



# Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών

## Ενότητα 6: Οι Κυρίαρχοι του Αέρα

Δημήτριος Κωστόπουλος  
Αναπληρωτής Καθηγητής Γεωλογίας, Α.Π.Θ



# 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 παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.





# Οι κυρίαρχοι του αέρα



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Περιεχόμενα ενότητας

- *Η ανάπτυξη του πτερώματος*
- *Μανιράπτορες-Τροοδοντίδες-Πτηνά*
- *Αρχαιοπτέρυγα η λιθογραφική*
- *Θεωρίες πτήσης*
- *Εναντιόρνιαθες & Ορνιθούρες*
- *Η Μαζική Εξαφάνιση του Κρητιδικού*



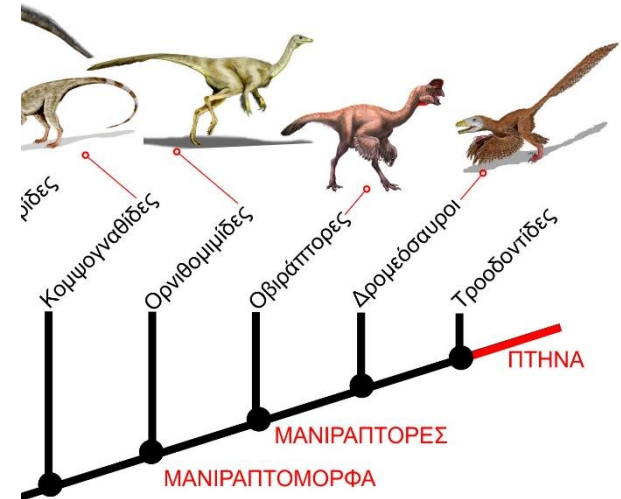
# Σκοποί ενότητας

- Η διερεύνηση της σχέσης φτερά-πτέρωμα-πτήση και των θεωριών που τη συνοδεύουν
- Η αναγνώριση της βασικής φυλογένεσης των πτηνών με ειδική έμφαση στην Αρχαιοπτέρυγα
- Η μελέτη των βασικών αντιπροσώπων των πτηνών πριν και μετά τη Μαζική Εξαφάνιση του Κρητιδικού



# Φτερά & Πτέρωμα 1

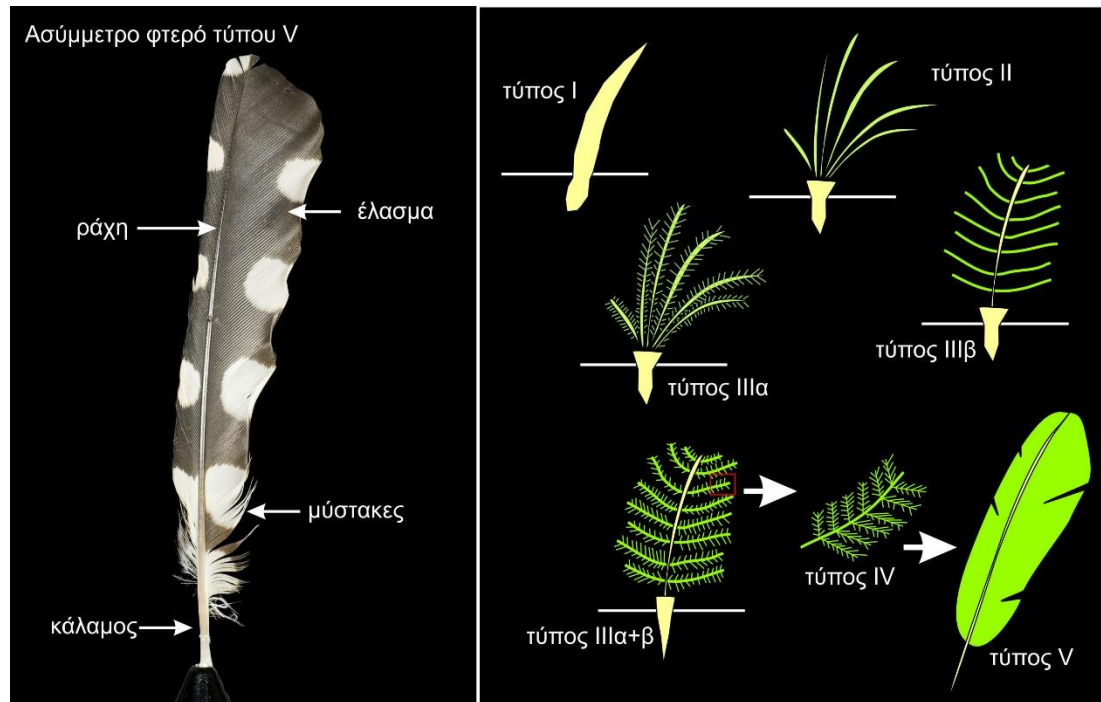
- Σε αντίθεση με όλες τις άλλες ιπτάμενες μορφές οργανισμών (που φέρουν μεμβράνες ή υμενώδεις πτέρυγες), το πτέρωμα (ένα κάλυμμα δηλαδή από φτερά) θεωρούνταν για σχεδόν 2 αιώνες αποκλειστικό χαρακτηριστικό των πτηνών.
- Νεότερες ανακαλύψεις των τελευταίων δύο δεκαετιών κυρίως από την Κίνα και Μογγολία έδειξαν εντούτοις ότι πτέρωμα διέθεταν πολλές μορφές μη-ιπτάμενων σαρκοφάγων μανιραπτόρων δεινοσαύρων όπως οι οβιράπτορες, οι δρομεόσαυροι, ακόμη και κάποιοι γιγάντιοι τυραννόσαυροι.



Εικ. 1. Φυλογένεση Μανιραπτόρων

# Φτερά & Πτέρωμα 2

- Απλά φτερά τύπου I φαίνεται ότι κάλυπταν το σώμα των περισσότερων μορφών μανιραπτόρων.

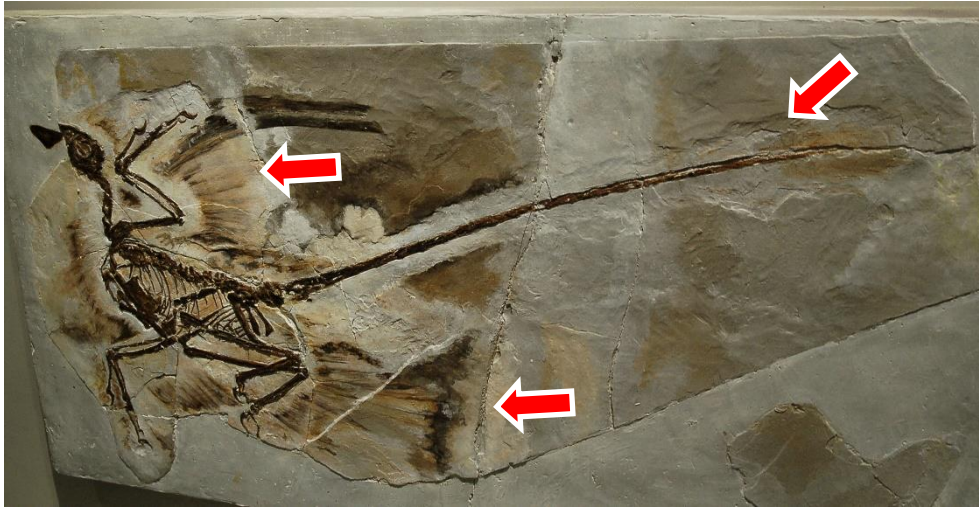


Εικ. 2. Ανατομία φτερού και είδη



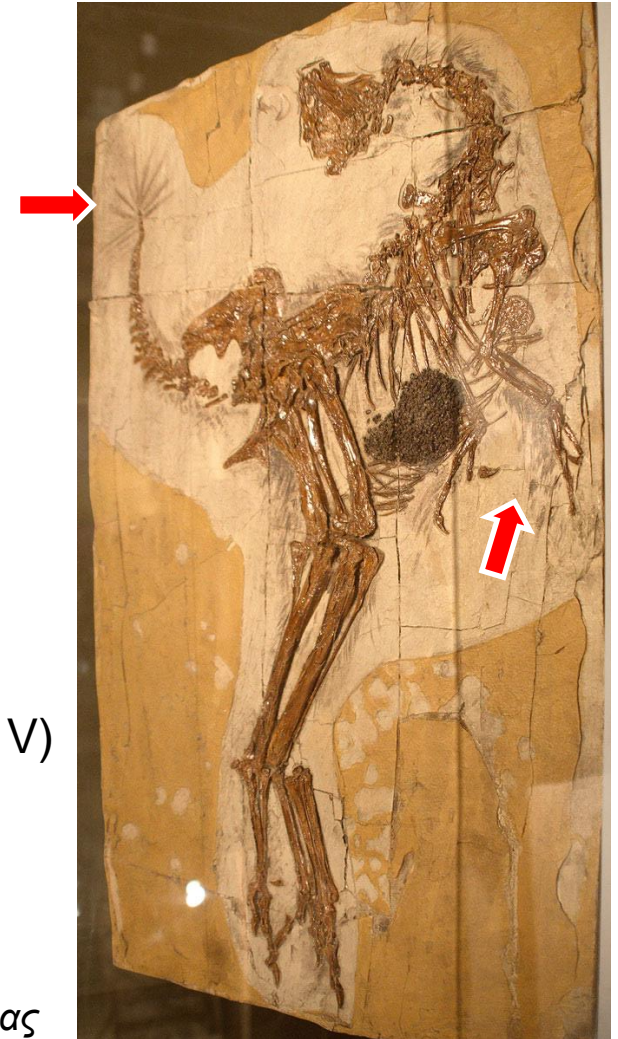


# Φτερωτοί Δεινόσαυροι 1



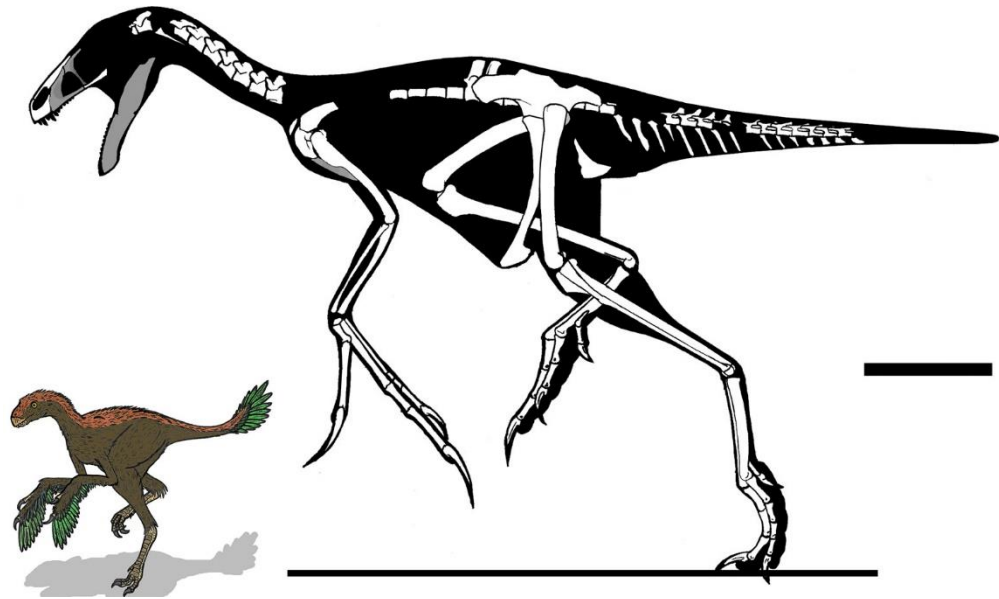
*Εικ. 3. Μικροράπτορας*

Αντίθετα, η ανάπτυξη σύνθετου πτερώματος (τύπου IV, V) εστιάζεται στην περιοχή των εμπρόσθιων άκρων και της ουράς



*Εικ. 4. Οβιράπτορας*

# Φτερωτοί Δεινόσαυροι 2



**Εικ. 5.** *Protarchaeopteryx*

Στην *Protarchaeopteryx* του Κ. Κρητιδικό (124.5 My) της Κίνας, έναν μικρόσωμο δρομεόσαυρο συναντάμε επιπλέον «κούφια» οστά, καλά ανεπτυγμένο δικράνιο οστό (γιάντες) και συμμετρικά φτερά (όπως των στρουθοκάμηλων)



# Διαπιστώσεις & Ερωτήματα

- Η ανάπτυξη πτερώματος δεν αφορά αποκλειστικά τα πτηνά αλλά εκτείνεται ευρύτερα και βαθύτερα εντός των δεινοσαύριων.
- Η ανάπτυξη πτερώματος δεν σχετίζεται με το μικρό μέγεθος, καθώς έχουν βρεθεί και μεγαλόσωμες μορφές δρομεόσαυρων ή άλλων δεινοσαύρων με πλήρες πτέρωμα.

Ποια είναι, λοιπόν, η συνθήκη που οδήγησε χερσαία σαρκοφάγα ερπετά να αναπτύξουν φτερά και πτέρωμα καθώς η πτήση δεν φαίνεται να αποτελεί τον πρωταρχικό στόχο;



# Υποθέσεις

- Η εμφάνιση του πτερώματος ίσως αποτελεί μία επιπλέον προσαρμογή για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος σε σταθερά επίπεδα
- Το πτέρωμα ίσως σχετίζεται με *επιδεικτική λειτουργία* (display function) είτε ως μέσο καμουφλάζ είτε για να επιδειχθούν κατά τη διαδικασία του ζευγαρώματος ή για να απωθήσουν από τον χώρο επικράτειάς τους άλλα αρσενικά άτομα ή ανταγωνιστικά είδη.

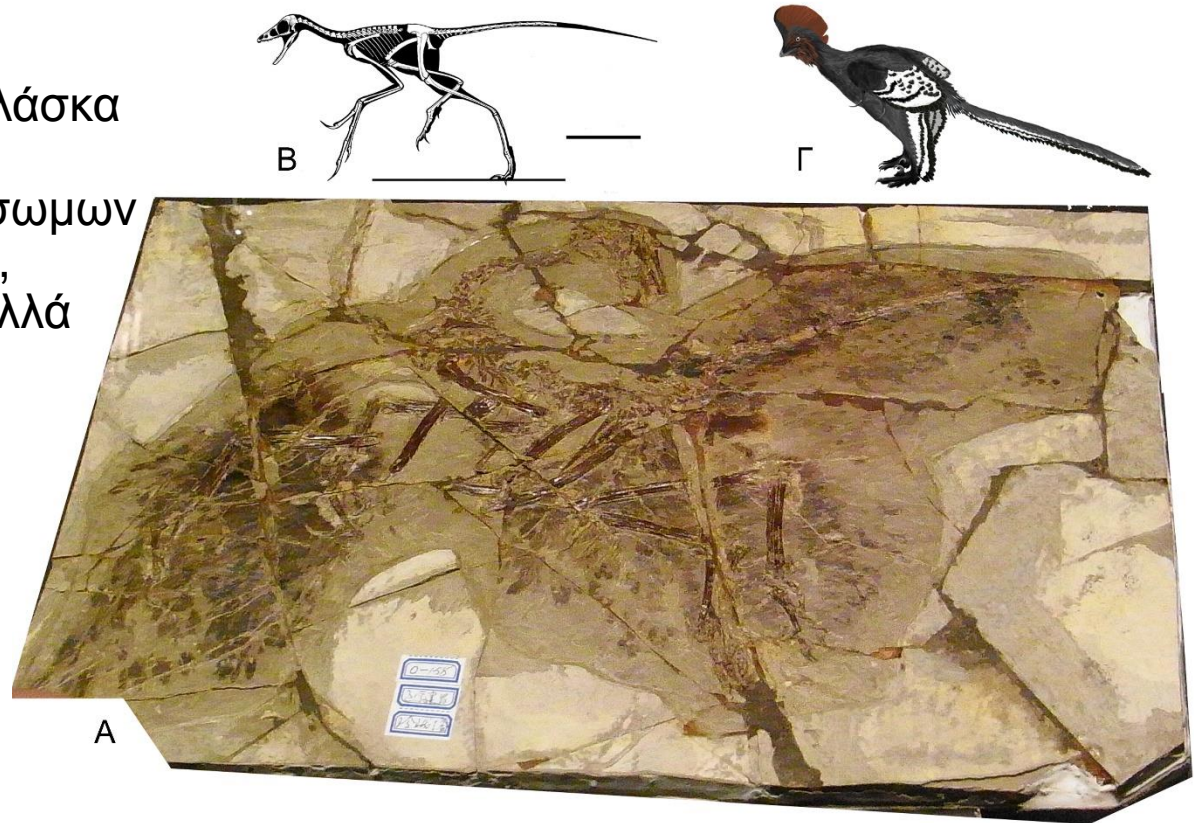


**Εικ. 6.** *Επιδεικτική λειτουργία πτερώματος σε σύγχρονα πτηνά*



# Τροοδοντίδες

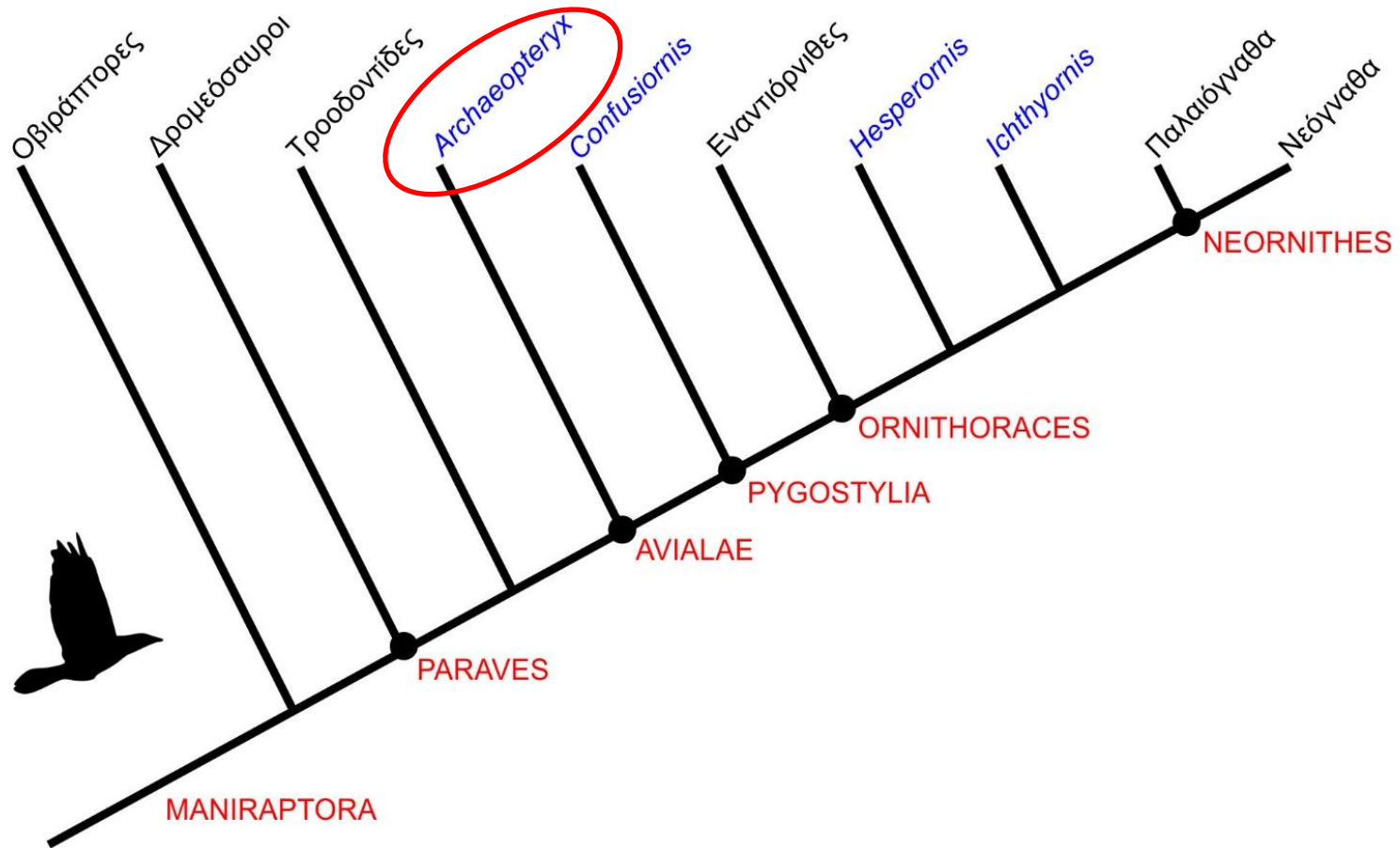
Νεότερα ευρήματα από την Αλάσκα το Τέξας και κυρίως την Κίνα δείχνουν ότι μία ομάδα μικρόσωμων πτηνόμορφων μανιραπτόρων, οι **Τροοδοντίδες** φέρει ήδη πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τα Πτηνά (AVES) και θεωρείται πλέον η αδελφή τους ομάδα.



**Εικ. 7.** *Anchiornis* (0,5 m) από το Άνω Ιουρασικό (~161 Ma) της Κίνας



# Φυλογένεση των Πτηνών



Εικ. 8. Βασική φυλογένεση των Πτηνών



# Αρχαιοπτέρυγα 1

Η *Archaeopteryx lithographica* από Solnhofen Γερμανία -Ανω Ιουρασικό (~150 Ma) αντιπροσωπεύει την πιο εμβληματική μορφή που συνδέει δεινόσαυρους με πτηνά.

Γνωστή μόνο από 11 δείγματα, όλα από την ίδια περιοχή. Ένα δωδέκατο δείγμα ανακαλύφθηκε μόλις το 2014 αλλά δεν έχει ακόμη δημοσιευθεί.

Το όνομά της οφείλεται στα συμπιεστικά αποτυπώματα φτερών- τότε τα πιο παλιά γνωστά (Αρχαία φτερά) και από το γεγονός ότι οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι στους οποίους βρέθηκε χρησιμοποιούνταν στην λιθογραφία

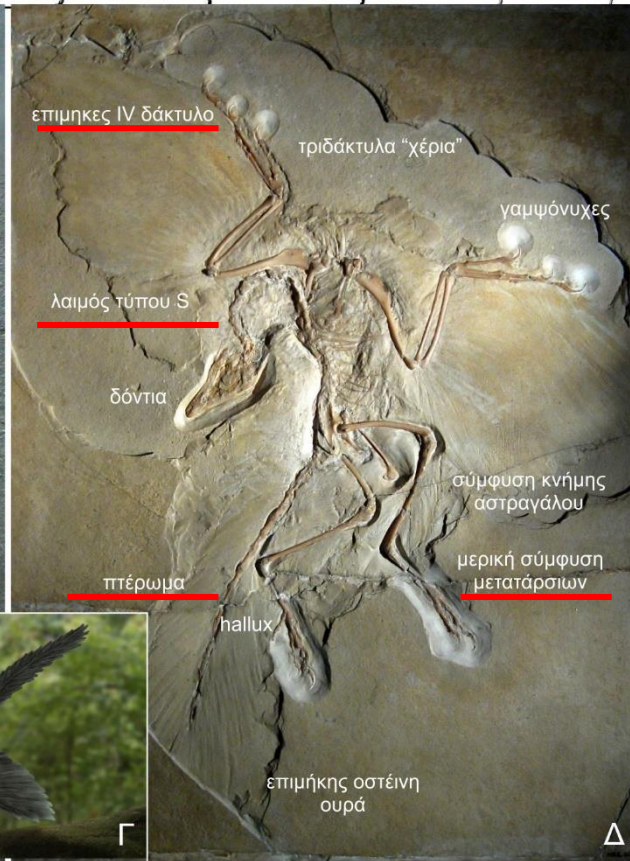
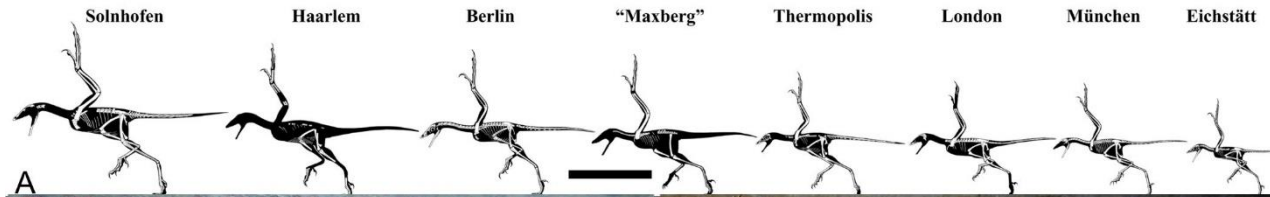


**Εικ. 9.** το πρώτο εύρημα Αρχαιοπτέρυγας

1860



# Αρχαιοπτέρυγα 2



**Χαρακτήρες Δεινόσαυρου**  
 Τριδάκτυλα «χέρια»  
 Δόντια  
 Ουρά  
 Νύχια  
 Προς τα πίσω ισχίο

**Χαρακτήρες Πτηνού**  
 Επιμήκη δείκτη  
 Γιάντες  
 Όχι μεγάλο στέρνο  
 Αλλά με μικρή καρίνα  
 Φτερά  
 Λαιμός "S"  
 Μερική σύμφυση Mt  
 Αντιστικτό πίσω δάκτυλο  
 Κενά οστά

**Εικ. 10. Αρχαιοπτέρυγα**



# Αρχαιοπτέρυγα 3

Η απουσία ανεπτυγμένου οστέινου στέρνου για την πρόσφυση των θωρακικών μυών δείχνει ότι η Αρχαιοπτέρυγα δεν είχε ακόμη ικανότητα πλήρους πτήσης. Εντούτοις τα φτερά της είναι ασύμμετρα όπως στα σύγχρονα «πτητικά» πτηνά. Πιθανώς ήταν ικανή για άλματα μερικών μέτρων και ίσως ήταν ήδη προσαρμοσμένη σε δενδρόβια διαβίωση.



# Θεωρίες Πτήσης

Υπάρχουν 3 βασικές θεωρίες για το πώς αναπτύχθηκε η ικανότητα πτήσης:

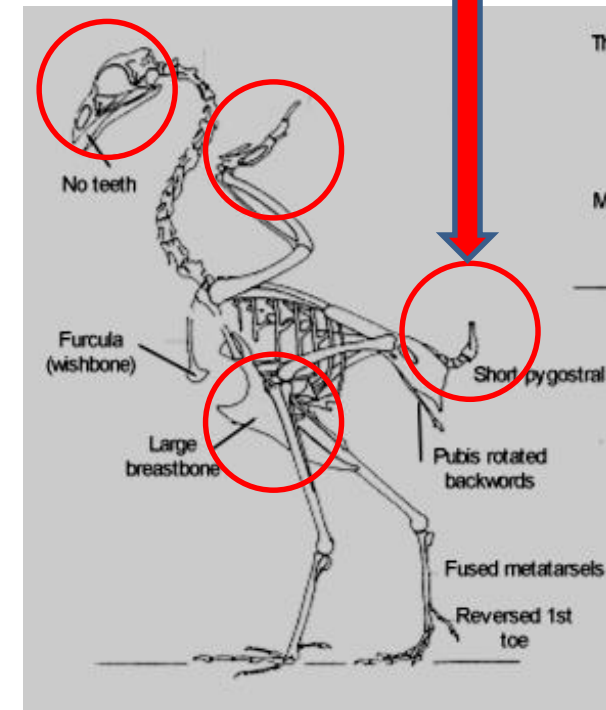
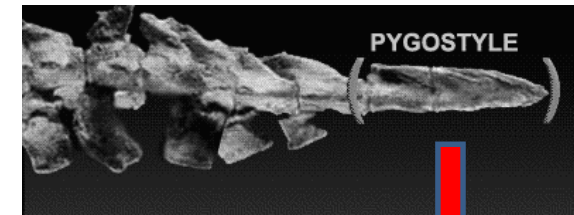
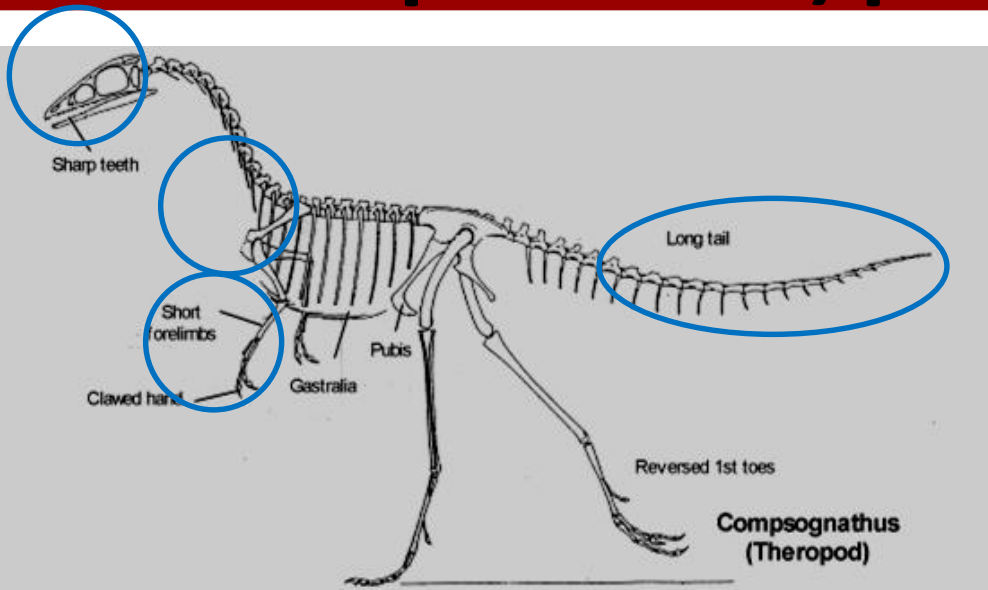
**Arboreal:** προσαρμογή σε δενδρώδη διαβίωση – μικρά άλματα – ενίσχυση θωρακικού συστήματος μυών (υπερκορακοειδές σύστημα)– μεγαλύτερα άλματα με μετεώριση -πτήση

**Cursorial:** η ταχύτητα των μικρόσωμων φτερωτών δρομεόσαυρων σε συνδυασμό με την κίνηση των μπράτσων και την σταδιακή ενίσχυση των θωρακικών μυών οδήγησε στην πτήση

**Display:** η επιτόπια κίνηση των φτερωτών μπράτσων κατά την επιδεικτική διαδικασία ζευγαρώματος ή σε μάχες μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους (π.χ. αρσενικά) ή σε επιθέσεις εναντίον εχθρικών ειδών πιθανώς επέτρεπε στα είδη αρχικά να υπερίπτανται και με την σταδιακή ενίσχυση των θωρακικών μυών να προκύψει η πτήση.



# Διαφορές Πτηνού-Δεινόσαυρου και η ανάπτυξη της Πυγοστήλης

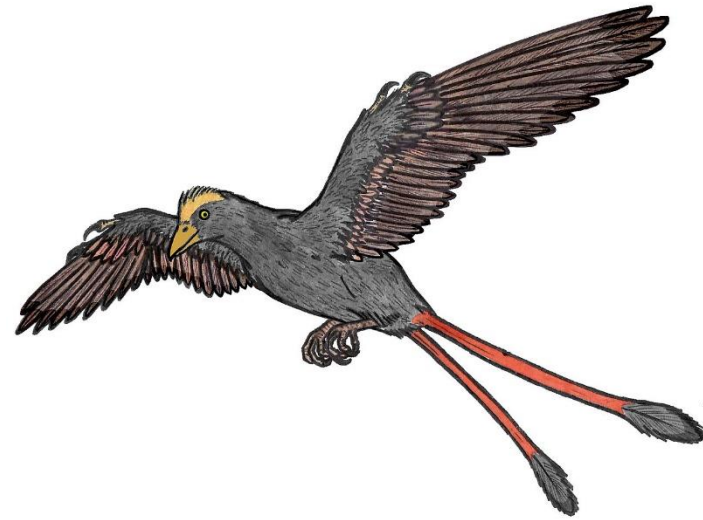


Εικ. 11. Σύγκριση πτηνών-δεινοσαύρων



# Τα Πυγοστήλια & ο Confusiornis

Απουσία οστεώδους ουράς- Πυγοστήλη  
Οστεώδες αλλά μικρό στέρνο  
Απουσία δοντιών  
Ράμφος (ακίνητο)  
Καρπομετακαρπικό σύμπλεγμα  
Διατήρηση νυχιών εμπρός

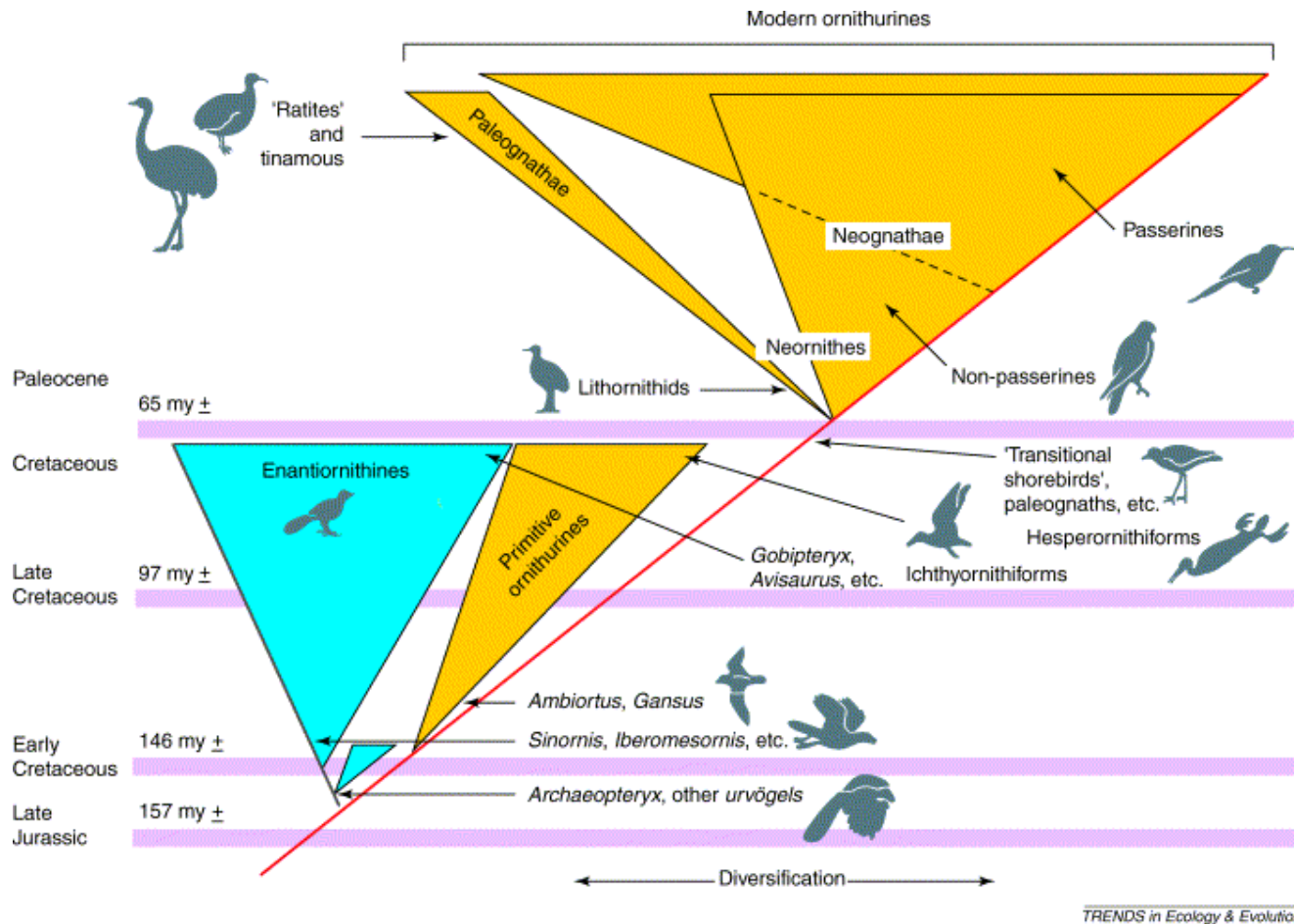


**Εικ. 12.** Αναπαράσταση



**Εικ. 13.** *Confusiornis*

# τα Πτηνά του Ανω Κρητιδικού



Εικ. 14. Χρονική κατανομή βασικών ομάδων Πτηνών

# Εναντιόρνοιθες

## Enantiornithes, Κρητιδικό

- Ανάποδη άρθρωση Ωμοπλάτης-Κορακοειδούς απ' ότι στα υπόλοιπα πτηνά,
- διατήρηση δοντιών και νυχιών,
- ατελής σύμφυση μεταταρσικών οστών



**Εικ. 16.** *Iberomesornis*, Las Hoyas, Ισπανία  
(αναπαράσταση)

## *Iberomesornis*

A. Κρητιδικό Ισπανίας  
Πυγαστήλη  
Κορακοειδές  
HALLUX

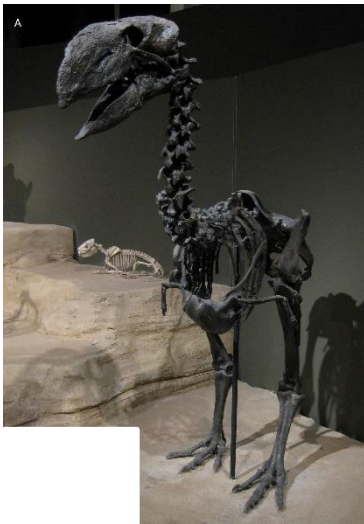


**Εικ. 15.** *Liaoxiornis*



# Ορνιθούρες (σύγχρονα πτηνά) 1

- Ουρά βραχύτερη του μηρού
- Πυγαστήλη αποτελούμενη από  $<6$  σπονδύλους συνοστεωμένους στα ενήλικα και βραχύτερη απ' ότι το ελεύθερο μέρος της ουράς που αποτελείται από  $<8$  σπονδύλους



**Εικ. 18.** Διάτρυμα

## Neognathae

10000 είδη 140 οικογένειες  
Συνοστεωμένα μεταταρσικά,  
επιμήκης 3<sup>ο</sup> δάκτυλο και  $<13$   
σπονδύλους



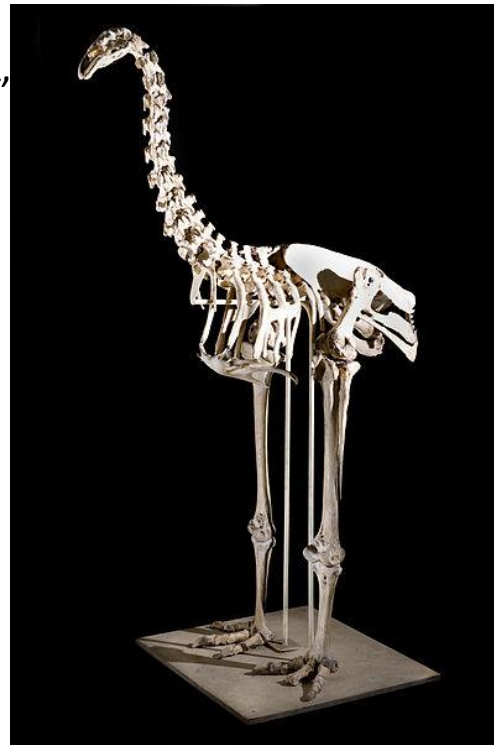
**Εικ. 17.** *Argentavis* (αναπαράσταση)

# Ορνιθούρες (σύγχρονα πτηνά) 2

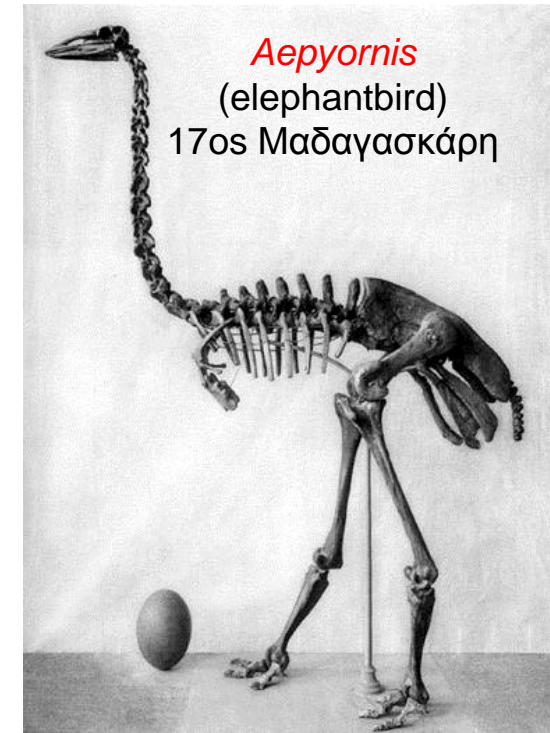
## Palaeognathae

Χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες (πιο ερπετόμορφες) δομές στην άνω γνάθο και το κρανίο

Παρότι μορφές του Β. Ημισφαιρίου διατηρούν την ικανότητα πτήσης, εκείνες του Νότιου (Στρουθοκάμηλοι, Kiwis, Emu, Rheas) τη χάνουν.



**Εικ. 19.** *Dinornis*



**Εικ. 20.** Πουλί «Ελέφαντας»





# Κ-Τ Μαζική Εξαφάνιση

## Ομάδες που πλήγηκαν

Πτεροσαύρια (1οικογένεια)  
Εναντιόρνια  
Εσπερόρνια  
Non-avian δεινόσαυροι

## Επιβιώσαντες

Χελώνες  
Λεπιδοσαύρια  
5 στα 5 κροκοδειλόμορφα  
παλαιόρνια/νεόρνια

Η εξαφάνιση των σαρκοφάγων δεινοσαύρων οδήγησε πιθανώς κάποια πτηνά να επιστρέψουν στο έδαφος (χάσιμο ικανότητας πτήσης) και να αναλάβουν εκείνα το ρόλο των μεγάλων χερσαίων θηρευτών



# Σύνοψη

Μία ομάδα σαρκοφάγων Θηριόποδων, τα δίποδα Μανιράπτορα θα αναπτύξει πτέρωμα ως απάντηση σε επιδεικτικούς μηχανισμούς.

Μέσα από τους Μανιράπτορες μία μικρόσωμη ομάδα με πτέρωμα οι Τροοδοντίδες, θα αναπτύξει πτηνόμορφα χαρακτηριστικά οδηγώντας στα πρώτα ερπετόμορφα πτηνά όπως η Αρχαιοπτέρυγα του Α. Ιουρασικού η οποία σηματοδοτεί και την έναρξη του κλάδου των Πτηνών

Στο Κρητιδικό θα κυριαρχήσουν τα Εναντιόμορφα Πτηνά, ενώ μετά την Κ/Τ εξαφάνιση θα επικρατήσουν τα Παλαιόγναθα και τα Νεόγναθα πτηνά με πάνω από 10000 σύγχρονα είδη.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
- Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες
- Εικόνα 1: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η Εξέλιξη του Εμβιου Κόσμου: Χορδωτά, ΣΕΑΒ (με τους περιορισμούς και δάνεια που αναφέρονται εκεί)
- Εικόνα 2: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η Εξέλιξη του Εμβιου Κόσμου: Χορδωτά, ΣΕΑΒ (με τους περιορισμούς και δάνεια που αναφέρονται εκεί)
- Εικόνα 3: Copyright, [https://simple.wikipedia.org/wiki/Microraptor#/media/File:Microraptor\\_fossil1.JPG](https://simple.wikipedia.org/wiki/Microraptor#/media/File:Microraptor_fossil1.JPG)
- Εικόνα 4: Copyright, [https://en.wikipedia.org/wiki/Feathered\\_dinosaur#/media/File:Caudipteryx\\_fossil.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Feathered_dinosaur#/media/File:Caudipteryx_fossil.jpg)
- Εικόνα 5: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η Εξέλιξη του Εμβιου Κόσμου: Χορδωτά, ΣΕΑΒ (με τους περιορισμούς και δάνεια που αναφέρονται εκεί)
- Εικόνα 6: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η Εξέλιξη του Εμβιου Κόσμου: Χορδωτά, ΣΕΑΒ (με τους περιορισμούς και δάνεια που αναφέρονται εκεί)
- Εικόνα 7: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η Εξέλιξη του Εμβιου Κόσμου: Χορδωτά, ΣΕΑΒ (με τους περιορισμούς και δάνεια που αναφέρονται εκεί)
- Εικόνα 8: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η Εξέλιξη του Εμβιου Κόσμου: Χορδωτά, ΣΕΑΒ (με τους περιορισμούς και δάνεια που αναφέρονται εκεί)
- Εικόνα 9: Copyright, [https://en.wikipedia.org/wiki/Archaeopteryx#/media/File:Archaeopteryx\\_%28Feather%29.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Archaeopteryx#/media/File:Archaeopteryx_%28Feather%29.jpg)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
- Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες
- Εικόνα 10: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η Εξέλιξη του Εμβιου Κόσμου: Χορδωτά, ΣΕΑΒ (με τους περιορισμούς και δάνεια που αναφέρονται εκεί)
- Εικόνα 11: Copyright, <https://christinereen.wordpress.com/2011/11/23/theropod-dinos-and-thanksgiving>
- Εικόνα 12: Copyright, [https://en.wikipedia.org/wiki/Changchengornis#/media/File:Changchengornis\\_550\\_CER.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Changchengornis#/media/File:Changchengornis_550_CER.JPG)
- Εικόνα 13: Κωστόπουλος & Κουφός 2015, Η Εξέλιξη του Εμβιου Κόσμου: Χορδωτά, ΣΕΑΒ (με τους περιορισμούς και δάνεια που αναφέρονται εκεί)
- Εικόνα 14: Copyright, 2003 A. Feduccia. “Big-bang” for tertiary birds?, Trends in Ecology and Evolution 18(4), 172-176.
- Εικόνα 15: Copyright, [https://de.wikipedia.org/wiki/Liaoxiornis#/media/File:Liaoxiornis\\_delicatus\\_-\\_Liaoning,\\_China.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Liaoxiornis#/media/File:Liaoxiornis_delicatus_-_Liaoning,_China.JPG)
- Εικόνα 16: Copyright, <https://de.wikipedia.org/wiki/Iberomesornis#/media/File:Iberomesornis-modelB.jpg>
- Εικόνα 17: Copyright, [https://en.wikipedia.org/wiki/Argentavis#/media/File:Argentavis\\_magnificens.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Argentavis#/media/File:Argentavis_magnificens.JPG)
- Εικόνα 18: Copyright, [https://en.wikipedia.org/wiki/Archaeopteryx#/media/File:Archaeopteryx\\_%28Feather%29.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Archaeopteryx#/media/File:Archaeopteryx_%28Feather%29.jpg)
- Εικόνα 19: Copyright, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dinornis\\_robustus,\\_South\\_Island\\_Giant\\_Moa\\_-\\_three\\_quarter\\_view\\_on\\_black\\_YORYM\\_2004\\_20.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dinornis_robustus,_South_Island_Giant_Moa_-_three_quarter_view_on_black_YORYM_2004_20.jpg)
- Εικόνα 20: Copyright, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aepyornis\\_maximus.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aepyornis_maximus.jpg)



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Δημήτριος Κωστόπουλος. «Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών. Ο Αιώνας των Ερπετών». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS400/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [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».



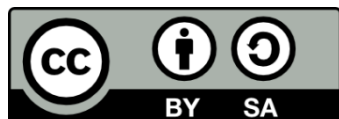
Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

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





# Τέλος ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **X.YZ**.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση **X1.Y1Z1** διαθέσιμη εδώ. (Συνδέστε στο «εδώ» τον υπερσύνδεσμο).
- Έκδοση **X2.Y2Z2** διαθέσιμη εδώ. (Συνδέστε στο «εδώ» τον υπερσύνδεσμο).
- Έκδοση **X3.Y3Z3** διαθέσιμη εδώ. (Συνδέστε στο «εδώ» τον υπερσύνδεσμο).



# 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.

