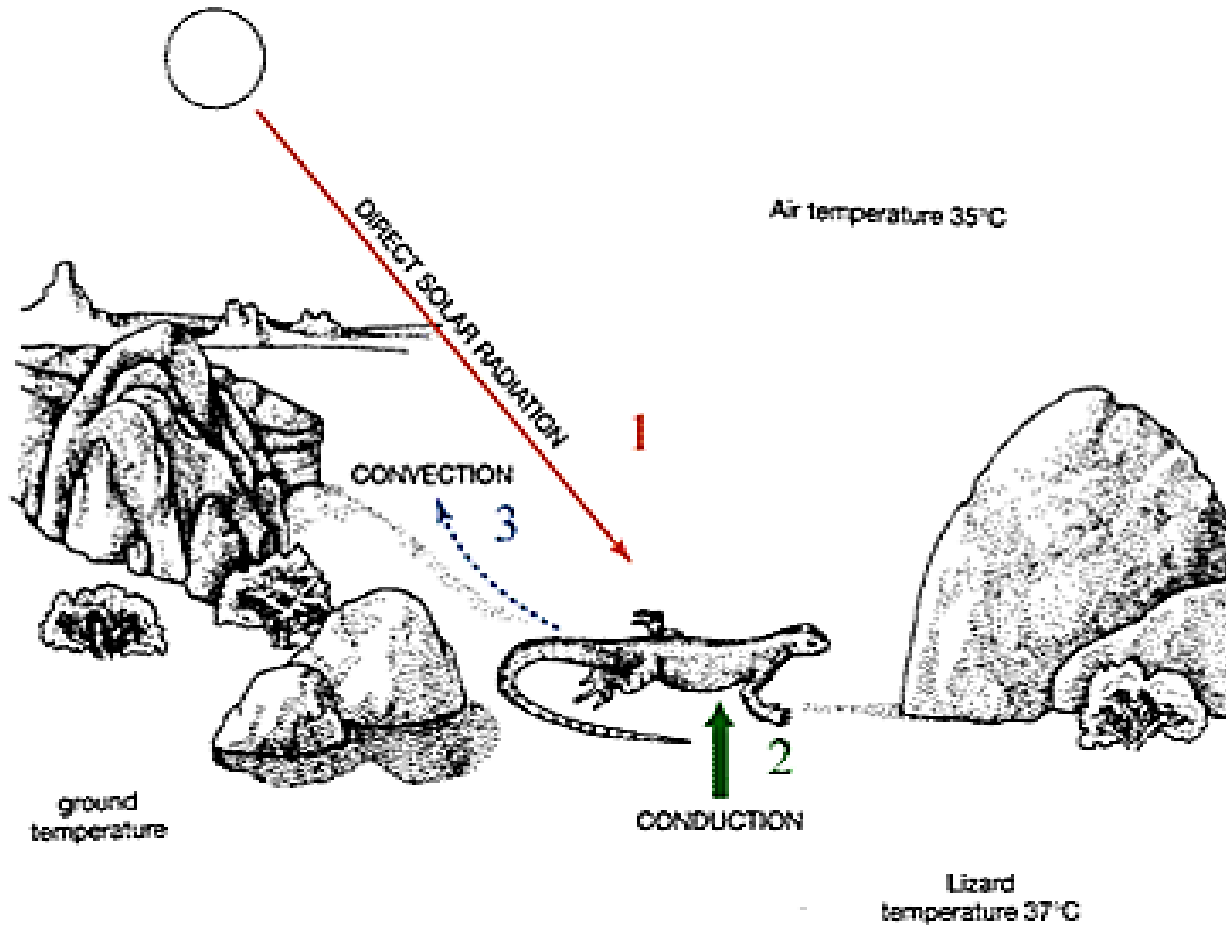


# Θερμορύθμιση μέσω συμπεριφοράς 2/3

- Ένα εξώθερμο ζώο μπορεί να επιλέξει διαφορετικό μικροενδιαίτημα όπου η αντανακλαστικότητα και η θερμοχωρητικότητα του υποστρώματος θα είναι διαφορετική, να περιορίσει τον χρόνο που παραμένει ενεργό, να αλλάξει κατάλληλα την θέση του, ώστε να εξασφαλίσει ότι όσο το δυνατό μεγαλύτερη ή μικρότερη επιφάνεια κατά περίπτωση, θα έρχεται σε επαφή με τις ηλιακές ακτίνες ή θα είναι περισσότερο ή λιγότερο εκτεθειμένη στον άνεμο, να δημιουργεί μεγάλες ομάδες όπου τα άτομα μπορούν και αυξάνουν την θερμοκρασία τους λόγω της μεγάλης τους συγκέντρωσης ή τέλος να κρύβεται σε λαγούμια.
- Αρκετά είδη έχουν την ικανότητα να αλλάζουν την ανακλαστικότητα και την απορροφητικότητα της επιφάνειάς τους, καταφεύγοντας σε χρωματικές αλλαγές του δέρματος.
- Έχει αποδειχθεί ότι τα περισσότερα εξώθερμα θερμαίνονται με πολύ πιο ταχείς ρυθμούς από ότι ψύχονται.



# Θερμορύθμιση μέσω συμπεριφοράς 3/3



21



# Σαύρες της λάβας (Tropidurus)



# Θερμοκρασία αντιστάθμιση

- Τα περισσότερα εξώθερμα ζώα μπορούν να διορθώνουν το μεταβολικό τους ρυθμό με την επικρατούσα θερμοκρασία έτσι ώστε ο μεταβολισμός να πραγματοποιείται απρόσκοπτα.
- Αυτή η ικανότητα καλείται θ.α. και βασίζεται σε σύνθετες βιοχημικές και κυτταρικές ρυθμίσεις.
- Έτσι τα εξώθερμα καταφέρνουν να κρατούν σταθερές τις μεταβολικές τους λειτουργίες ανεξάρτητα από τη μεταβαλλόμενη θερμοκρασία.



# Ακρίβεια θερμορύθμισης

## Σχέση κόστους – ωφέλειας 1/2

- Οι Huey και Slatkin (1976) εκτίμησαν την σχέση κόστους-ωφέλειας που αφορά στην διατήρηση μιας υψηλής και σταθερής θερμοκρασίας σώματος, διατυπώνοντας την άποψη ότι τα εξώθερμα θα πρέπει να θερμορυθμίζουν μόνο σε περιβάλλοντα όπου το κόστος μιας αποτελεσματικής θερμορύθμισης είναι χαμηλό.
- Συσχέτισαν τη θερμοκρασία σώματος των ζώων με αυτή του περιβάλλοντος και μέσα από την ευθεία παλινδρόμησης που προέκυψε, εκτίμησαν τον τρόπο θερμορύθμισης.
- Όταν η κλίση είναι ίση με την μονάδα, τα ζώα θερμορυθμίζουν παθητικά (**θερμοσυμμορφωτές**) ακολουθώντας τις κλιματικές συνθήκες, ενώ όταν η κλίση είναι μηδέν, τα ζώα εμφάνιζουν ενεργητική θερμορυθμιστική συμπεριφορά (**θερμορυθμιστές**).



# Ακρίβεια θερμορύθμισης

## Σχέση κόστους – ωφέλειας 2/2

- Τα αδύνατα σημεία των Huey και Slatkin είναι ότι δέχονται ως σταθερή την θερμοκρασία σώματος και δεν λαμβάνουν υπόψη την αποτελεσματικότητα της θερμορύθμισης, αν δηλαδή η θερμορυθμιστική συμπεριφορά αξίζει τελικά το κόστος της.
- Το 1993 ο Hertz και οι συνεργάτες του δημοσίευσαν μια νέα μέθοδο υπολογισμού της αποδοτικότητας της θερμορύθμισης, η οποία αποδίδεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$E = 1 - (\text{μέση } db / \text{μέση } de)$$

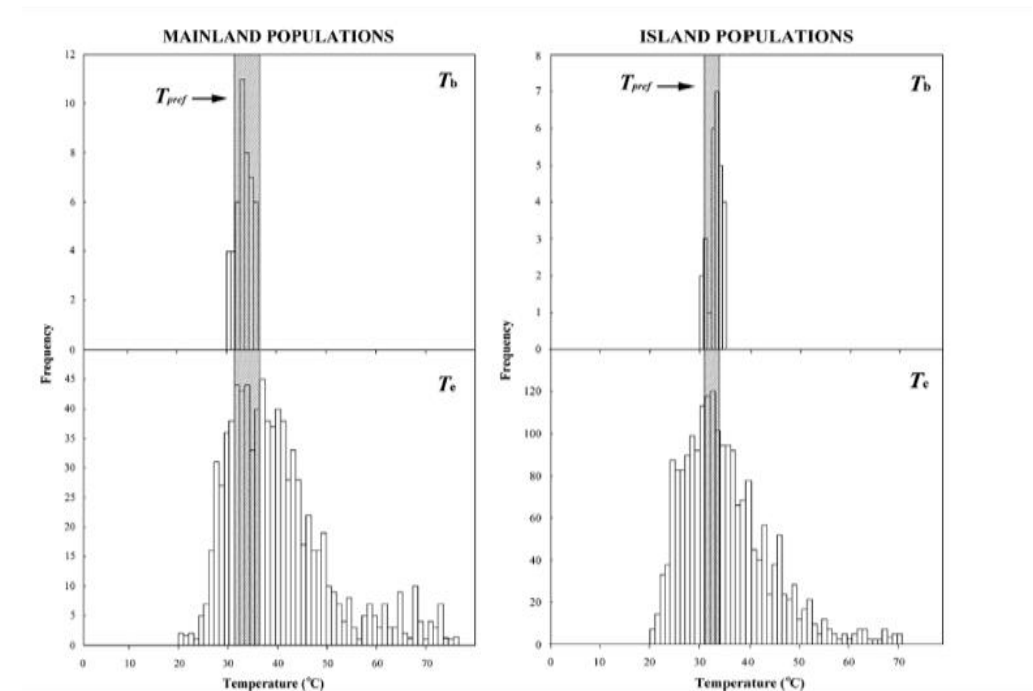
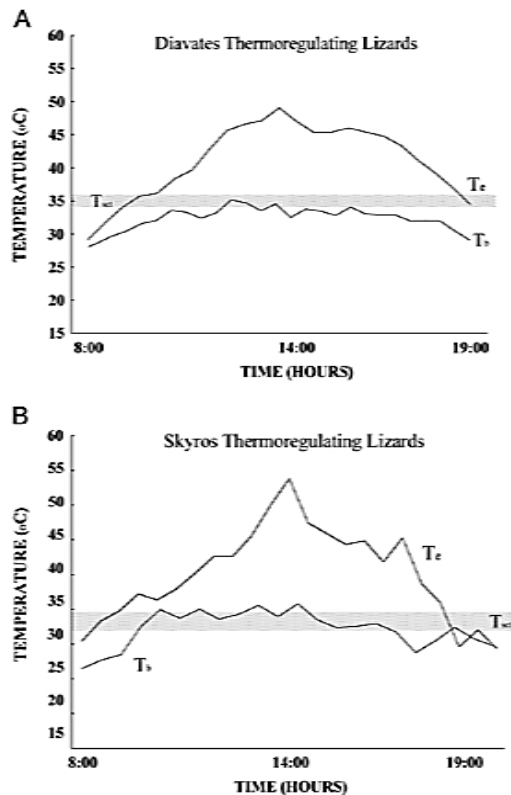
Όπου  $db$  η απόκλιση μεταξύ των θερμοκρασιών σώματος ( $T_b$ ) και του εύρους των θερμοκρασιών ( $T_{set}$ ) και  $de$  η απόκλιση μεταξύ των λειτουργικών θερμοκρασιών ( $T_e$ ) και  $T_{set}$ .

Όταν το  $E$  ισούται με το μηδέν έχουμε τέλεια θερμοσυμμόρφωση, ενώ όταν ισούται με τη μονάδα, το ζώο χαρακτηρίζεται σαν θερμορυθμιστής.



# Θερμορύθμιση

Η αποδοτικότητα της θερμορύθμισης μπορεί να εξαρτάται από την ηλικία, το φύλο, το μέγεθος σώματος ...ή ακόμα και από το νησιωτισμό



24

25





# Θερμορύθμιση στα ενδόθερμα

- Τα περισσότερα θηλαστικά έχουν θερμοκρασία σώματος μεταξύ 36 και 38° C ενώ τα πουλιά μεταξύ 40 και 42° C.
- Η σταθερή θερμοκρασία εγγυάται χάρη σε ένα λειτουργικό ισοζύγιο θερμικών απωλειών και παραγωγής θερμότητας.
- Η θερμότητα παράγεται από το μεταβολισμό των ζώων.
- Γενικά ένα ενδόθερμο θα πρέπει να τρώει περισσότερο από ένα ισομέγεθες εξώθερμο καθότι το μεγαλύτερο μέρος της τροφής δαπανάται στην παραγωγή θερμότητας.
- Η θερμότητα χάνεται με ακτινοβολία, αγωγιμότητα και μεταγωγή καθώς και με την εξάτμιση του νερού.
- Όταν η θερμοκρασία σώματος μειωθεί, το ζώο παράγει θερμότητα αυξάνοντας την μυική δραστηριότητα (ρίγος).



# Προσαρμογές σε θερμά περιβάλλοντα

- Οι θερμοκρασιακές συνθήκες είναι ακραίες (μέρα και νύχτα).
- Τα μικρόσωμα θηλαστικά είναι νυκτόβια ή ορυκτικά.
- Τα πιο μεγαλόσωμα εμφανίζουν ανοιχτά χρώματα τριχώματος, συγκεντρώνουν το λίπος σε έναν μόνο ύβο και εφαρμόζουν τις τεχνικές του λαχανιάσματος και των συμπυκνωμένων απεκκριμάτων.



- Η ψύξη μέσω εξάτμισης εξασφαλίζει ότι η υγρασία της αναπνοής συμπυκνώνεται και απορροφάται στη μύτη κατά την εκπνοή.



# Μορφολογικές προσαρμογές



# Προσαρμογές σε ψυχρά περιβάλλοντα

- Δύο είναι οι κύριοι μηχανισμοί που εφαρμόζονται σε ψυχρά κλίματα:

1. Η μείωση της αγωγιμότητας, και

2. Η αύξηση της παραγωγής θερμότητας

Το πάχος της γούνας αυξάνεται κατά 50% το χειμώνα.

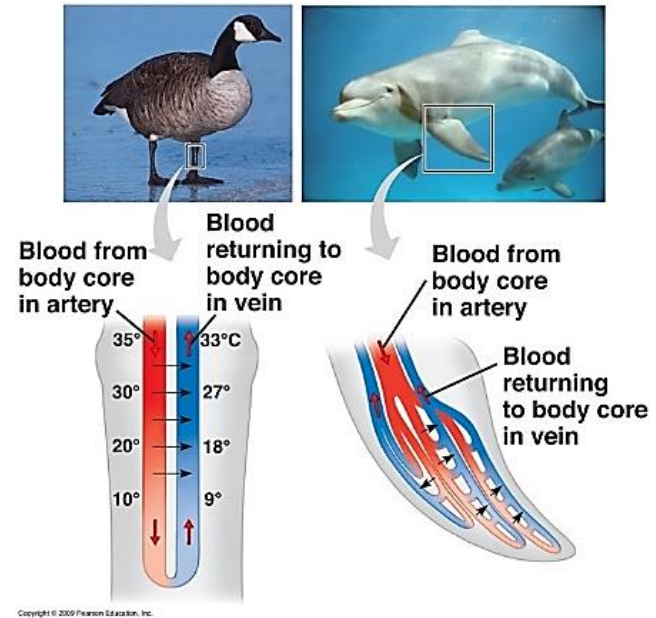
Η παραγωγή θερμότητας αυξάνεται με άσκηση και ρίγος. Χάρη στο ρίγος μπορεί να παραχθεί μέχρι και 18 φορές περισσότερη θερμότητα.

Μια άλλη πηγή θερμότητας είναι η αυξημένη οξείδωση των τροφών όπου καταβολίζονται τα αποθέματα του φαιού λιπώδους ιστού (θερμογένεση χωρίς ρίγος).



# Σύστημα ανταλλαγής θερμότητας αντιθέτου ροής 1/2

- Τα άκρα πολλών ενδοθέρμων έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι θερμικές απώλειες.
- Έχει αναπτυχθεί ένα παράλληλο σύστημα αντίθετης ροής όπου το θερμό αρτηριακό αίμα «πηγαίνει» προς το άκρο μεταφέροντας θερμότητα στο ψυχρό φλεβικό που «επιστρέφει» στο κυρίως σώμα.



- Στα αρκτικά ζώα η θερμοκρασία των πελμάτων είναι ελάχιστα υψηλότερη από το σημείο κατάψυξης και φτάνει κάτω από τους 0° C.

29





# Σύστημα ανταλλαγής θερμότητας αντιθέτου ροής 2/2

- Η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται γύρω στους  $0^{\circ}\text{C}$  ενώ η θερμοκρασία του σώματος στους  $35^{\circ}\text{C}$ . Όταν οι θαλάσσιοι ίπποι βγαίνουν από το νερό, αυξάνουν την ροή του περιφερικού αίματος προκειμένου να ανέβει όσο το δυνατόν ταχύτερα η θερμοκρασία του δέρματος και του σώματος.



- Οι χιονοποντικοί επιλέγουν να ζουν σε λαγύμια κάτω από την επιφάνεια του χιονιού. Στο υπόχιονο περιβάλλον η θερμοκρασία φτάνει στους  $-5^{\circ}\text{C}$  όταν η θερμοκρασία αέρα είναι στους  $-50^{\circ}\text{C}$ .



# Συμπεριφορικές / μορφολογικές προσαρμογές



# Τέλος Ενότητας





# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.



# Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών,  
Παναγιώτης Παφίλης, Επίκουρος Καθηγητής. «Ζωολογία II. Ενότητα 3.  
Ομοίσταση». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή  
διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/BIOL1/>.



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. 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».



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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

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



# 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

## Χρήσης Έργων Τρίτων (1/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

### Εικόνες

- **Εικόνα 1.** Copyright © 2013 · FAMOUSBIOLOGISTS.ORG · ALL RIGHTS RESERVED. Σύνδεσμος: <http://famousbiologists.org/claude-bernard/>. Πηγή: <http://famousbiologists.org>.
- **Εικόνα 2.** Copyright © 2015 Bio and the Bio logo are registered trademarks of A&E Television Networks, LLC. Say Entertainment. Σύνδεσμος: <http://www.biography.com/people/walter-b-cannon-38860>. Πηγή: <http://www.biography.com>.
- **Εικόνα 3.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Hickman, Roberts, Keen, Larson, I'Anson, Eisenhour. Ζωολογία Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. 14η Αμερικανική – 2η Ελληνική Έκδοση.
- **Εικόνα 4.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Hickman, Roberts, Keen, Larson, I'Anson, Eisenhour. Ζωολογία Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. 14η Αμερικανική – 2η Ελληνική Έκδοση.
- **Εικόνα 5.** Copyright The University of Utah Scientific Computing and Imaging Institute. Σύνδεσμος: <http://www.sci.utah.edu/~macleod/bioen/be6000/labnotes/l2-frog/l2-frog>. Πηγή: <http://www.sci.utah.edu/>.
- **Εικόνα 6.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Hickman, Roberts, Keen, Larson, I'Anson, Eisenhour. Ζωολογία Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. 14η Αμερικανική – 2η Ελληνική Έκδοση.



# Σημείωμα

## Χρήσης Έργων Τρίτων (2/6)

- **Εικόνα 7.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Hickman, Roberts, Keen, Larson, I'Anson, Eisenhour. Ζωολογία Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. 14η Αμερικανική – 2η Ελληνική Έκδοση.
- **Εικόνα 8.** Copyright © Mediasoup S.A. - All Rights Reserved. Σύνδεσμος: [http://www.mediasoup.gr/node/23270#.VaT\\_9fmqqko](http://www.mediasoup.gr/node/23270#.VaT_9fmqqko). Πηγή: <http://www.mediasoup.gr>.
- **Εικόνα 9.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Hickman, Roberts, Keen, Larson, I'Anson, Eisenhour. Ζωολογία Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. 14η Αμερικανική – 2η Ελληνική Έκδοση.
- **Εικόνα 10.** Copyright © 2015 The Nature Conservancy Σύνδεσμος: <http://www.nature.org/ourinitiatives/regions/northamerica/unitedstates/california/explore/counting-rats-from-space.xml> Πηγή: <http://www.nature.org>.
- **Εικόνα 11.** Copyright © 2002-2015, The Regents of the University of Michigan. All rights reserved. Σύνδεσμος: [http://www.biokids.umich.edu/guides/tracks\\_and\\_sign/leavebehind/scat/](http://www.biokids.umich.edu/guides/tracks_and_sign/leavebehind/scat/). Πηγή: <http://www.biokids.umich.edu> .
- **Εικόνα 12.** Σύνδεσμος: <http://pinstake.com/sea-turtles-excrete-salt-absorbed-in-sea-water-from-their-eyes-which/>. Πηγή: <http://pinstake.com>.
- **Εικόνα 13.** Creative Commons Attribution 2.0. Σύνδεσμος: <http://www.freestockphotos.biz/stockphoto/9717>. Πηγή: <http://www.freestockphotos.biz>.





# Σημείωμα

## Χρήσης Έργων Τρίτων (3/6)

- **Εικόνα 14.** Contributions to <http://alexalex.wikispaces.com/> are licensed under a Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0 License. Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0 License. Σύνδεσμος: <http://alexalex.wikispaces.com/Excretory+System> Πηγή: <http://alexalex.wikispaces.com>.
- **Εικόνα 15.** Copyright ©AllPosters.com. All rights reserved. Σύνδεσμος: [http://www.allposters.com/-sp/Living-Paramecium-Multimicronucleatum-Ciliate-Protozoan-with-Contractile-Vacuoles-Posters\\_i6015024\\_.htm](http://www.allposters.com/-sp/Living-Paramecium-Multimicronucleatum-Ciliate-Protozoan-with-Contractile-Vacuoles-Posters_i6015024_.htm). Πηγή: <http://www.allposters.com>.
- **Εικόνα 16.** Σύνδεσμος: <http://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookEXCRET.html>. Πηγή: Image from Purves et al., Life: The Science of Biology, 4th Edition, by Sinauer Associates ([www.sinauer.com](http://www.sinauer.com)) and WH Freeman ([www.whfreeman.com](http://www.whfreeman.com)), used with permission.
- **Εικόνα 17.** Copyright © 2015 free-stock-illustration.com Inc. All rights reserved. Σύνδεσμος: <http://free-stock-illustration.com/malpighian+tubules+in+arthropods>. Πηγή: <http://free-stock-illustration.com>.
- **Εικόνα 18.** Copyright © 2008 Penguin-Pictures.net All rights reserved. Reproduction in whole or in part in any form or medium without express written permission of Penguin-Pictures.net is prohibited. Σύνδεσμος: [http://www.penguin-pictures.net/rockhopper\\_penguin\\_pictures.html](http://www.penguin-pictures.net/rockhopper_penguin_pictures.html). Πηγή: <http://free-stock-illustration.com>.
- **Εικόνα 19.** Copyright Σύνδεσμος: <http://illvet.se/djur>. Πηγή: <http://illvet.se>.



# Σημείωμα

## Χρήσης Έργων Τρίτων (4/6)

- **Εικόνα 20.** Copyright © 2008-2015 eublepharis.ru Σύνδεσμος: <http://eublepharis.ru/article/rod-phelsuma.html>. Πηγή: <http://eublepharis.ru>.
- **Εικόνα 21 .** The copyright to all material used in this web-site is held by the University of Edinburgh, except where specified otherwise in the text accompanying certain photographs. Σύνδεσμος: <http://www.nhc.ed.ac.uk/index.php?page=493.137.139> Πηγή: <http://www.nhc.ed.ac.uk> .
- **Εικόνα 22.** Adult Male Lava Lizard. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 License. Σύνδεσμος: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Adult\\_Male\\_Lava\\_Lizard.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Adult_Male_Lava_Lizard.jpg). Πηγή: <https://en.wikipedia.org>.
- **Εικόνα 23.** This database is maintained by Peter Uetz (database content) and Jakob Hallermann, Zoological Museum Hamburg (new species and updates). Web pages and scripting Jiri Hosek. Σύνδεσμος: <http://reptile-database.reptarium.cz/species?genus=Tropidurus&species=itambere>. Πηγή: <http://reptile-database.reptarium.cz>.
- **Εικόνα 24.** Copyrighted.
- **Εικόνα 25.** Copyrighted.



# Σημείωμα

## Χρήσης Έργων Τρίτων (5/6)

- **Εικόνα 26.** Σύνδεσμος:  
<http://perierga.gr/2011/06/%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CF%81%CE%AD%CF%86%CE%B5%CE%B9-%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%BF-%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BB%CE%BF%CF%82-%CE%B5%CE%BE%CE%B1%CF%86%CE%AC%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82/>. Πηγή:  
tanea.gr.
- **Εικόνα 27.** Σύνδεσμος: <http://welovepetsq8.com/2012/04/12/difference-between-rabbits-and-hares-jackrabbit/>. Πηγή: <http://welovepetsq8.com>.
- **Εικόνα 28.** Fennec Fox. Σύνδεσμος: [http://www.24wro.eu/2014/04/blog-post\\_6082.html](http://www.24wro.eu/2014/04/blog-post_6082.html). Πηγή:  
<http://www.24wro.eu/>.
- **Εικόνα 29.** Copyright LinkedIn Corporation © 2015. Σύνδεσμος:  
[http://www.slideshare.net/n\\_bean1973/digestion-transport-and-excretion](http://www.slideshare.net/n_bean1973/digestion-transport-and-excretion). Πηγή:  
<http://www.slideshare.net>.
- **Εικόνα 30.** Copyright © 2013-2015 - Listas de 20minutos.es Σύνδεσμος:  
<http://listas.20minutos.es/lista/mamiferos-acuaticos-343341/>. Πηγή: <http://listas.20minutos.es>.
- **Εικόνα 31.** Copyright <http://www.documentingreality.com/forum/f241/mice-ice-117906/>  
Σύνδεσμος: <http://www.documentingreality.com/forum/f241/mice-ice-117906/>. Πηγή:  
<http://www.documentingreality.com>.



# Σημείωμα

## Χρήσης Έργων Τρίτων (6/6)

- **Εικόνα 32.** Copyright© 2015 SuperStock. All Rights Reserved. Σύνδεσμος: <https://www.superstock.com/search/Xerus%20inauris>. Πηγή: <https://www.superstock.com>.
- **Εικόνα 33.** Copyright © 2015 - Livingly Media, Inc. Σύνδεσμος: [http://www.zimbio.com/pictures/ATCc1wOoB\\_L/Japanese+Macaque+Monkeys+Relax+Hot+Springs](http://www.zimbio.com/pictures/ATCc1wOoB_L/Japanese+Macaque+Monkeys+Relax+Hot+Springs). Πηγή: <http://www.zimbio.com>.
- **Εικόνα 34.** © Copyright 2013 - BizarBin.com. Σύνδεσμος: <http://www.bizarbin.com/bizarre-animals/>. Πηγή: <http://www.bizarbin.com>.
- **Εικόνα 35.** Σύνδεσμος: <http://masterok.livejournal.com/1277727.html> Πηγή: <http://masterok.livejournal.com> .

