



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΑΝΟΙΚΤΑ** ακαδημαϊκά  
μαθήματα **ΠΠ**

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ - ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

ΕΝΟΤΗΤΑ: **2. Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ**

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών  
Πόρων

ΑΓΡΙΝΙΟ

# 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 Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

Επίκουρος Καθηγήτρια

του Τμήματος Διαχείρισης

Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων

 2641074156

 [afotiadi@upatras.gr](mailto:afotiadi@upatras.gr)

# Η Γη



Πηγή:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth\\_Eastern\\_Hemisphere.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth_Eastern_Hemisphere.jpg)

**Διάμετρος:** 12 757 km

**Μέση απόσταση από τον Ήλιο:**

150 000 000 km = 1 a.u.

**Χρόνος περιστροφής γύρω από τον Ήλιο:**

365 days, 5 hours, 48 minutes, 46 seconds

**Χρόνος περιστροφής γύρω από τον αξονά της:**

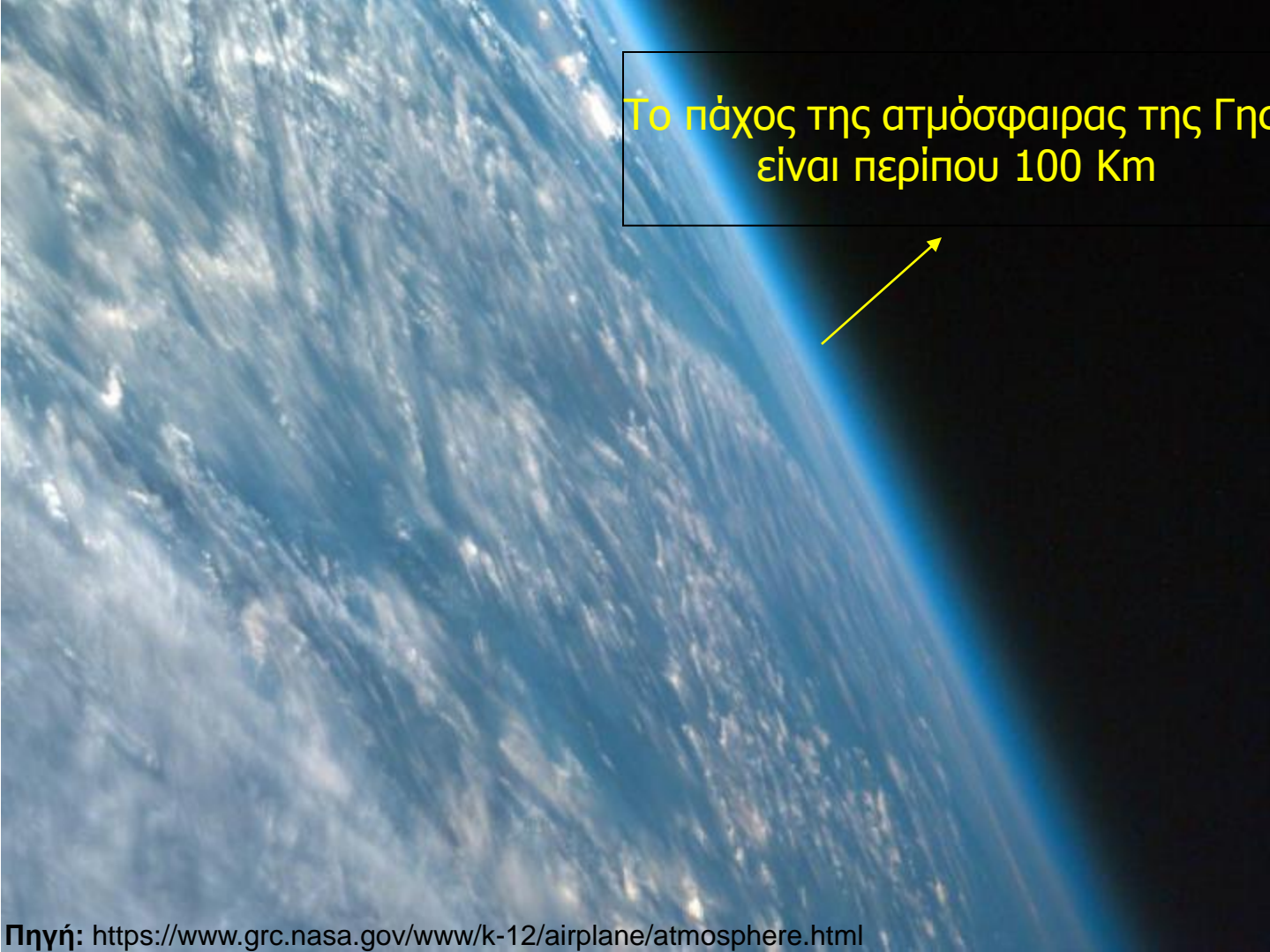
24 hours

**Θερμοκρασία επιφάνειας:**

~ 15 °C (-50 - +50 °C)

**Μέση ταχύτητα περιστροφής:** ~ 1610 km/h

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ



Το πάχος της ατμόσφαιρας της Γης  
είναι περίπου 100 Km

Πηγή: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/atmosphere.html>

**Ορισμός:** Το αεριώδες στρώμα που περιβάλλει την γη. Συγκρατείται λόγω της βαρύτητας και περιστρέφεται με την γη. Η σχετική κίνησή της ως προς την γη, μεταφέρει ενέργεια από περιοχές με πλεόνασμα (τροπικούς) σε περιοχές με έλλειμμα (πόλους)

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

## Χαρακτηριστικά

μάζα =  $10^{-6}$  της μάζας του πλανήτη

πυκνότητα =  $10^{-3}$  της πυκνότητας των πετρωμάτων

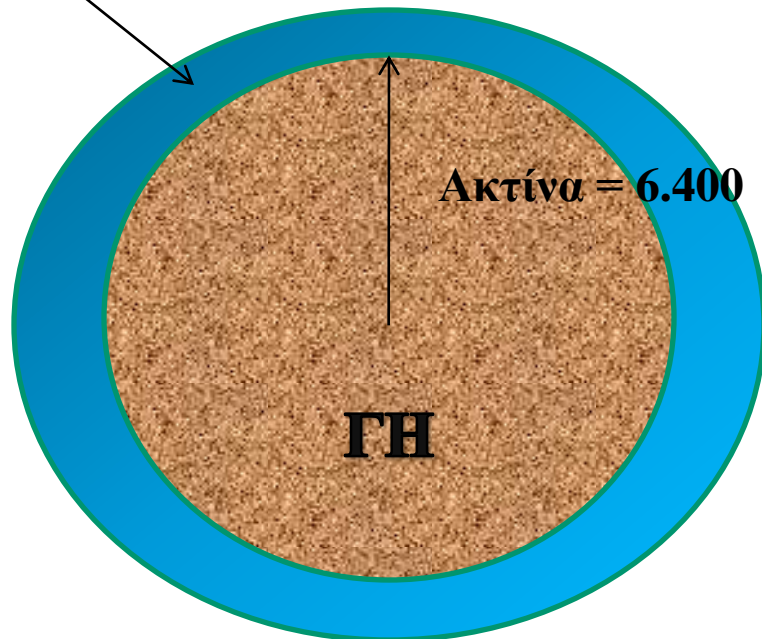
πάχος =  $10^{-1}$  της ακτίνας της γης ( $R_T = 6.367 \text{ km}$ )

Ατμόσφαιρα: Το 99% του αέρα βρίσκεται σε απόσταση λιγότερη των 30 χιλιομέτρων

❑ Το **98%** του ατμοσφαιρικού αέρα βρίσκεται στα πρώτα 30 Km

$30 \text{ km} / 6400 \text{ km} = 0.5\%$  της ακτίνας της Γης

- Τα καιρικά φαινόμενα αλλά και πλήθος άλλων διεργασιών (π.χ. θερμοδυναμικές, φυσικές, χημικές, ...) λαμβάνουν χώρα μέσα σ' αυτό το στρώμα (30 km)
- ενώ στον πυθμένα αυτού του στρώματος ζουν πλήθος οργανισμών



# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ: η εξελεγκτική της πορεία

Πηγή:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/1980\\_eruption\\_of\\_Mount\\_St.\\_Helens](https://en.wikipedia.org/wiki/1980_eruption_of_Mount_St._Helens)



Η **πρωταρχική ατμόσφαιρα της Γης** (4.6 δισεκατομμύρια χρόνια πριν !) δεν είχε καμία ομοιότητα με την σημερινή

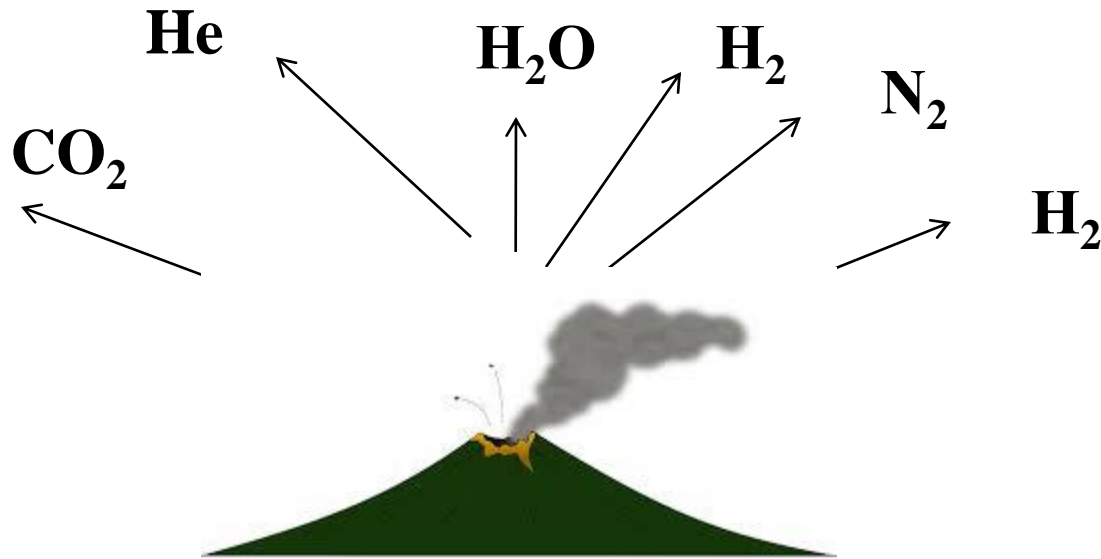
Η Γη ήταν μια σφαιροειδής πυκνή & θερμή μάζα αερίων. Αποτελούνταν κυρίως από **Υδρογόνο (H<sub>2</sub>)** και **Ήλιο (He)**

Τα αέρια αυτά νωρίς στην ιστορία της Γης διέφυγαν στο διάστημα κυρίως γιατί:

- Η βαρύτητα της Γης τότε δεν ήταν αρκετά ισχυρή ώστε να συγκρατήσει τόσο ελαφρά αέρια
- Ο στερεός φλοιός της Γης δεν είχε σχηματιστεί ακόμη ώστε να δημιουργηθεί το μαγνητικό της πεδίο το οποίο εκτρέπει το μαγνητικό πεδίο του Ήλιου, με αποτέλεσμα το δεύτερο να απομακρύνει τα αέρια στον μεσοδιαστημικό χώρο
- Όταν ο στερεός φλοιός σχηματίστηκε συγκρατήθηκαν στο εσωτερικό του τα βαρύτερα στοιχεία



# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ: η εξελεγκτική της πορεία



Πηγή: <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSgiWM2u0HRTfCqvcBQyDxGYd5A6TApqITzzUZkiNyIkNU4voAZ>

Καθώς η Γη ψυχόταν δημιουργήθηκε ο στερεός φλοιός της.

Αέρια τα οποία βρίσκονταν στο εσωτερικό του στερεού φλοιού της Γης άρχισαν να εκλύονται από την επιφάνεια της μέσω ηφαιστειακών εκρήξεων εμπλουτίζοντας την ατμόσφαιρα με αέρια σαν και αυτά που εκλύονται και σήμερα από τα ηφαίστεια:

Υδρατμούς (H<sub>2</sub>O) ~85%, Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ~10%, Άζωτο (N<sub>2</sub>), διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), θείο (S), χλώριο (Cl<sub>2</sub>), αμμωνία (NH<sub>3</sub>), μεθάνιο (CH<sub>4</sub>)



## Δεύτερη Ατμόσφαιρα της Γης

- Η ατμόσφαιρα ακόμη **δεν περιέχει** ελεύθερο οξυγόνο (O<sub>2</sub>)
- Αυτή η ατμόσφαιρα ήταν αναγωγική μιας και δεν διέθετε ελεύθερο οξυγόνο
- Καθώς η Γη ψυχόταν οι υδρατμοί υγροποιήθηκαν με αποτέλεσμα τον σχηματισμό των ωκεανών και άλλων υδάτινων επιφανειών

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ: η εξελεγκτική της πορεία

Το  $O_2$  αρχικά παρήχθη από φωτοδιάσπαση των υδρατμών από την υπεριώδη ακτινοβολία

Η διαδικασία αυτή παρήγαγε μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό  $O_2$

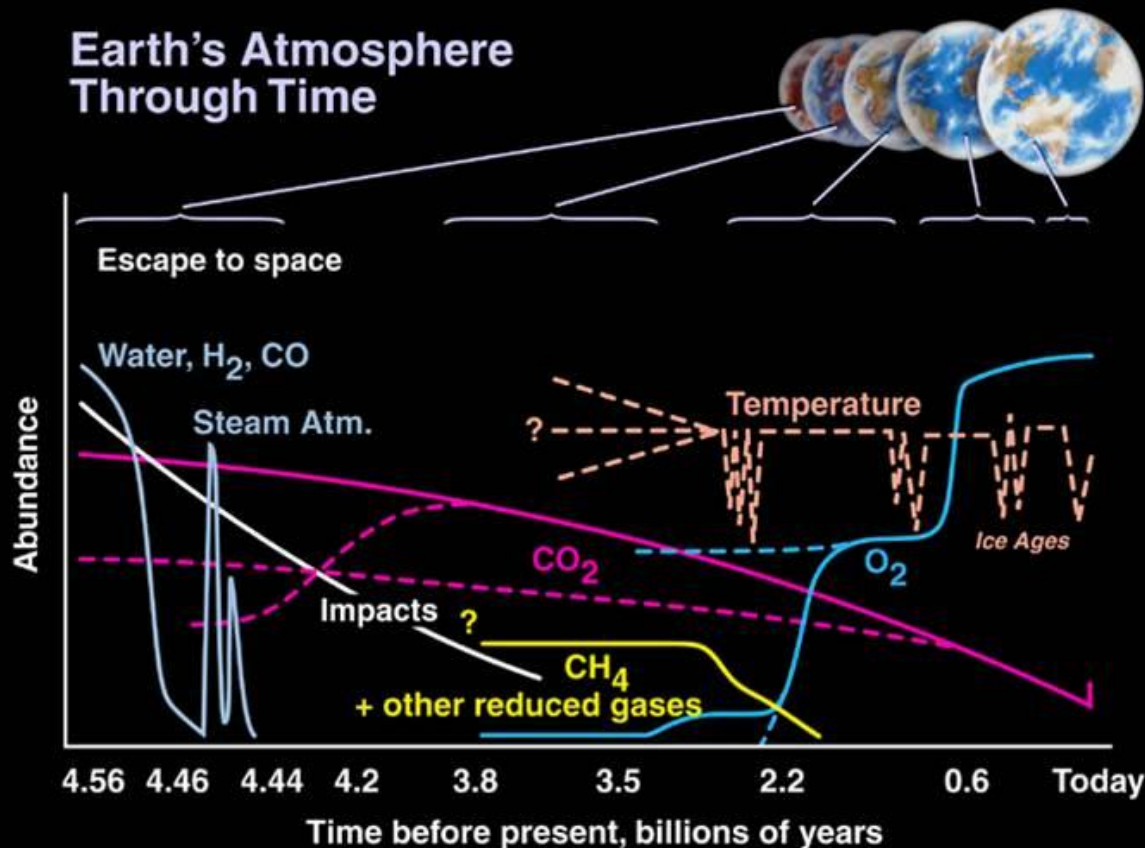
Το υπόλοιπο ποσό του  $O_2$  παρήχθη από την φωτοσύνθεση

3.3 δισεκατομμύρια χρόνια πριν, η εξέλιξη κάποιων βακτηριδίων ήταν παράγοντας κλειδί για την εξέλιξη της γήινης ατμόσφαιρας αλλά και της ζωής

- Την περίοδο 2.7 – 2.2 δισεκατομμύρια χρόνια πριν κάποια από αυτά τα βακτήρια γνωστά ως κυανοβακτήρια χρησιμοποίησαν την ηλιακή ακτινοβολία για φωτοσύνθεση παράγοντας  $O_2$  ως υποπροϊόν
- Το λιγοστό  $O_2$  που παρήχθη αρχικά ήταν ικανό, παρουσία της υπεριώδους ακτινοβολίας να παραχθούν τα πρώτα ίχνη όζοντος ( $O_3$ )
- Η δημιουργία του στρώματος του  $O_3$  επέτρεψε την έξοδο της ζωής από το νερό και την ραγδαία εξέλιξη των ειδών. Η δημιουργία του στρώματος του  $O_3$  πιστεύεται ότι απαίτησε την παρουσία του 1/1000 της σημερινής συγκέντρωσης του  $O_2$  στην ατμόσφαιρα
- Η συγκέντρωση του  $O_2$  πιστεύεται ότι έφτασε στα σημερινά επίπεδα ~400 εκατομμύρια χρόνια πριν

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ: η εξελεγκτική της πορεία

## Earth's Atmosphere Through Time



Πηγή: [http://www.nasa.gov/vision/universe/newworlds/ets\\_breath.html](http://www.nasa.gov/vision/universe/newworlds/ets_breath.html)

■ Η ισορροπία που επιτεύχθηκε μεταξύ των διεργασιών των:

- φωτοσύνθεσης
- δέσμευσης  $\text{CO}_2$  σε ανθρακικά πετρώματα
- δέσμευση  $\text{O}_2$  για οξείδωση
- δέσμευση  $\text{O}_2$  για καύσεις
- δέσμευση  $\text{O}_2$  στην αναπνοή
- εκλύσεις από εκρήξεις ηφαιστείων

■ Με τη δημιουργία του  $\text{O}_2$  η ατμόσφαιρα από αναγωγική έγινε **οξειδωτική** όπως είναι και σήμερα

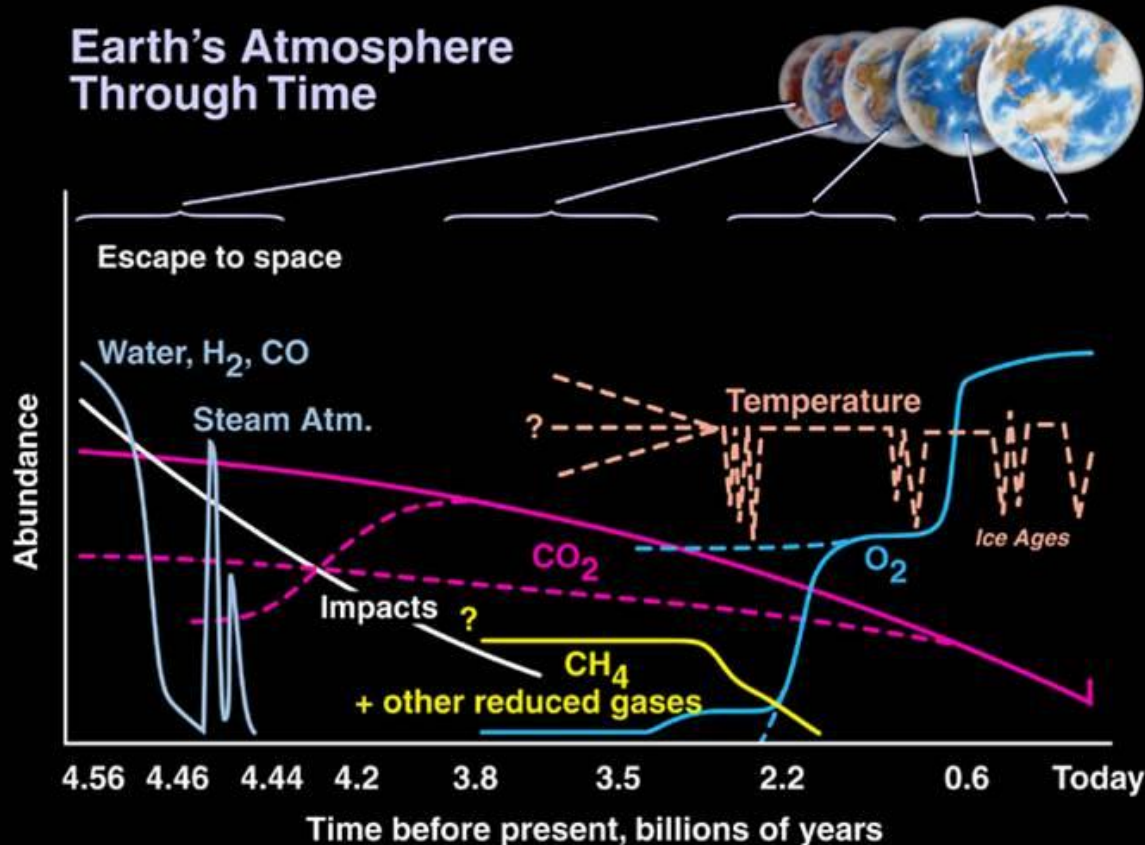
■ τα σημερινά επίπεδα του  $\text{O}_2$  αποτελούν μόλις το 10% αυτού που παρήχθη. Το υπόλοιπο καταναλώθηκε για:

- την δημιουργία οξειδίων στον στερεό φλοιό της Γης
- ιδιαίτερα σημαντική ήταν η παραγωγή ανθρακικών ενώσεων διότι για την δημιουργία τους αφαιρέθηκε ποσότητα  $\text{CO}_2$  από την ατμόσφαιρα

τα επίπεδα του  $\text{O}_2$  και του  $\text{CO}_2$  παρέμειναν σχεδόν σταθερά στην διάρκεια της πρόσφατης εξέλιξης της ιστορίας της Γης

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ: η εξελεγκτική της πορεία

## Earth's Atmosphere Through Time



Πηγή: [http://www.nasa.gov/vision/universe/newworlds/ets\\_breath.html](http://www.nasa.gov/vision/universe/newworlds/ets_breath.html)

- Τα **ευγενή αέρια** που υπάρχουν σήμερα στην ατμόσφαιρα της γης είναι παράγωγα ραδιενεργών διασπάσεων
- Η φωτοδιάσπαση της NH<sub>3</sub> κατά την εξελικτική πορεία της Γης, προκάλεσε την δημιουργία του αζώτου (N<sub>2</sub>) το οποίο είναι σχετικά χημικά αδρανές με αποτέλεσμα να συσσωρεύεται στην ατμόσφαιρα εξηγώντας έτσι τα σημερινά υψηλά ποσοστά του
- Συνεχίζοντας η Γη την εξελικτική πορεία της, συνέχισε και ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας της με άλλα αέρια μέσω της αλληλεπιδράσεως της με τη βιόσφαιρα, για να φτάσει τελικά στη σημερινή της σύσταση
- Βέβαια, για την σημερινή της σύσταση κυρίαρχο ρόλο έπαιξε ο άνθρωπος. Λόγω των δραστηριοτήτων του πλήθος χημικών ενώσεων έχουν απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Δεχόμαστε ότι η ατμόσφαιρα βρίσκεται σε κατάσταση Υδροστατικής Ισορροπίας  
=>

Με τον όρο ισορροπία εννοούμε γενικά αντιστάθμιση των δυνάμεων που δρουν πάνω σε ένα σύστημα. Όταν λέμε ότι το σύστημα αυτό βρίσκεται σε ισορροπία, εννοούμε ειδικά την στατική ισορροπία.

*Δηλ. η ατμοσφαιρική πίεση σε κάποια στάθμη μιας ατμοσφαιρικής στήλης οφείλεται μόνο στο βάρος, ανά μονάδα επιφάνειας που εξασκεί ο ευρισκόμενος αέρας πάνω από τη στάθμη*

=> Ισχύει η **Υδροστατική Εξίσωση**:

$$dp = - \rho(z) g dz$$

$p$  = η πίεση

$\rho$  = η πυκνότητα

$g$  = η σταθερά της βαρύτητας

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Η ατμόσφαιρα συμπεριφέρεται σαν μίγμα ιδανικών αέριο  
=> για κάθε συστατικό ισχύει η **καταστατική εξίσωση**:

$$p_i V = \frac{m_i}{M_i} RT = n_i RT$$

$p_i$  = η μερική πίεση κάθε αερίου

$V$  = ο όγκος

$m_i$  = η μάζα

$M_i$  = το μοριακό βάρος

$R$  = η παγκόσμια σταθερά των αερίων

$T$  = η θερμοκρασία

- Για το μίγμα αερίων (δηλ. την ατμόσφαιρα) θα ισχύει:

$$\sum p_i V = \sum \frac{m_i}{M_i} RT = \sum m_i \left( \frac{\sum \frac{m_i}{M_i}}{\sum m_i} \right) RT$$

$\left. \begin{array}{l} \sum p_i = p \quad \text{η πίεση της ατμόσφαιρας} \\ \frac{\sum m_i}{V} = \rho \quad \text{η πυκνότητα της ατμόσφαιρας} \\ M = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i} \quad \text{Το μέσο μοριακό βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα} \end{array} \right\}$

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Επομένως:

Υδροστατική Εξίσωση:  $dp = -\rho(z) g dz$

Καταστατική Εξίσωση:  $p(z) = \rho(z) \frac{R}{M} T \Leftrightarrow \rho(z) = \frac{Mp(z)}{RT}$  }  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow dp(z) = -\frac{Mg}{RT} p(z) dz \Leftrightarrow \frac{dp(z)}{p(z)} = -\frac{Mg}{RT} dz \Leftrightarrow d \ln p = -\frac{Mg}{RT} dz \Rightarrow$$

$$p(z) = p_0 e^{-z/H}$$

**Βαρομετρική εξίσωση**

- Επειδή η πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας:

$$\rho(z) = \rho_0 e^{-z/H}$$

όπου

$$H = \frac{RT}{Mg}$$

κλίμακα ύψους (σε km)

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Η κλίμακα ύψους ( $H$ ) εξαρτάται από την θερμοκρασία η οποία μεταβάλλεται με το ύψος

$$H = \frac{RT}{Mg}$$

- Δεδομένου ότι μέχρι τα 100 Km το  $M$  είναι σταθερό, το  $g$  μεταβάλλεται μόλις 3%  $\Rightarrow$  η κλίμακα ύψους είναι σχεδόν ανάλογη τη θερμοκρασίας

$$p(z) = p_0 e^{-z/H}$$

- Η κλίμακα ύψους  $H$ , ισούται με το ύψος της ατμόσφαιρας στο οποίο η πίεση ελαττώνεται στο  $1/e$  της αρχικής της τιμής, δηλ. το ύψος μέσα στο οποίο περιλαμβάνονται περίπου τα  $2/3$  της μάζας του ατμοσφαιρικού αέρα

- Μέχρι τα 100 Km η κλίμακα ύψους μεταβάλλεται από 5 ως 9 Km



# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Δεδομένου ότι η πυκνότητα της ατμόσφαιρας μειώνεται εκθετικά με το ύψος

$$\rho(z) = \rho_0 e^{-z/H}$$

- το **50%** της μάζας του ατμοσφαιρικού αέρα βρίσκεται κάτω από τα **5.5 Km**
- το **75%** της μάζας του ατμοσφαιρικού αέρα βρίσκεται κάτω από τα **10 Km**
- το **90%** της μάζας του ατμοσφαιρικού αέρα βρίσκεται κάτω από τα **20 Km**
- το **98%** της μάζας του ατμοσφαιρικού αέρα βρίσκεται κάτω από τα **30 Km**

# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Χαρακτηρίζεται: Βάσει της κατακόρυφης μεταβολής των:

- ✓ Χημικής σύστασης της
  
- ✓ Φυσικών παραμέτρων
  - Πυκνότητα
  - Πίεση
  - Θερμοκρασία

# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ



Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Valley>

Η ατμόσφαιρα της Γης περιέχει μεγάλο αριθμό μορίων ( $\sim 10^{44}$  mols)

**κάθε 1 εισπνοή = 1 litre =  $10^{22}$  mols  
= 1 εκατομμύριο μόρια**

**Στο σύνολο της ανθρώπινης ζωής =  
 $10^8$  litre**

Η ατμόσφαιρα, παρά τη φαινομενικά αμετάβλητη φύση της, είναι ένα δυναμικό σύστημα με τα συστατικά της να είναι σε διαρκή ανταλλαγή με τη Βιόσφαιρα (έδαφος, βλάστηση, θάλασσα, ζώντες οργανισμούς), ακόμη και με τον μεσοδιαστημικό χώρο

Οι λεγόμενοι 'κύκλοι' των ατμοσφαιρικών αερίων περιλαμβάνουν ένα σύνολο φυσικών και χημικών διεργασιών

# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

## Πηγές των αερίων της Ατμόσφαιρας

Είτε εισέρχονται μέσα στην ατμόσφαιρα αφού προηγουμένως έχουν παραχθεί από:

- Βιολογικές δραστηριότητες
- Εκρήξεις ηφαιστείων
- Ανθρωπογενείς-βιομηχανικές δραστηριότητες
- Ραδιενεργή εξασθένιση

Είτε παράγονται από χημικές διεργασίες μέσα στην ίδια την Ατμόσφαιρα

## Καταβόθρες των αερίων της Ατμόσφαιρας

Χημικές αντιδράσεις

Βιολογικές διαδικασίες

Φυσικές διεργασίες (σχηματισμός σωματιδίων, σχηματισμός νεφών)

Ξηρή και Υγρή απόθεση

## Χρόνος Ζωής των αερίων της Ατμόσφαιρας

Ποικίλει από δευτερόλεπτα μέχρι εκατομμύρια χρόνια

# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Συστατικό	Σύμβολο	Μοριακό βάρος	(%) κατ' όγκο	ppm
Άζωτο	N <sub>2</sub>	28	78.08	780840
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>	32	20.95	209460
Αργό	Ar	40	0.93	9340
Διοξείδιο του άνθρακα *	CO <sub>2</sub>	44	0.035	350
Νέο	Ne	20	1.8 x 10 <sup>-3</sup>	18
Ήλιο	He	4	5.2 x 10 <sup>-4</sup>	5.2
Μεθάνιο *	CH <sub>4</sub>	16	1.4 x 10 <sup>-4</sup>	1.4
Κρυπτό	Kr	84	1.0 x 10 <sup>-4</sup>	1.0
Οξειδία Αζώτου *	NO <sub>x</sub>	44	5.0 x 10 <sup>-5</sup>	0.5
Αμμωνία	NH <sub>3</sub>	17		10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-3</sup>
Μονοξείδιο του Άνθρακα	CO	28		0.18
Διοξείδιο του Θείου	SO <sub>2</sub>	64		10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-4</sup>
Υδροφθοροχλωράνθρακες	CFCs			
Υδρογόνο	H <sub>2</sub>	2	5.0 x 10 <sup>-5</sup>	0.5
Όζον*	O <sub>3</sub>	48	3.0 x 10 <sup>-6</sup>	0.03
Ξένον	Xe	131	9.0 x 10 <sup>-6</sup>	0.09
Υδρατμοί *	H <sub>2</sub> O	18	1-3	
Αερολύματα	Αιωρούμενα στερεά και υγρά σωματίδια (aerosols)			

Κύρια

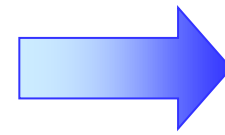
Δευτερεύοντα

\* Μεταβλητά

# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

## ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

ΟΞΥΓΟΝΟ	20,1%
ΑΖΩΤΟ	78%
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	0,4%
ΑΡΓΟ	0,6%
ΥΠΟΛΟΙΠΑ	0.9%



Ξηρός αέρας

- ✓ Υδρατμοί
- ✓ Αερολύματα

# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: Ευγενή αέρια

## Ευγενή αέρια

Ήλιο	He
Νέο	Ne
Αργό	Ar
Κρυπτό	Kr
Ξένο	Xe
Ραδόνιο	Rn

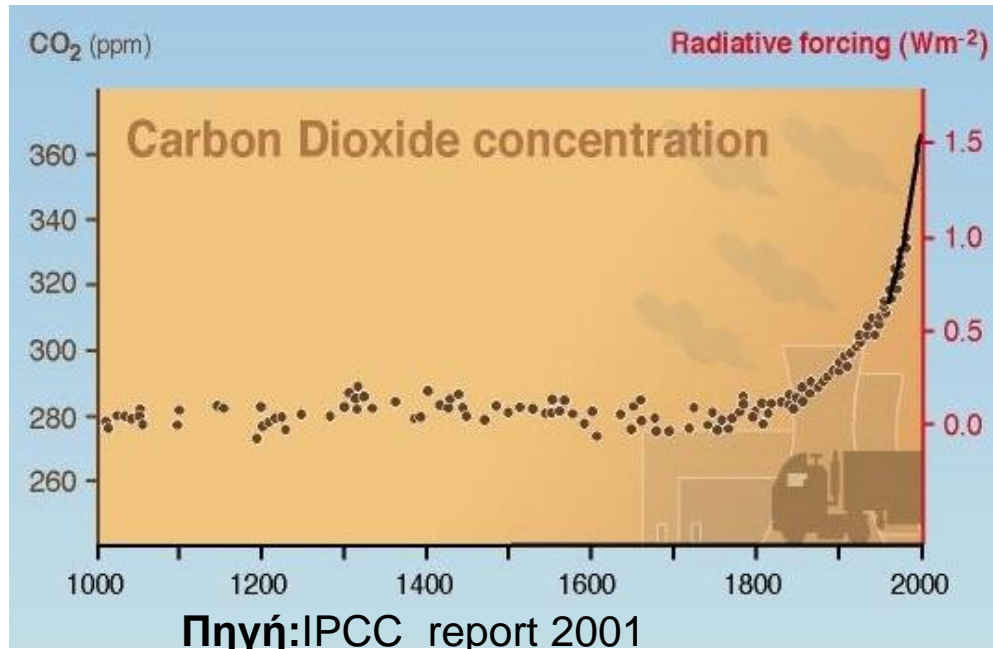
Χημικά αδρανή

Μεγάλο χρόνο ζωής

Συσσωρεύτηκαν στην  
ατμόσφαιρα κατά τη  
διάρκεια της ιστορίας της  
Γης

# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: CO<sub>2</sub>

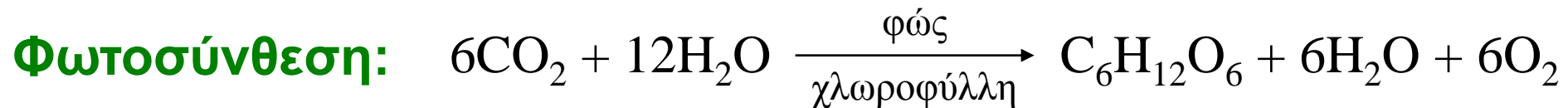
## Αέριο Θερμοκηπίου



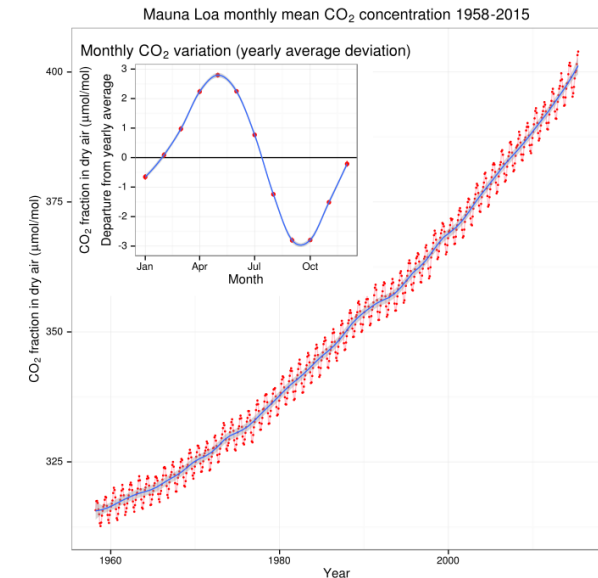
Συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στην  
προβιομηχανική εποχή: **280 ppm**

## Πηγές

### Βιόσφαιρα



**Ανθρωπογενείς και Βιομηχανικές δραστηριότητες (καύσεις καυσίμων υλικών)**



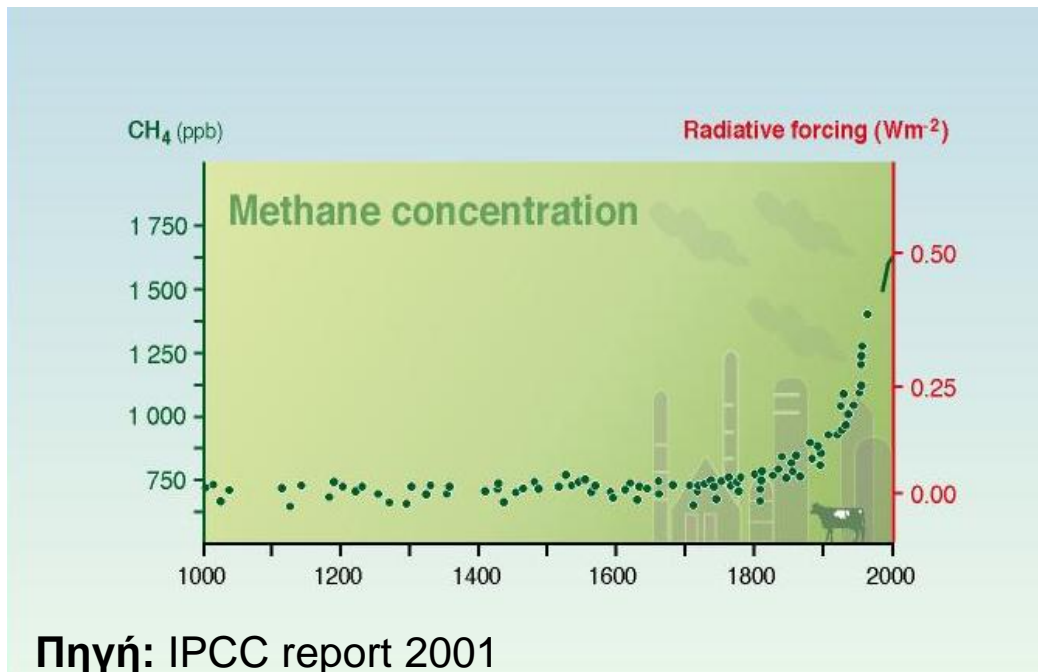
Πηγή:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Mauna\\_Loa\\_Observatory#/media/File:Mauna\\_Loa\\_CO2\\_monthly\\_mean\\_concentration.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Mauna_Loa_Observatory#/media/File:Mauna_Loa_CO2_monthly_mean_concentration.svg)

Σημερινά επίπεδα CO<sub>2</sub>: : **~400 ppm !**



# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: CH<sub>4</sub>



Αέριο Θερμοκηπίου  
Από τα πλέον ενεργά !

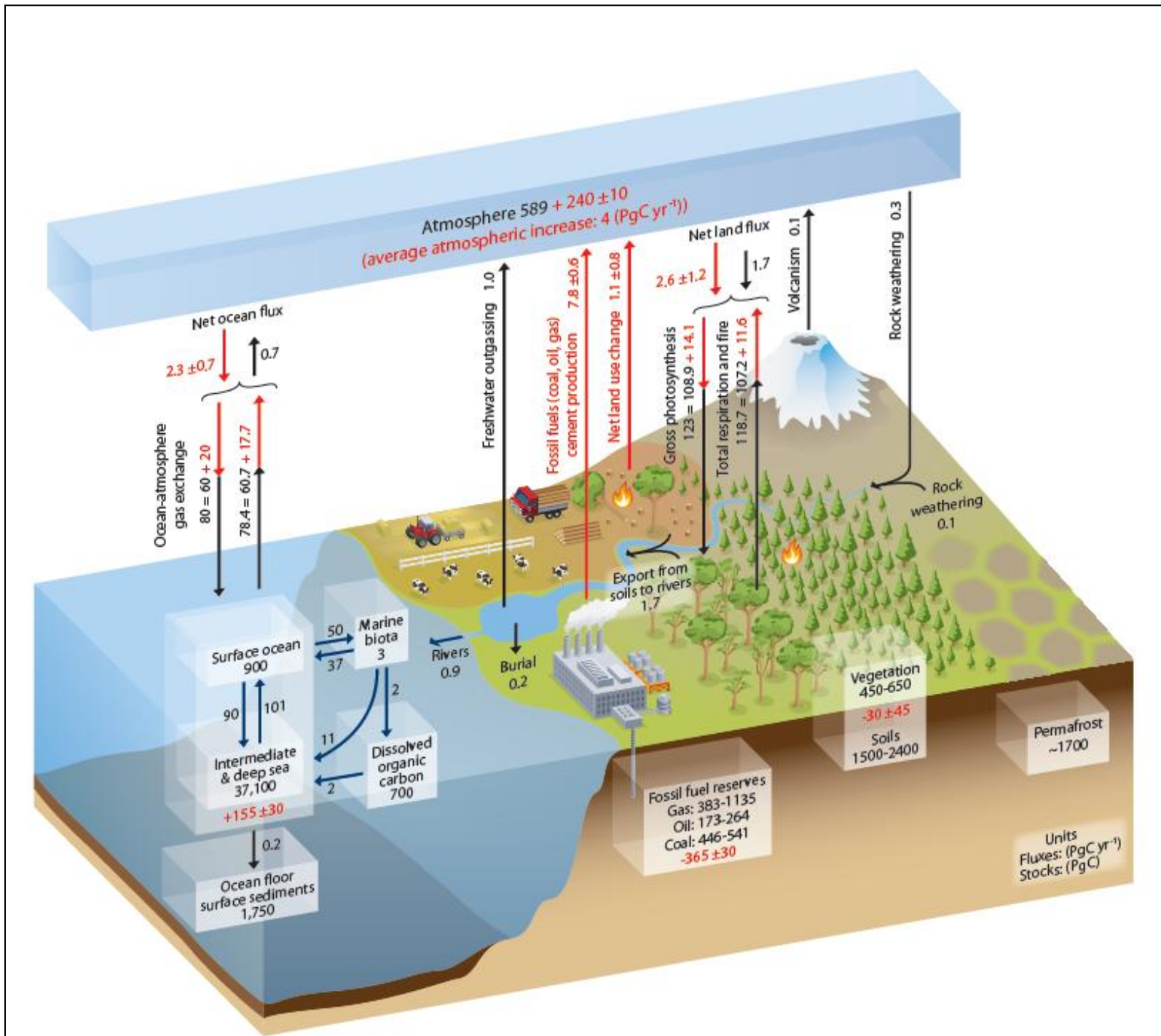
Χημικά ενεργό

## Πηγές

**Βιόσφαιρα**  
(αποσύνθεση βιολογικών υλικών και αποβλήτων)

**Ανθρωπογενείς και Βιομηχανικές δραστηριότητες**  
(καύσεις καυσίμων υλικών)  
(γεωργικές καλλιέργειες, κυρίως ρύζι)

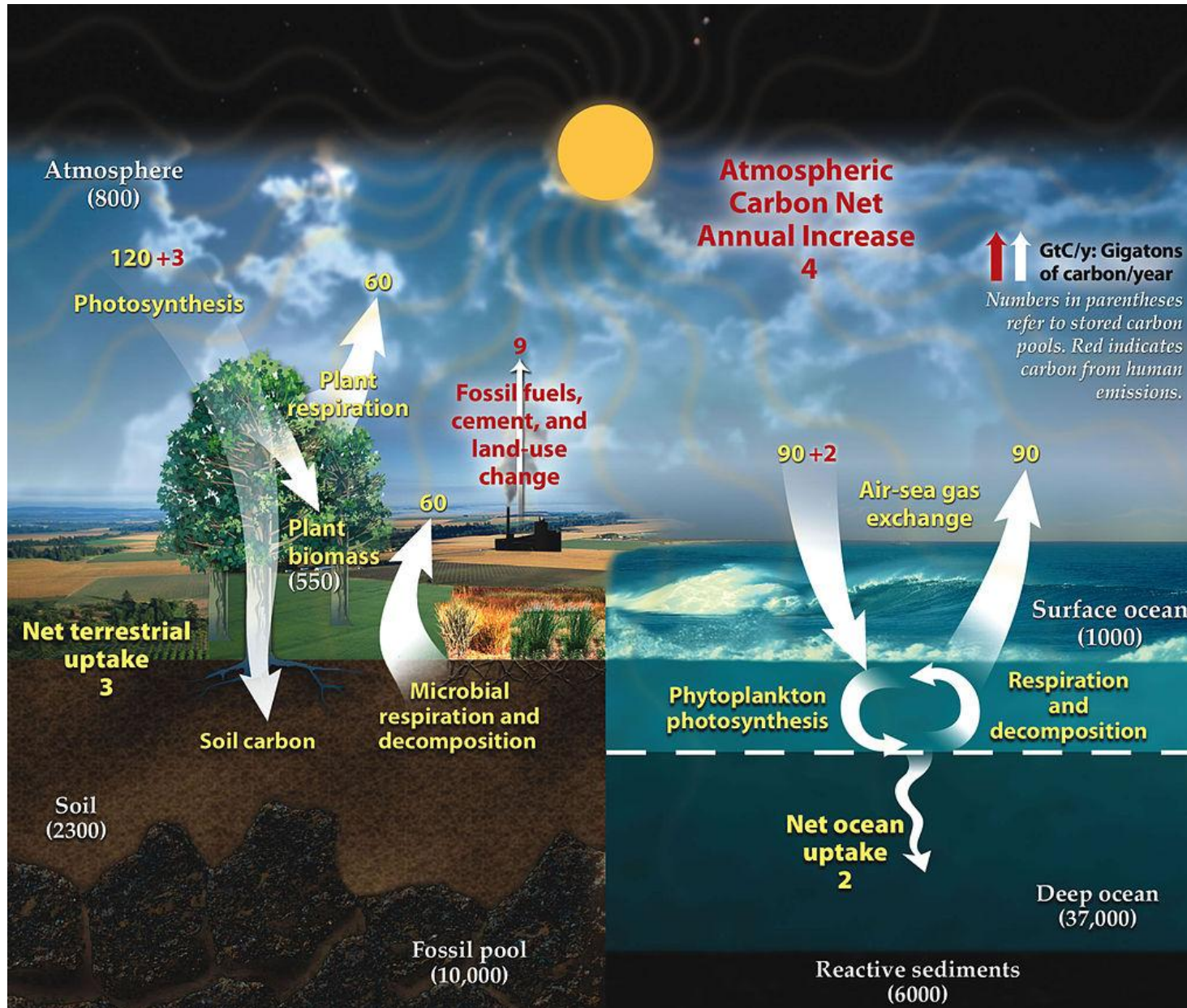
# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: ΕΝΩΣΕΙΣ ΤΟΥ C



Ο κύκλος του άνθρακα

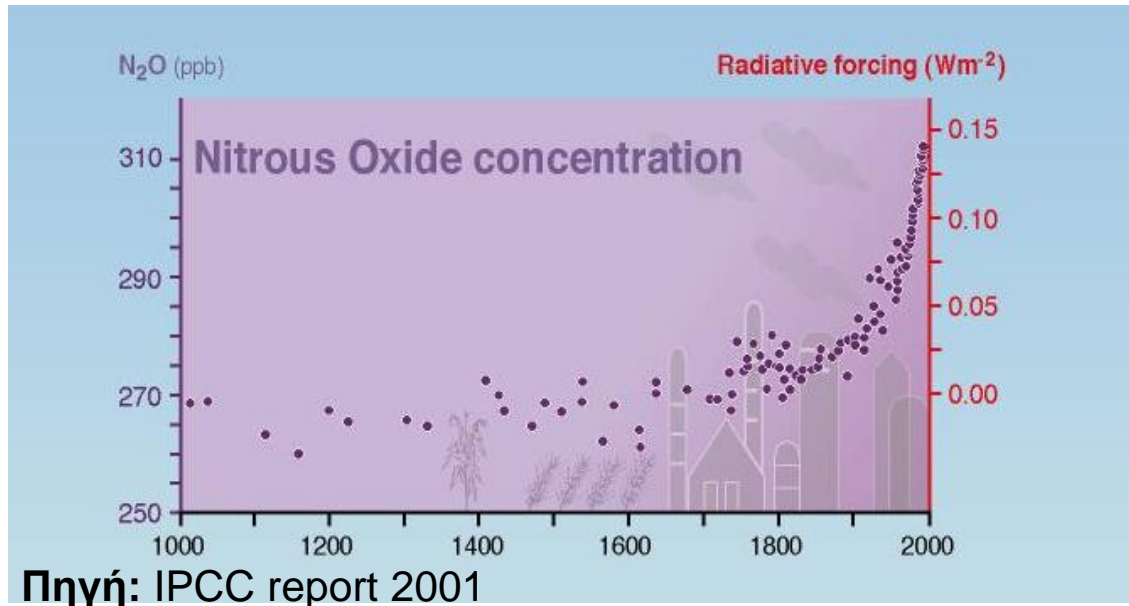
# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: ΕΝΩΣΕΙΣ ΤΟΥ C

## Ο κύκλος του Άνθρακα



- Αριθμοί με **κίτρινο** χρώμα δηλώνουν ροές C φυσικής προέλευσης
- Αριθμοί με **κόκκινα** γράμματα δηλώνουν την **ανθρωπογενή** συμβολή και
- Αριθμοί με **λευκά** γράμματα παριστάνουν το ρυθμό αποθήκευσης C

# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: $\text{NO}_x$ ( $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$ ), $\text{NH}_3$



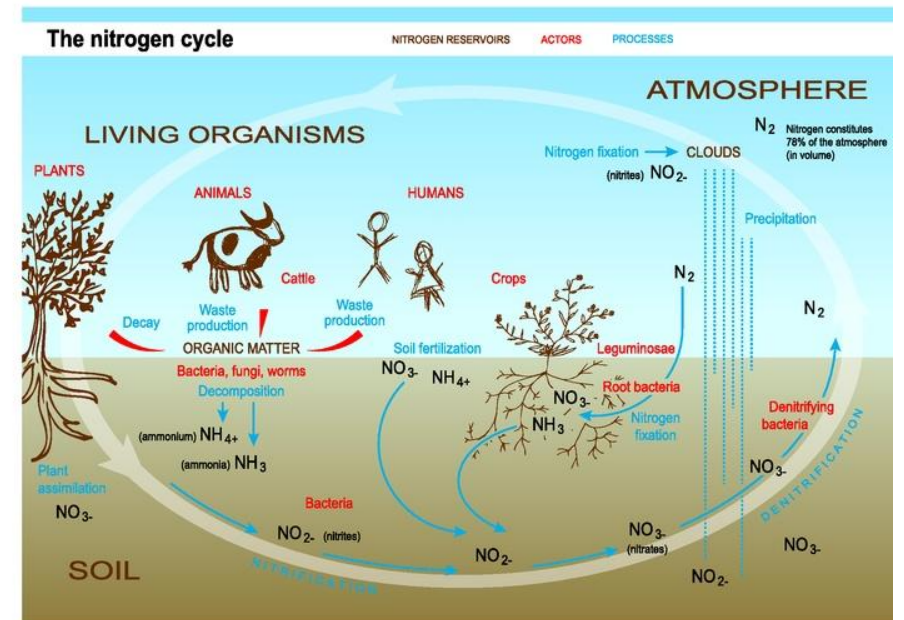
$\text{N}_2\text{O}$  Αέριο Θερμοκηπίου

$\text{NO}$ ,  $\text{NO}^2$  πολύ ενεργά Χημικά

## Πηγές

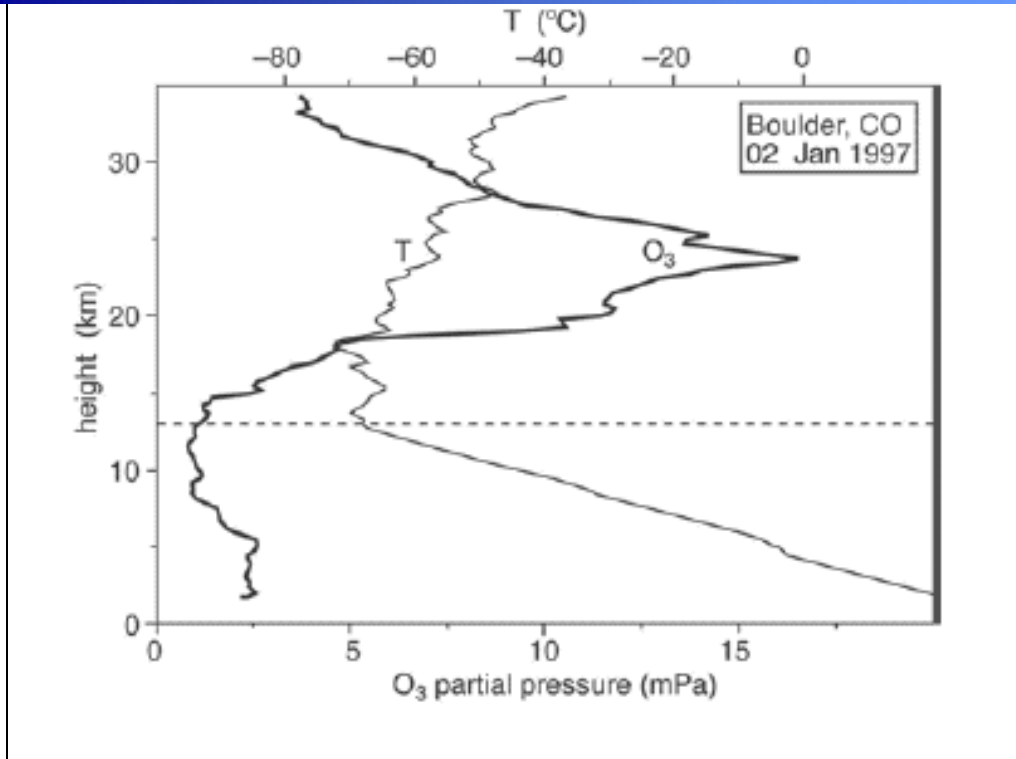
**Βιόσφαιρα**  
(βιολογικές, χημικές διεργασίες)

**Ανθρωπογενείς και Βιομηχανικές δραστηριότητες**  
(καύσεις καυσίμων υλικών)  
(χρήση λιπασμάτων σε γεωργικές καλλιέργειες)



Πηγή: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/the-nitrogen-cycle>

# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: O<sub>3</sub>



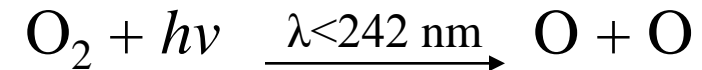
Πηγή: figure 3.2 in the book: John Marshall, R. Alan Plumb, Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics: An Introductory Text, 2007, Elsevier Academic Press, 2007, ISBN: 978-0-12-558691-7

Το στρώμα όζοντος στην ανώτερη ατμόσφαιρα είναι ευεργετικό

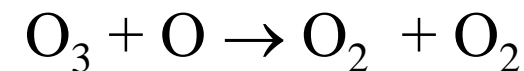
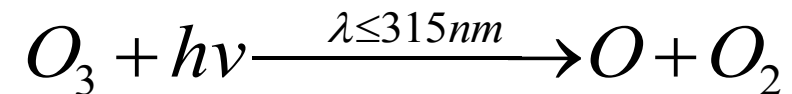
Το όζον στην κατώτερη ατμόσφαιρα είναι επιβλαβές

Είναι αέριο θερμοκηπίου

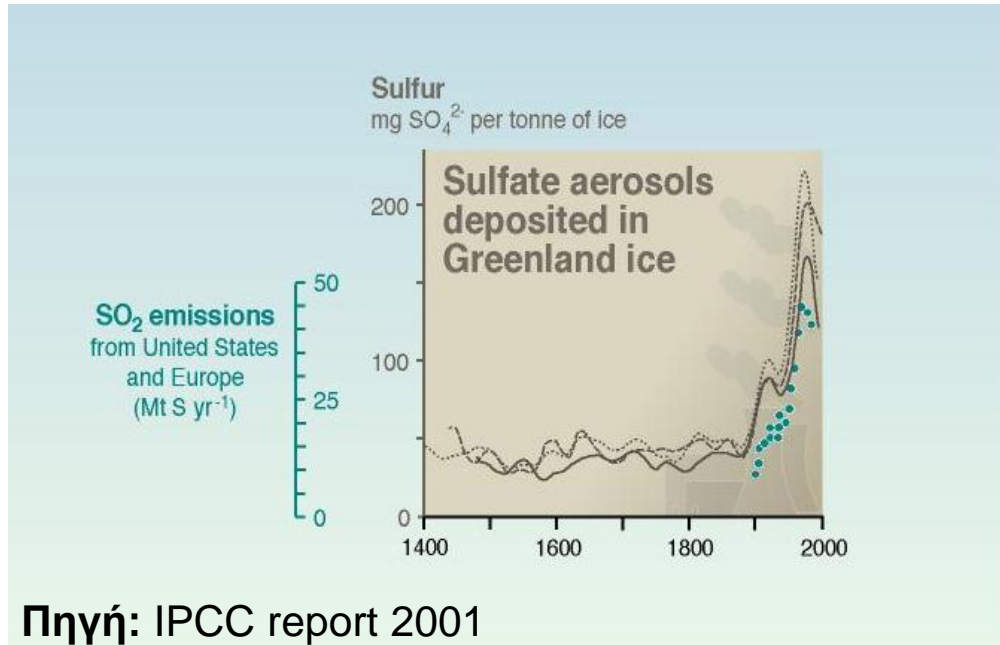
## Παραγωγή O<sub>3</sub>



## Καταστροφή O<sub>3</sub>



# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: Αερολύματα

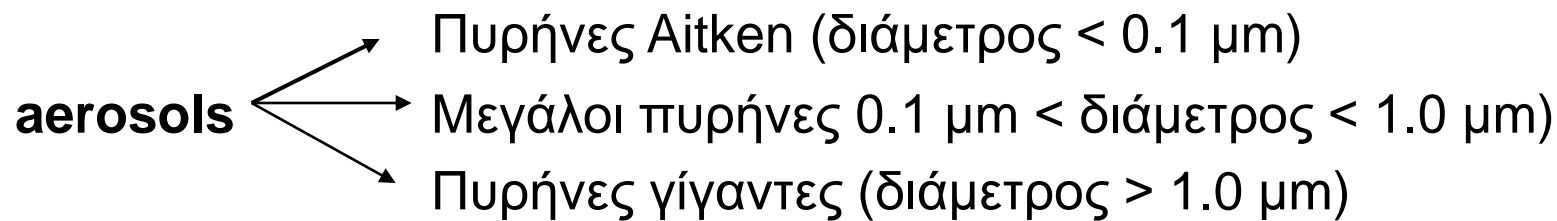


Αερολύματα (aerosols): σκόνη, αιθάλη, θαλάσσιας προέλευσης, Θειικά,...

Επίδραση στην ανθρώπινη υγεία

Επίδραση στο ισοζύγιο ακτινοβολίας (άμεση επίδραση)

Επίδραση στα νέφη (έμμεση επίδραση)



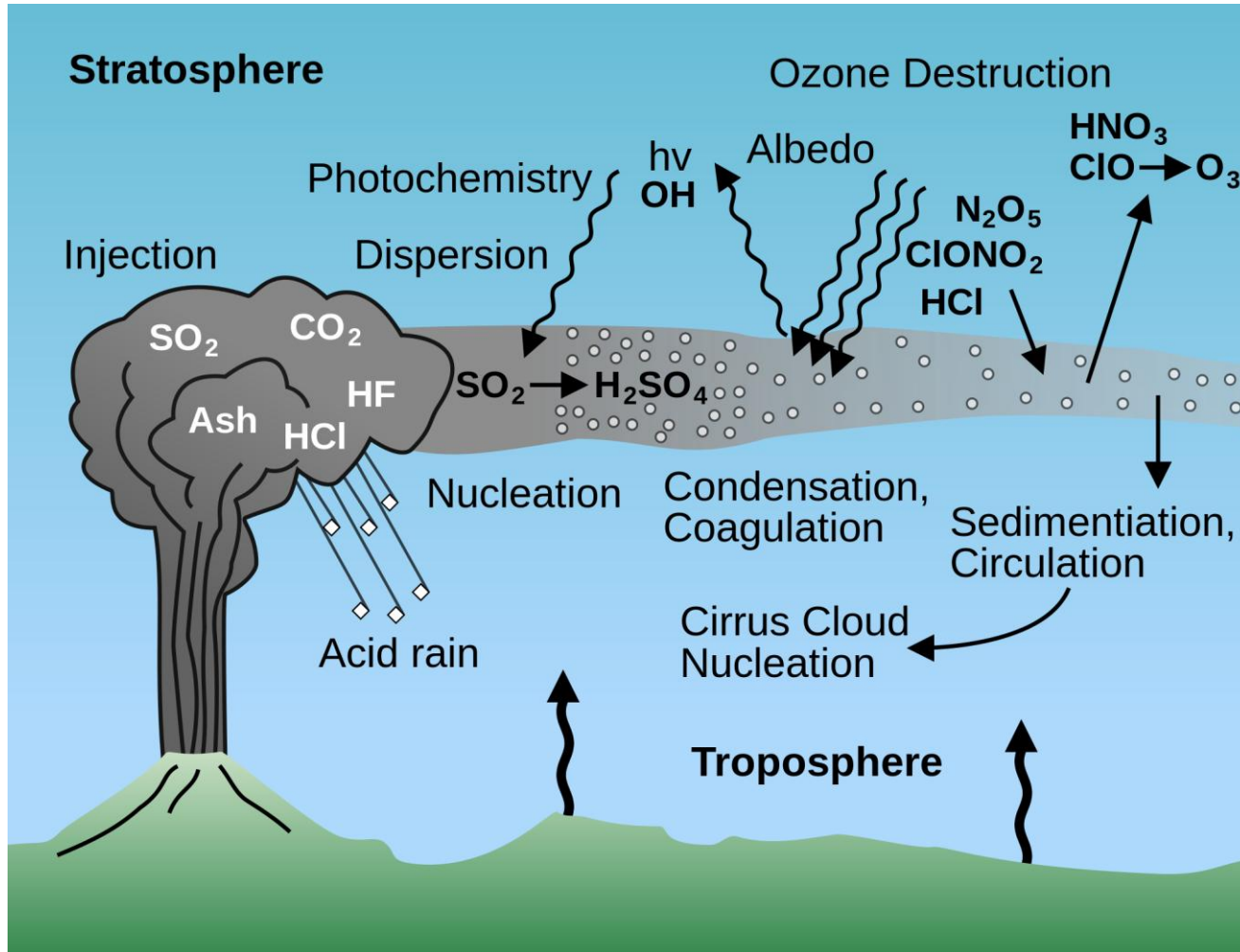
## Πηγές

### Φυσικές

(εκρήξεις ηφαιστείων, σκόνη ερήμων, sea spray)

Ανθρωπογενείς και Βιομηχανικές δραστηριότητες  
(καύσεις καυσίμων υλικών, ρύπανση, πυρκαγιές)

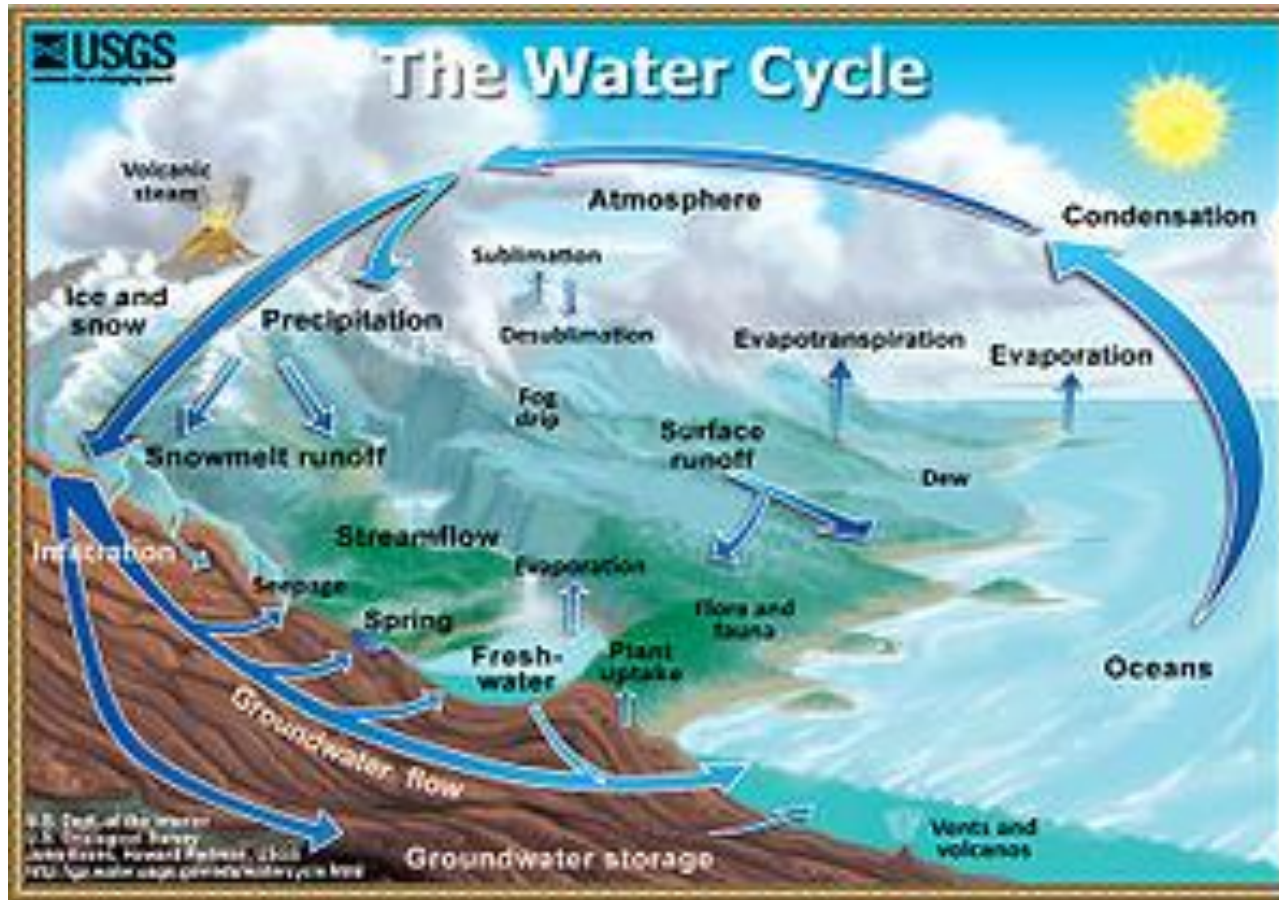
# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: Αερολύματα



Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Volcano>

- Πηγές αερολυμάτων
- Διαδικασίες στις οποίες συμμετέχουν μέσα στην ατμόσφαιρα
- Διαδικασίες απομάκρυνσης τους από την ατμόσφαιρα
- Επίδραση των αερολυμάτων στον Πλανήτη και το κλίμα

# ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: H<sub>2</sub>O



Πηγή:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_cycle](https://en.wikipedia.org/wiki/Water_cycle)

Από τα πλέον σημαντικά συστατικά της ατμόσφαιρας

Σημαντικότερο αέριο θερμοκηπίου

Παίζει σημαντικό ρόλο στην ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ Ατμόσφαιρας-Επιφάνειας

Βρίσκεται κυρίως στην κατώτερη ατμόσφαιρα

... Αλλά και από τα πλέον μεταβλητά συστατικά της ατμόσφαιρας με τη συγκεντρωσή του να μεταβάλλεται μεταξύ 1 – 4 %



# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Η έννοια της **κλίμακας ύψους** ( $H$ ) μπορεί να εφαρμοστεί χωριστά για κάθε αέριο συστατικό  $i$  της ατμόσφαιρας:

$$H_i = \frac{RT}{M_i g}$$

με την πίεση  $p_i(z)$  να είναι η μερική πίεση του συστατικού  $i$

$$p_i(z) = p_{oi} e^{-z/H_i}$$

- Επομένως, ένα αέριο συστατικό της ατμόσφαιρας με μοριακό βάρος ( $M_i$ ) μικρότερο από αυτό του αέρα ( $M_i < 28.96$ )  $\Rightarrow$  θα έχει μεγαλύτερη κλίμακα ύψους  $H_i \Rightarrow$
- $\Rightarrow$  αέρια μόρια με μεγάλο μοριακό βάρος π.χ. Xe και Kr τείνουν να συγκεντρώνονται κοντά στην επιφάνεια της Γης, ενώ
- ελαφρύτερα αέρια με μικρό μοριακό βάρος όπως π.χ. το He και το  $H_2$  εκτείνονται και υπάρχουν σε μεγάλο ύψος
- Στην κατώτερη ατμόσφαιρα κυριαρχεί η τυρβώδης ανάμιξη δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός της ατμόσφαιρας με βάση το μοριακό βάρος των αερίων συστατικών της (δηλ. ένα είδος στρωμάτωσης τους) αυτό είναι εφικτό για ύψος πάνω από τα 100 Km (πάνω από τα 120 Km)

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΤΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗ

## Ομοιόσφαιρα

Το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας όπου τα αέρια είναι καλά αναμεμιγμένα οπότε η σύσταση της ατμόσφαιρας είναι ομοιογενής φτάνει μέχρι το ύψος των **80 - 100 km**

## Ετερόσφαιρα

Το τμήμα της ατμόσφαιρας πάνω από το ύψος των **80 - 100 km**. Εδώ τα αέρια δεν είναι καλά αναμεμιγμένα αλλά συναντώνται κατά στρώματα ανάλογα με το βάρος τους. Αποτελείται κυρίως από 4 στρώματα:

- Το κατώτερο όπου κυριαρχεί το άζωτο ( $N_2$ )
- Το επόμενο όπου συναντάται κυρίως ατομικό οξυγόνο (O)
- Το παραπάνω όπου κυριαρχεί το ήλιο (He)
- και το τελευταίο όπου συναντώνται κυρίως άτομα υδρογόνου (H)

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

**Πυκνότητα**

$$\text{πυκνότητα} = \frac{\text{μάζα}}{\text{όγκο}}$$

ή

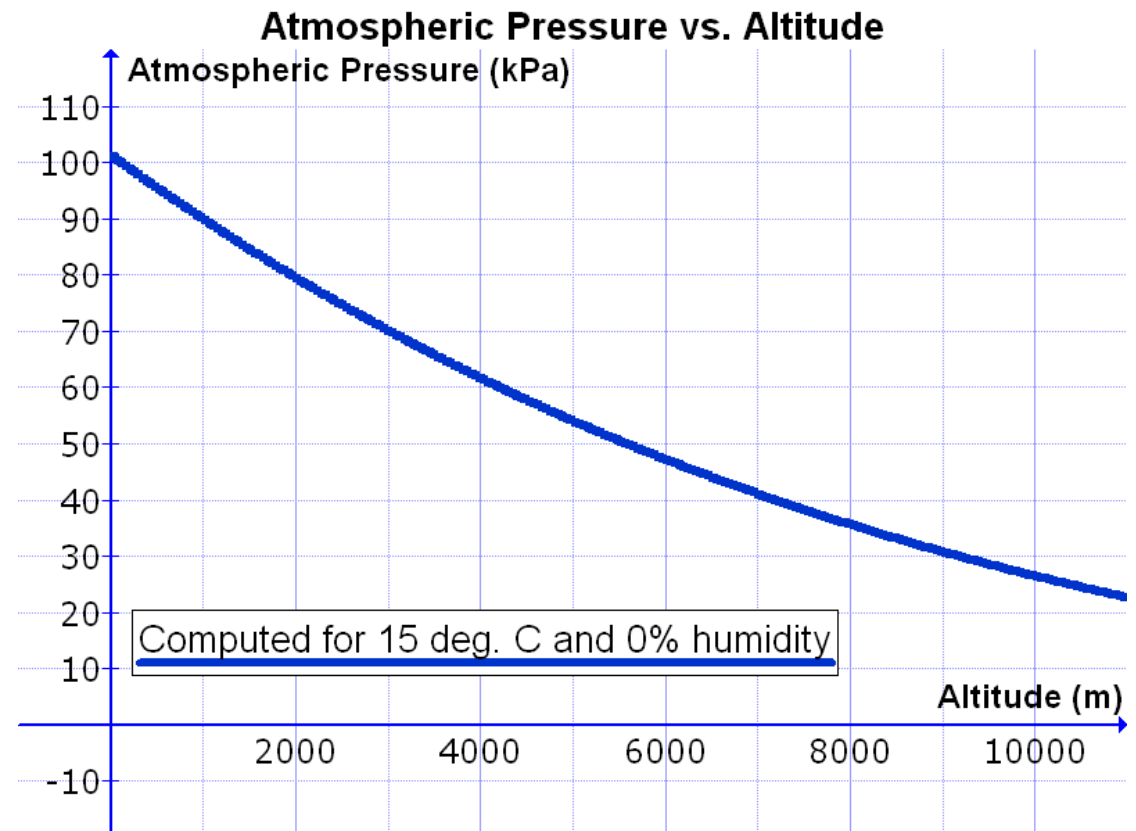
$$\rho = \frac{m}{V}$$

Μονάδες:  $\text{gr/m}^3$ ,  $\text{gr/cm}^3$ ,  $\text{kg/m}^3$

Πυκνότητα του αέρα ορίζεται ως η μάζα του αέρα που περιέχεται σ' ένα συγκεκριμένο όγκο.

Η πυκνότητα του αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας είναι:  
 $1.28 \text{ kg/m}^3$

Η πυκνότητα μειώνεται εκθετικά με το ύψος



Πηγή:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric\\_pressure#/media/File:Atmospheric\\_Pressure\\_vs.\\_Altitude.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_pressure#/media/File:Atmospheric_Pressure_vs._Altitude.png)

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Πίεση

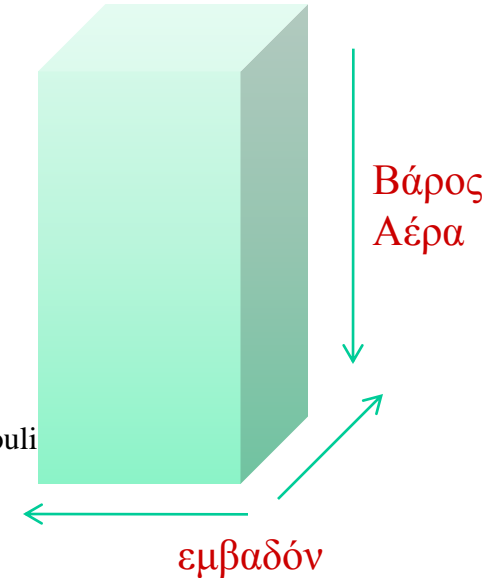
$$\text{πίεση} = \frac{\text{δύναμη}}{\text{επιφάνεια}}$$

ή

$$p = \frac{F}{S}$$

- Ατμοσφαιρική Πίεση:  
το βάρος που ασκείται στη μονάδα επιφάνεια από την υπερκείμενη στήλη του αέρα

Στήλη Αέρα



Πηγή: with the courtesy of E. Kodouli

- Πως μεταβάλλεται η Πίεση ;
- Θεωρούμε πως ο αέρας συμπεριφέρεται ως 'ιδανικό αέριο'  $\Rightarrow$  υπακούει στους νόμους των τελείων αερίων

$$P = C \rho T$$

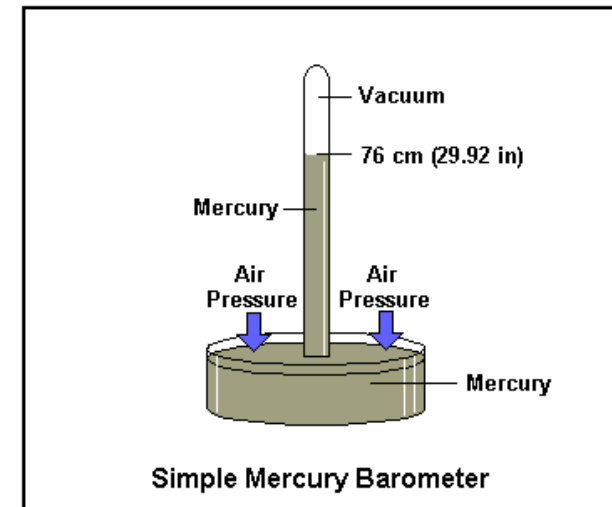
P = η πίεση

C = σταθερά

$\rho$  = πυκνότητα

T = θερμοκρασία

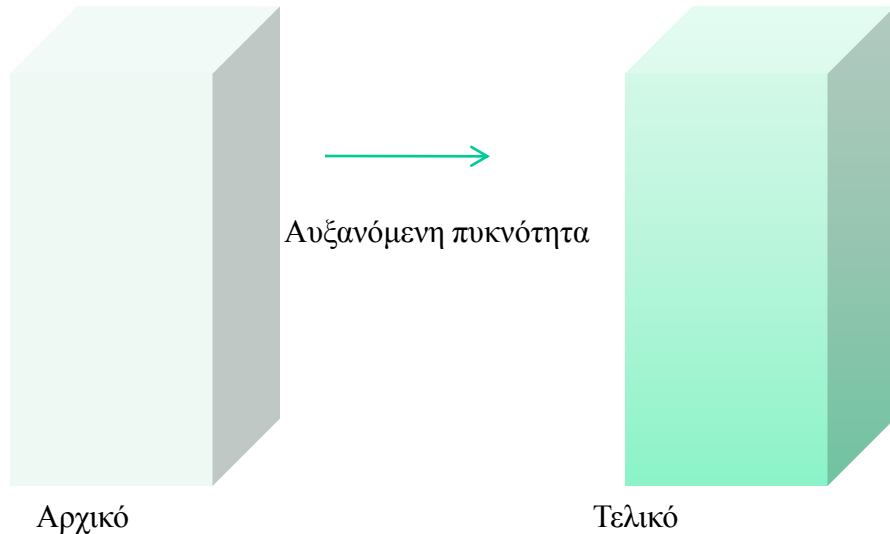
$\Rightarrow$  η πίεση μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται η πυκνότητα ή η θερμοκρασία



Πηγή: <http://uars.gsfc.nasa.gov/uars-science/BrochurePage1.html>

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

- Μεταβολή της Πίεσης με την Πυκνότητα



Πηγή: with the courtesy of E. Kodouli

Θεωρώντας  $T = \text{σταθερή}$

- Η πίεση αυξάνει με την αύξηση της πυκνότητας

- Μονάδες πίεσης

$$1 \text{ bar} = 1000 \text{ mb}$$

$$1 \text{ hPa} = 1 \text{ mb}$$

$$1 \text{ atm}$$

$$\text{Mm Hg}$$

- στην επιφάνεια της θάλασσας:  
πίεση = 1013.25 mb = 76 cm Hg

$$1 \text{ mb} (\text{Χιλιοστοβαρίδα}) = 10^{-3} \text{ bar} = 10^3 \text{ dyn/cm}^2 = 10^2 \text{ Nt/m}^2 = 0,750 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ At} (\text{Ατμόσφαιρα}) = 760 \text{ mmHg} = 1.013,25 \text{ mb}$$

$$1 \text{ Pa} (\text{Pascal}) = 1 \text{ Nt/m}^2 = 10^{-2} \text{ mb}$$

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

**Πηγή:**

<http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter1/graphics/everest.jpg>

**Βαρομετρική εξίσωση**

$$p(z) = p_0 e^{-z/H}$$



Η πίεση **μειώνεται**  
**εκθετικά** με το ύψος

## Πηγή:

<https://www.pinterest.com/pin/524317581590499162/>

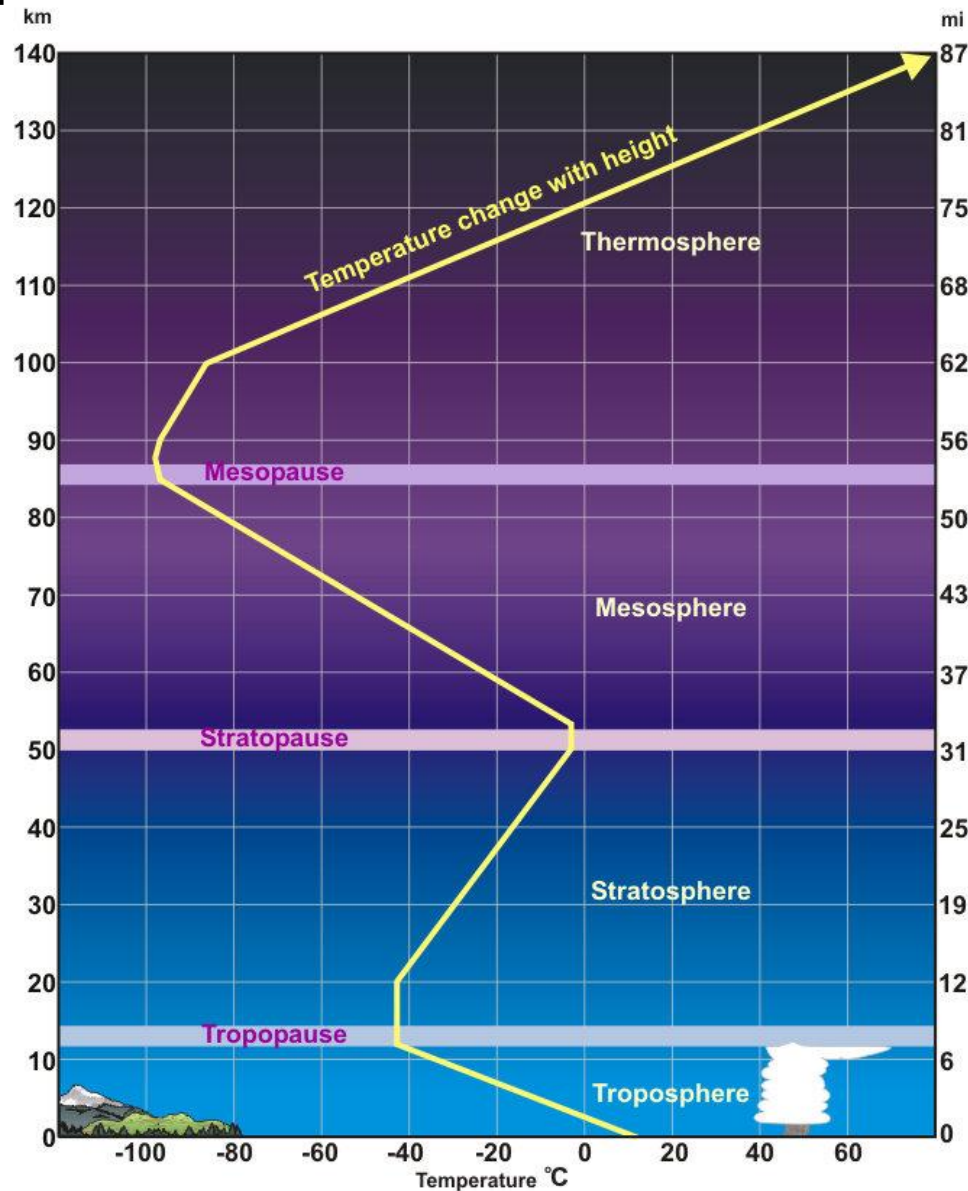
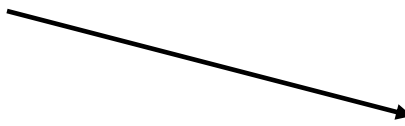
Ταξινόμηση των διαφόρων περιοχών της ατμόσφαιρας βάσει της κατακόρυφης κατανομής της θερμοκρασίας (αριστερό τμήμα σχήματος)

Τα κυριότερα ατμοσφαιρικά φαινόμενα καθώς και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στις παρατηρήσεις σημειώνονται στις αντίστοιχες περιοχές της ατμόσφαιρας (δεξιό τμήμα σχήματος)

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος & Ατμοσφαιρικά στρώματα

Μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος



Εξώσφαιρα

Θερμόσφαιρα

Μεσόσφαιρα

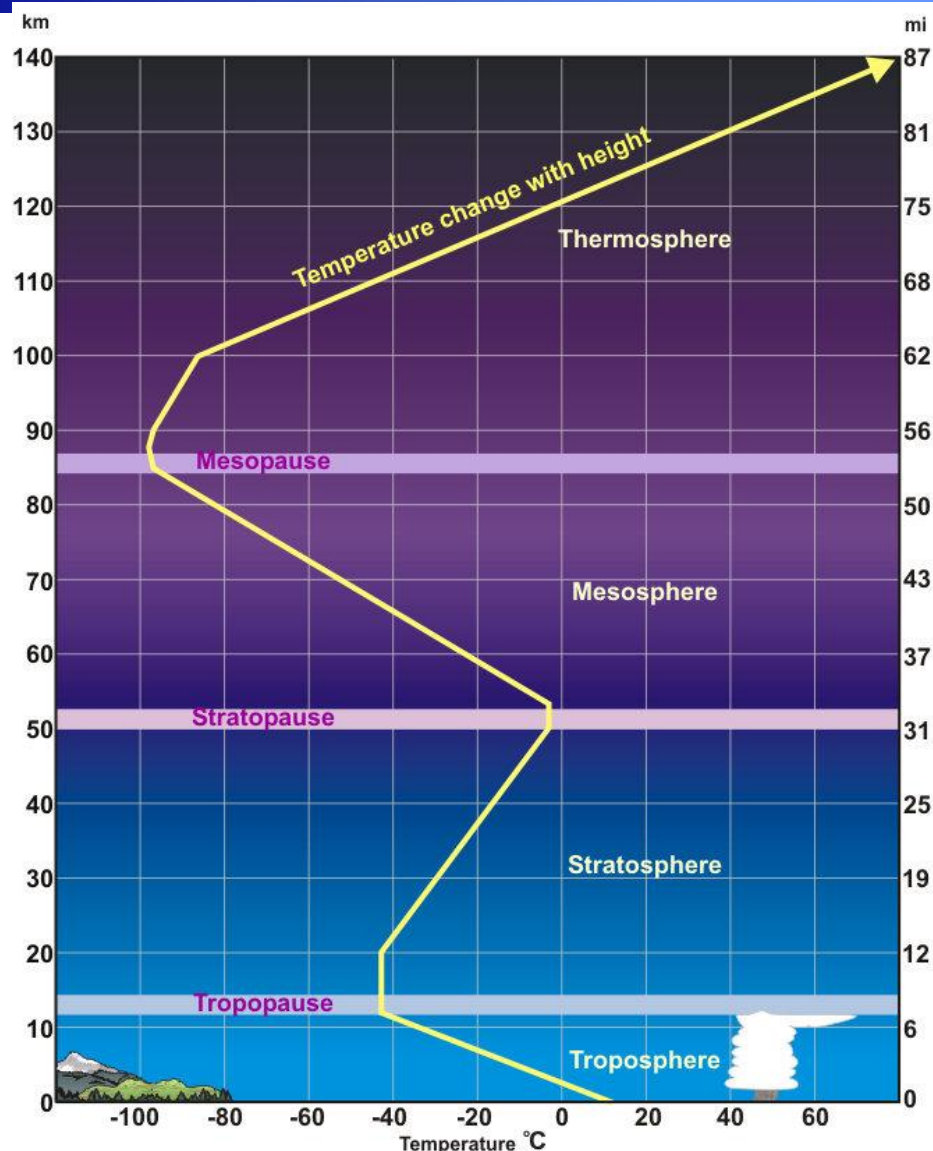
Στρατόσφαιρα

Τροπόσφαιρα

Πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>



# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ



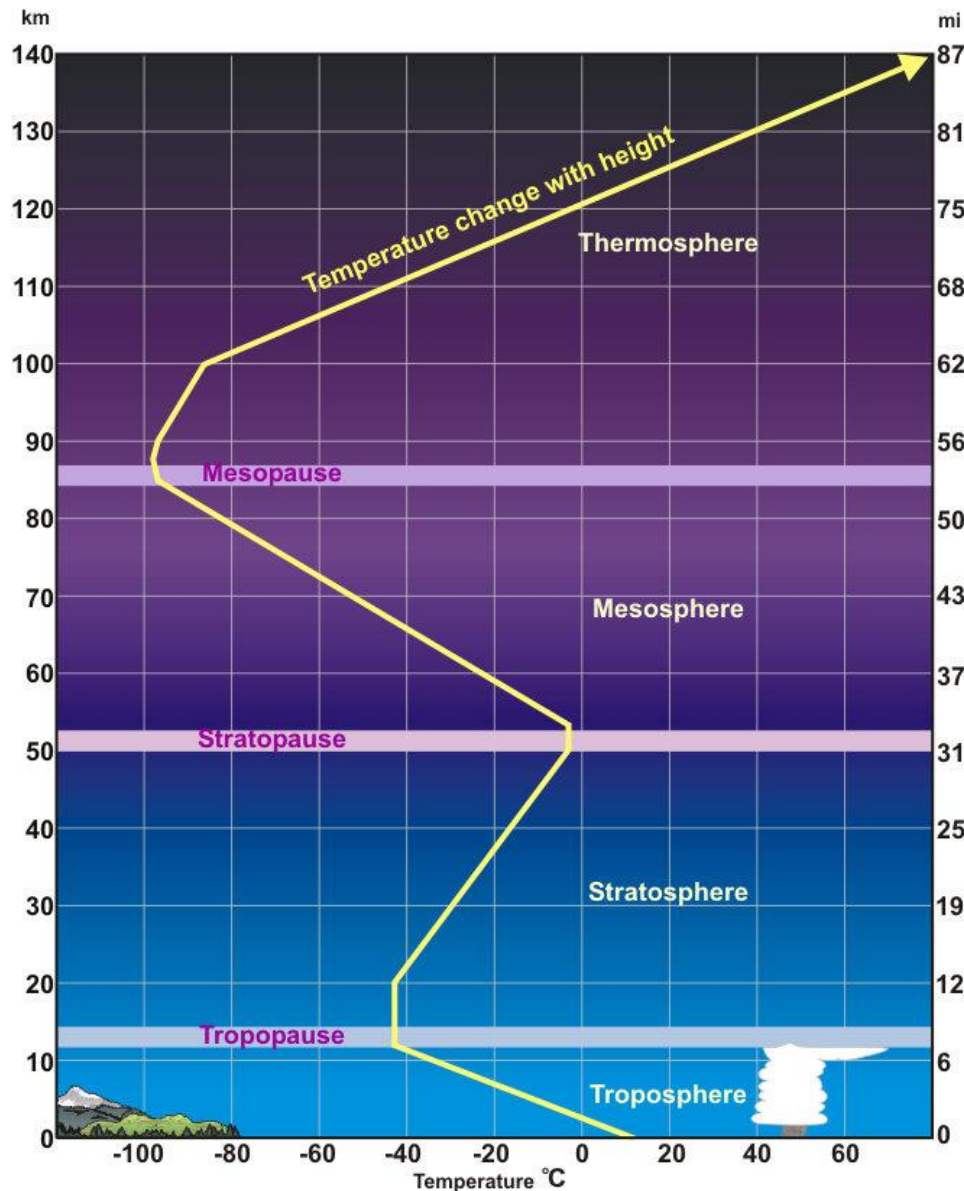
Πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>

## Τροπόσφαιρα

- Αποτελεί την κατώτερη περιοχή της ατμόσφαιρας και εκτείνεται από το έδαφος μέχρι το ύψος  $12 \pm 4$  Km
  - πολικές περιοχές: 7 – 8 Km
  - μέσα γεωγραφικά πλάτη (εύκρατες περιοχές): 11 – 12 Km
  - ισημερινές περιοχές: 16 – 17 Km
- Περιέχεται σε αυτήν σχεδόν το 80% του ατμοσφαιρικού αέρα
- Είναι το της στρώμα της ατμόσφαιρας που δέχεται τη επίδραση της τριβής από την επιφάνεια της Γης => σημαντικές μεταβολές ακόμη και σε ημερήσια βάση, της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας

- Το σύνολο σχεδόν των φυσικών, θερμοδυναμικών & μετεωρολογικών φαινομένων συμβαίνουν στην τροπόσφαιρα

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ



Πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>

## Τροπόσφαιρα

- Κύρια πηγή ενέργειας της τροπόσφαιρας είναι η ηλιακή ακτινοβολία η οποία απορροφάται από την επιφάνεια και θερμαίνει στη συνέχεια τα κατώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας
- Το σύνολο σχεδόν των υδρατμών της ατμόσφαιρας περιέχεται μέσα στην τροπόσφαιρα
- συμβαίνουν σε αυτήν σημαντικές κατακόρυφες κινήσεις

- αύξηση της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος (λόγω της μείωσης της τριβής) μέχρι ενός ορίου με την μέγιστη ταχύτητα να σημειώνεται στην ανώτερη τροπόσφαιρα

## Τροπόσφαιρα

- Η Θερμοκρασία μειώνεται σημαντικά με τα ύψος στην Τροπόσφαιρα

**Θερμοβαθμίδα ( $\gamma$ ):** εκφράζει το ρυθμό μεταβολής της Θερμοκρασίας με το Ύψος και ορίζεται σαν η ελάττωση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα ανά μονάδα ύψους. Εκφράζεται σε  $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  ή  $^{\circ}\text{C}/1\text{ km}$

$$\gamma = -\frac{\partial T}{\partial z}$$

Στην Τροπόσφαιρα η τιμή του  $\gamma$  κατά μέσο όρο είναι:  $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  ή  $6^{\circ}\text{C}/1\text{ km}$

- Συχνά εμφανίζεται το φαινόμενο της **Θερμοκρασιακής Αναστροφής**



Πηγή: Φλόκας, Α., 1992

## Τροπόσφαιρα: τροπόπαυση

■ Σε γεωγραφικά πλάτη  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  η τροπόπαυση παρουσιάζει μια διακοπή κατά την διάρκεια όλων των μηνών, με συνέπεια την παρουσία **τροπικής** και **πολικής** τροπόπαυσης

- Η τροπική τροπόπαυση εκτείνεται μέχρι το γεωγραφικό πλάτος των  $35^{\circ}$ - $40^{\circ}$  , ενώ πολλές φορές εκτείνεται μέχρι το γεωγραφικό πλάτος των  $45^{\circ}$  => επικάλυψη της τροπικής & πολικής τροπόπαυσης σε μήκος  $5^{\circ}$  με  $10^{\circ}$
- Η δε μεταξύ τους κατακόρυφη απόσταση είναι 2.5 – 5.0 Km
- Στο διάστημα μεταξύ των δύο τροποπαύσεων έχουμε την ύπαρξη ενός στενού ρεύματος αέρα με πολύ μεγάλες ταχύτητες γνωστού ως **αεροχειμάρρου (Jet-stream)**
- Ύψος τροπόπαυσης:
  - πολικές περιοχές: 7 – 8 Km
  - μέσα γεωγραφικά πλάτη: 11 – 12 Km
  - τροπικές περιοχές: 16 – 17 Km

± (0 – 4) Km διακυμάνσεις =>

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ



Πηγή: Φλόκας, Α., 1992

## Τροπόσφαιρα: τροπόπαυση

- Οι διακυμάνσεις αυτές οφείλονται:
  - εποχές του έτους
  - επικράτηση διαφόρων βαρομετρικών συστημάτων

- Το ύψος της τροπόπαυσης μεταβατική περίοδο από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο, ενώ γίνεται μικρότερο κατά την μεταβατική περίοδο από τον χειμώνα στην άνοιξη
- Επίσης, η τροπόπαυση βρίσκεται σε μεγαλύτερο ύψος πάνω από περιοχές όπου επικρατούν αντικυκλωνικά συστήματα πιέσεων

- ενώ, βρίσκεται σε μικρότερο ύψος πάνω από περιοχές συστημάτων χαμηλών πιέσεων

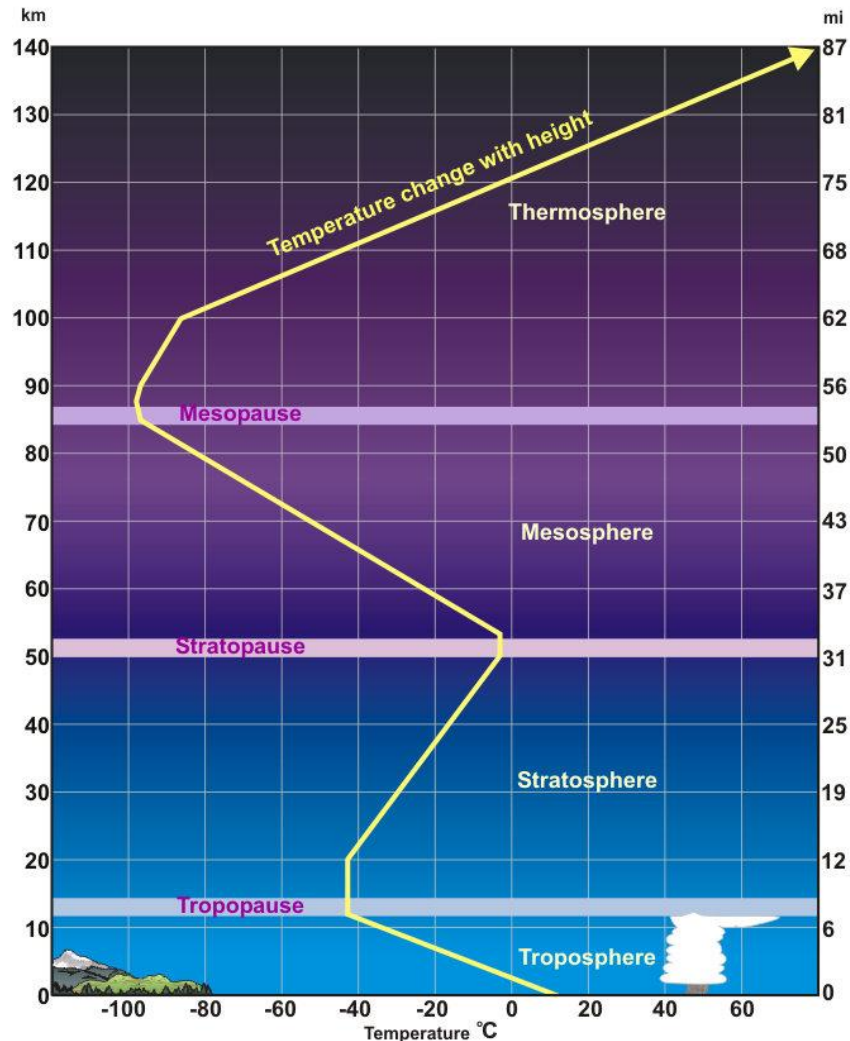
- θερμοκρασία τροπόπαυσης:

- πολικές περιοχές:  $-55\text{ }^{\circ}\text{C} - -60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- τροπικές περιοχές:  $-70\text{ }^{\circ}\text{C} - -80\text{ }^{\circ}\text{C}$

} στην τροπόπαυση η θερμοκρασία δεν

μεταβάλλεται με το ύψος και αυτό αποτελεί βασικό στοιχείο προσδιορισμού του ύψους & του πάχους της

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ



## Στρατόσφαιρα

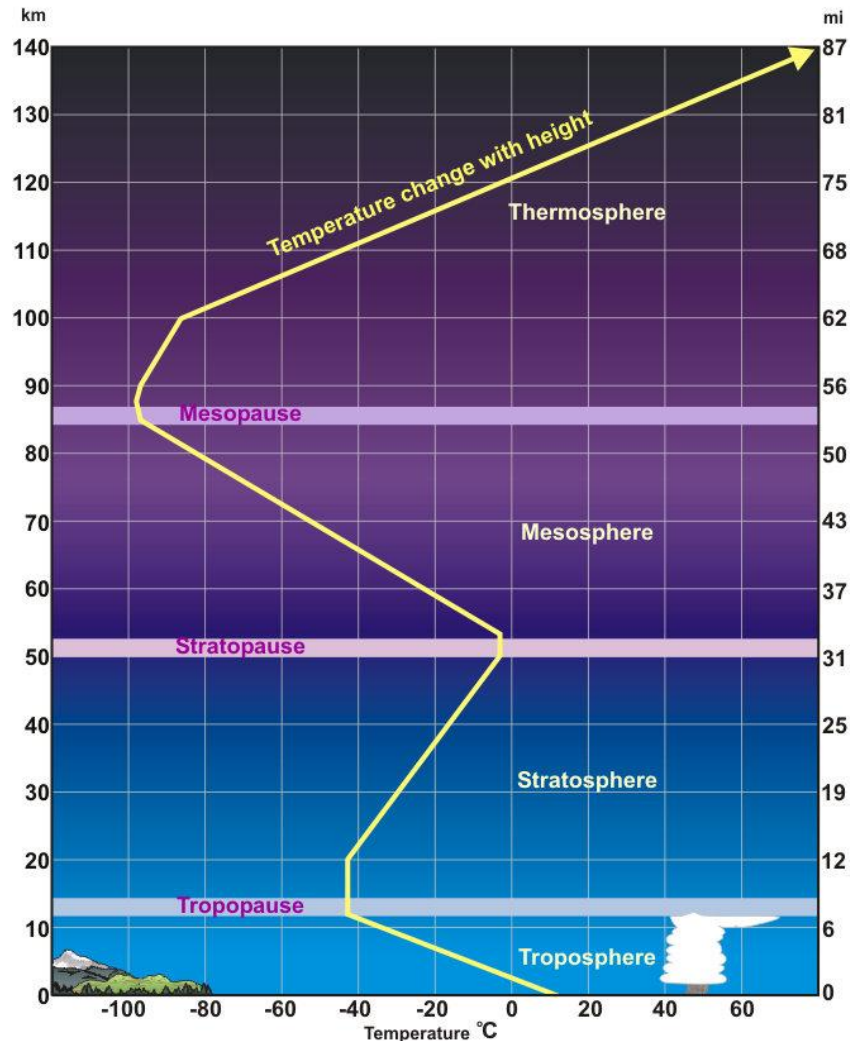
- Είναι η περιοχή της ατμόσφαιρας που εκτείνεται από την τροπόπαυση μέχρι το ύψος των 50-55 Km
- μέσα σε αυτή η θερμοκρασία αρχικά παραμένει σταθερή και στη συνέχεια αυξάνει με το ύψος και
- Περιέχεται σε αυτήν σχεδόν το 99% του ατμοσφαιρικού αέρα
- στην κατώτερη τροπόσφαιρα (μέχρι το ύψος των 35 Km) η θερμοκρασία δεν μεταβάλλεται σημαντικά με το ύψος
- χαρακτηρίζεται από αξιοσημείωτη ευστάθεια
- οι κατακόρυφες κινήσεις είναι σημαντικά περιορισμένες

Πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>

- Αντίθετα, είναι σημαντική η οριζόντια κυκλοφορία, η οποία είναι ισχυρή, με μεγάλες ταχύτητες και χαρακτηρίζεται από εμμονή
- μεταβολή της οριζόντιας κυκλοφορίας συνδέεται με βαρομετρικά συστήματα στην κατώτερη ατμόσφαιρα

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

## Στρατόσφαιρα



Πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>

- Άλλο κύριο χαρακτηριστικό της κατώτερης στρατόσφαιρας είναι οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες => μικρές ποσότητες υδρατμών => είναι μια εξαιρετικά ξηρή περιοχή

- Πάνω από το ύψος των 35 Km (ανώτερη στρατόσφαιρα) η θερμοκρασία αυξάνει και φτάνει τους 0°C στο ύψος των 50-55 Km

- η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται στο στρώμα του όζοντος ( $O_3$ ) το οποίο απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία στα μήκη κύματος μεταξύ 200 & 300 nm (υπεριώδης ακτινοβολία)

- **Στρατόπαυση:**

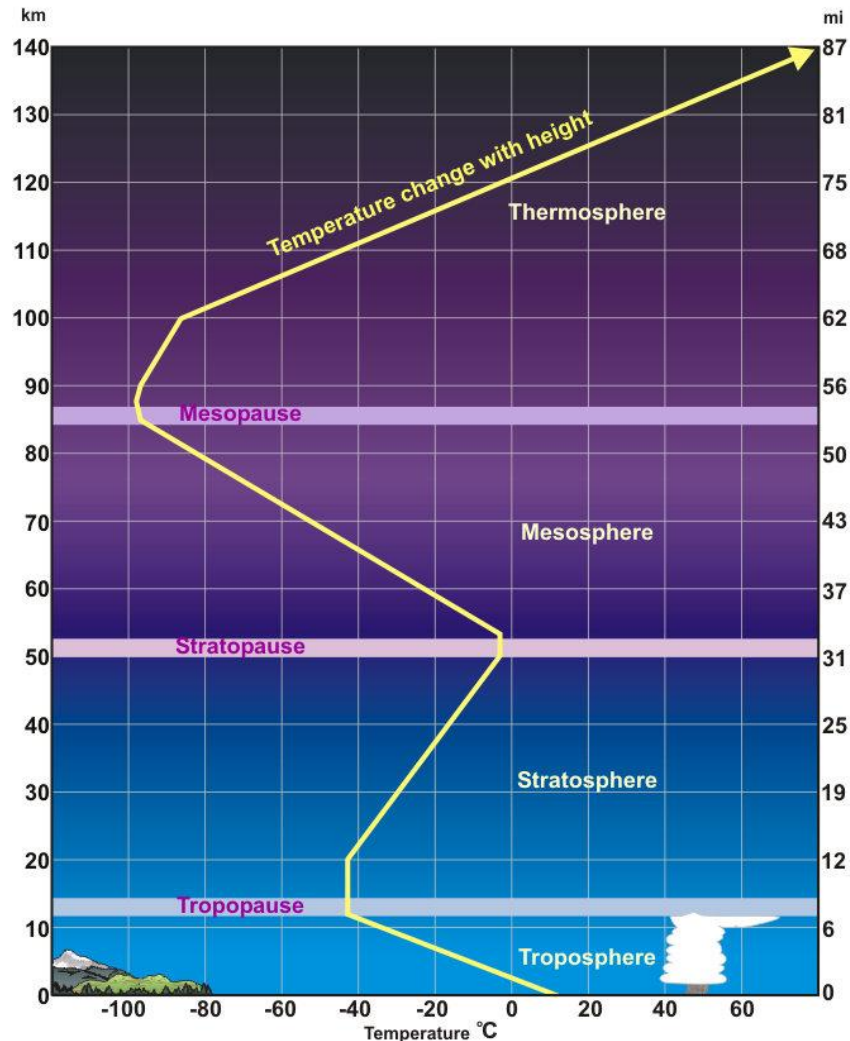
- Είναι η κορυφή της στρατόσφαιρας (η μεταβατική περιοχή από την στρατόσφαιρα και το αμέσως

υπερκείμενο στρώμα αέρα) και βρίσκεται σε ύψος 50-55 Km δηλ. εκεί όπου η θερμοκρασία της στρατόσφαιρας αποκτά την μέγιστη τιμή της

- η πίεση στην στρατόπαυση είναι 1 hPa (1000 hPa είναι στην επιφάνεια) => ότι η τροπόσφαιρα & η στρατόσφαιρα περιλαμβάνουν το 99.9% του ατμοσφαιρικού αέρα

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

## Μεσόσφαιρα



Πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>

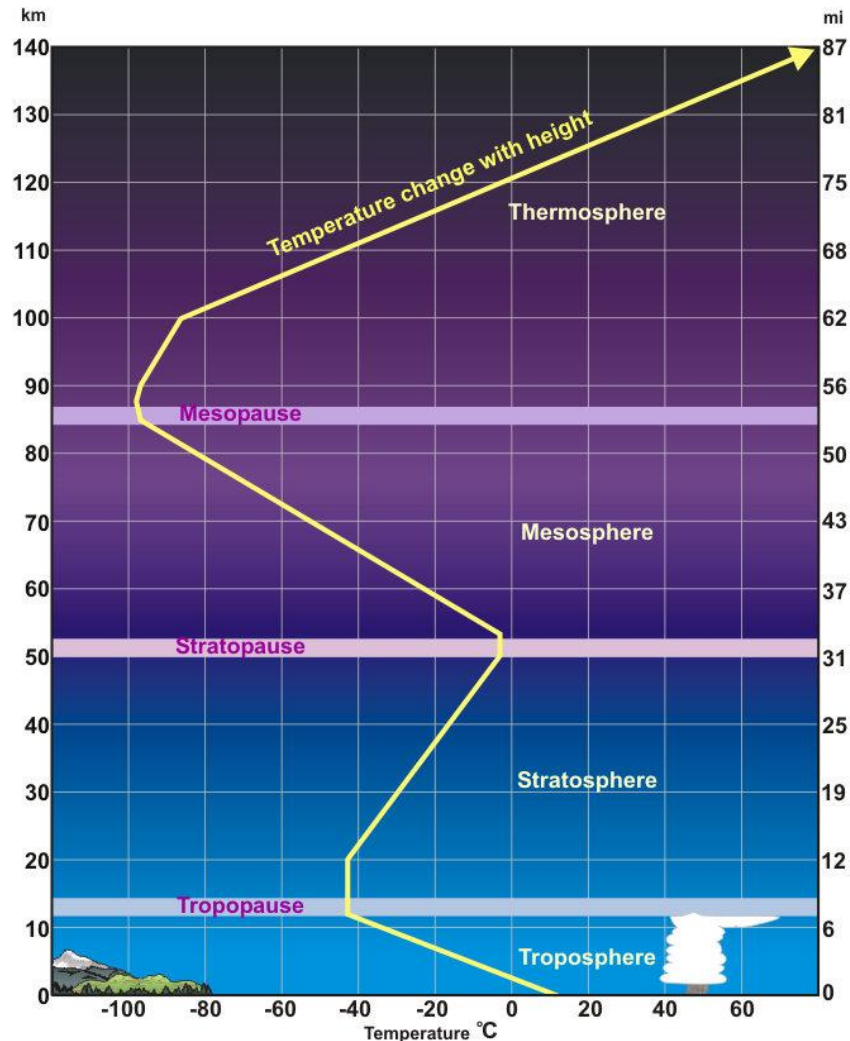
- Το αμέσως επόμενο στρώμα της ατμόσφαιρας είναι η Μεσόσφαιρα η οποία εκτείνεται από την στρατόπαυση μέχρι το ύψος των 80-85 Km
- Χαρακτηρίζεται από απότομη πτώση της θερμοκρασίας η οποία στο ύψος των 80 Km μπορεί να φτάσει τους  $-90^{\circ}\text{C}$
- Χαρακτηρίζεται επίσης από διαταρακτικές κινήσεις καθώς βρίσκεται πάνω από ένα θερμό στρώμα αέρα
- Η Μεσόσφαιρα κυριαρχείται από τις δυνάμεις βαρύτητας, ενδογενούς πίεσης & την υπεριώδη ακτινοβολία
- **Μεσόπαυση:**
- Είναι η διαχωριστική ζώνη μεταξύ της μεσόσφαιρας & του αμέσως υπερκείμενου στρώματος. Βρίσκεται ~80 Km & αποτελεί το ανώτερο όριο της ομοιόσφαιρας

- Αποτελεί την πιο ψυχρή περιοχή της γήινης ατμόσφαιρας καθώς εκεί η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει ακόμη και τους  $-150^{\circ}\text{C}$
- Στη Μεσόπαυση, στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη παρατηρούνται φωτεινά ή φωσφορίζοντα νέφη (polar clouds) όταν ο ήλιος βρίσκεται  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$  κάτω από τον ορίζοντα



# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

## Θερμόσφαιρα

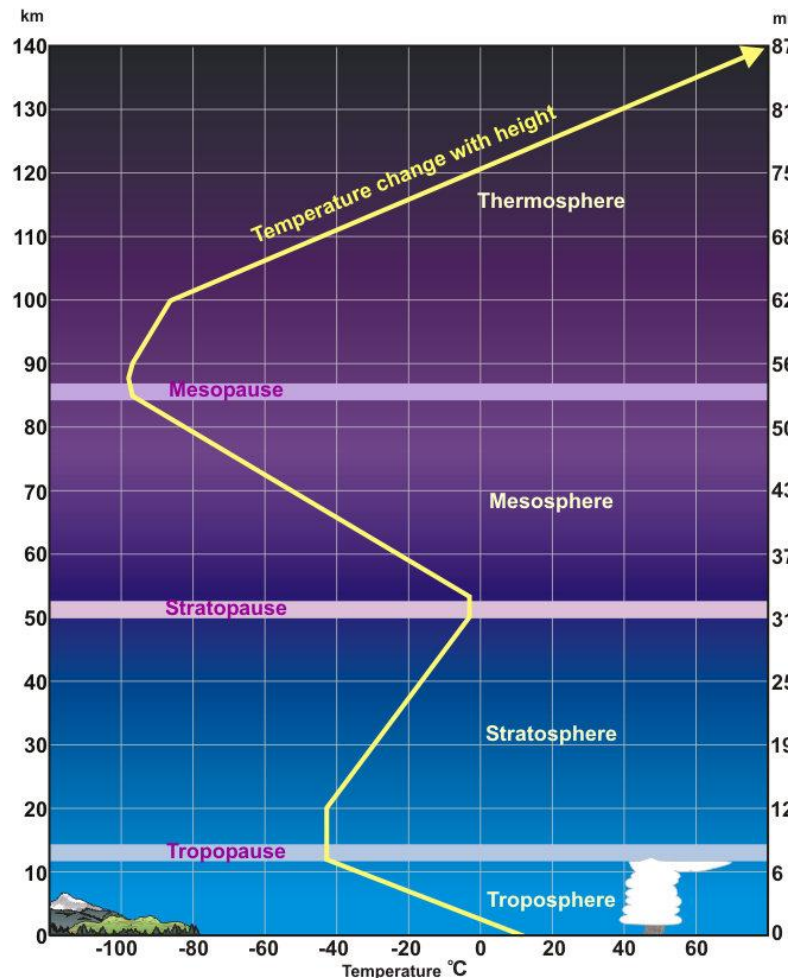


Πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>

- Το αμέσως επόμενο στρώμα της ατμόσφαιρας πάνω από την Μεσόσφαιρα είναι η Θερμόσφαιρα
- Χαρακτηρίζεται από συνεχή αύξηση της θερμοκρασίας (εκτός από την ισόθερμη βάση της) μέχρι τα άνω όρια της, τα οποία δεν είναι σαφώς καθορισμένα (φτάνουν περίπου στα 400 Km) όπου η θερμοκρασία φτάνει τους  $1000^{\circ}\text{K}$  ή και περισσότερο
- Η θερμοκρασία της Θερμόσφαιρας παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές με
  - το γεωγραφικό πλάτος
  - την ώρα της ημέρας
  - την ηλιακή δραστηριότητα (όταν οι ηλιακές κηλίδες εμφανίζονται ελάχιστο η θερμοκρασία της θερμόπαυσης στα μέσα γεωγραφικά πλάτη φτάνει τους  $750^{\circ}\text{K}$ , ενώ σε περιόδους μεγίστου των κηλίδων αυτή φτάνει τους  $1300^{\circ}\text{K}$ )

- Η μόνη διαδικασία ψύξης της θερμόσφαιρα είναι η μεταφορά θερμότητας με αγωγιμότητα προς τα κάτω

## Θερμόσφαιρα



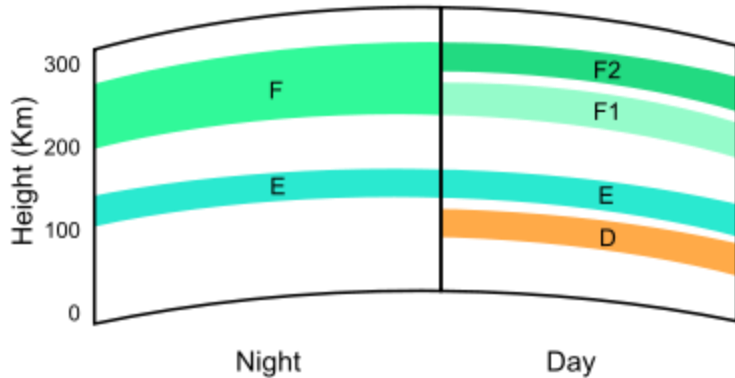
Πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>

- Η σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας της Θερμόσφαιρας με το ύψος οφείλεται:
  - στη σημαντική αραίωση του αέρα σε αυτά τα ύψη
  - στην έλλειψη τριατομικών μορίων
  - στην παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας με μήκη κύματος μικρότερα από 175 nm (υπεριώδης ακτινοβολία)
  - στην ενέργεια που εκλύεται από διάφορες εξώθερμες χημικές αντιδράσεις
- Θερμόπαυση:
  - Το ανώτατο όριο της θερμόπαυσης όπου παύει η αύξηση της θερμοκρασίας

- Πάνω από την θερμόπαυση εκεί που η ατμόσφαιρα είναι ισόθερμη (δηλ. η θερμοκρασία δεν μεταβάλλεται με το ύψος) ονομάζεται **εξώσφαιρα**
- Η βάση της εξώσφαιρας βρίσκεται σε ένα ύψος που κυμαίνεται μεταξύ 400 & 500 Km
- Η μέση ελεύθερη διαδρομή των μορίων στην εξώσφαιρα είναι μεγάλη (της τάξης των 1.6 Km) => τα ουδέτερα άτομα των αερίων μπορούν να διαφύγουν αμέσως στο διάστημα

# Ιονόσφαιρα και διάδοση των Ραδιοκυμάτων

## Ιονόσφαιρα



Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ionosphere>

- Η περιοχή της ατμόσφαιρας που εκτείνεται από τα 70 Km μέχρι τα 1000 Km και στην οποία υπάρχει μεγάλος αριθμός ηλεκτρονίων & ιόντων

- Το μέγιστο της πυκνότητας των φορτισμένων σωματιδίων εντοπίζεται στα 300 Km

- Ο ιονισμός των συστατικών της ατμόσφαιρας οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία & στη σωματιδιακή ακτινοβολία

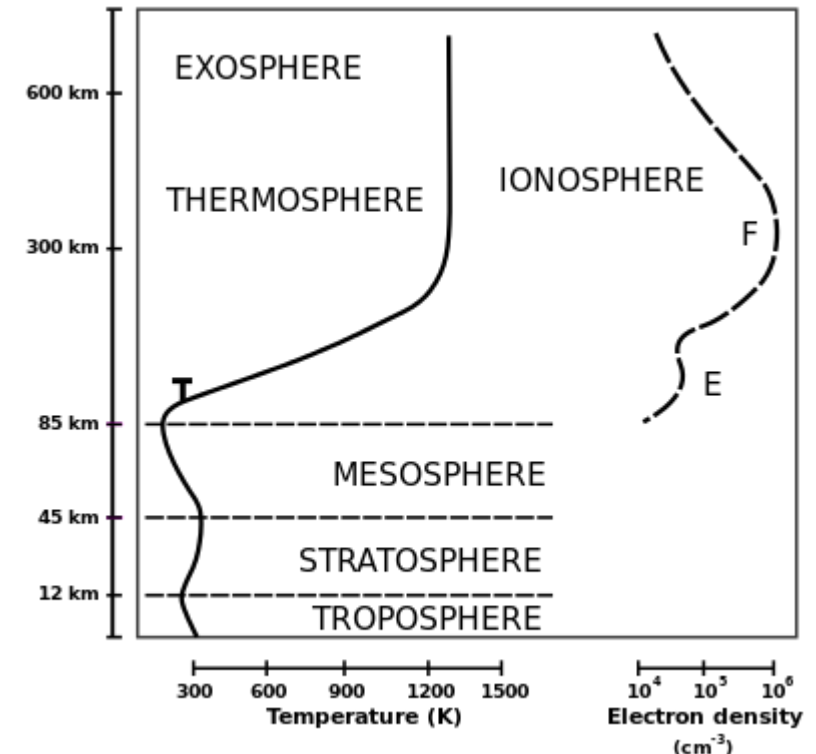
- Περιοχές Ιονόσφαιρας:

- περιοχή D: 60 – 90 Km
- περιοχή E: 90 – 150 Km
- περιοχή F1: 150 – 250 Km
- περιοχή F2: 250 – 350 Km

- Η περιοχή D εμφανίζεται μόνο την ημέρα

- Η E εξασθενεί την νύχτα

- Οι F1 & F2 τη νύχτα συνενώνονται στην περιοχή F

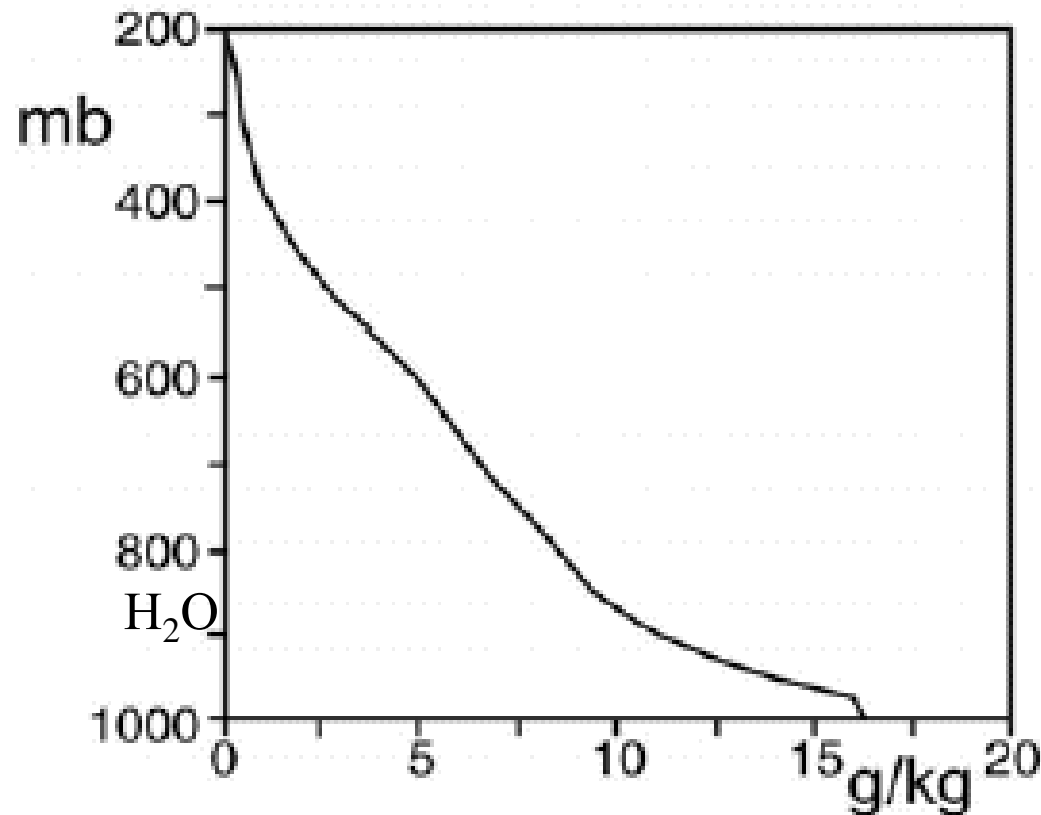


Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ionosphere>

- Ιονόσφαιρα: κυρίαρχο ρόλο στις τηλεπικοινωνίες

# Μεταβολή της Υγρασίας με το ύψος

- Οι Υδρατμοί στην κατώτερη τροπόσφαιρα κατανέμονται σε επίπεδα/ύψη που μεταβάλλονται συνεχώς
- π.χ. η σχετική υγρασία είναι μέγιστη πάνω από τις τροπικές περιοχές στο ύψος των 500 mb ενώ μειώνεται καθώς μετακινούμαστε προς τους πόλους



**Πηγή:** figure 3.3 in the book: John Marshall, R. Alan Plumb, Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics: An Introductory Text, 2007, Elsevier Academic Press, 2007, ISBN: 978-0-12-558691-7

## Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την **1<sup>η</sup>** έκδοση.

## Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Αγγελική Φωτιάδη, 2015.

Αγγελική Φωτιάδη. «Κλιματολογία - Μετεωρολογία». Έκδοση: 1.0. Αγρίνιο 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

[https://eclass.upatras.gr/modules/document/document.php?course=ENV\\_109](https://eclass.upatras.gr/modules/document/document.php?course=ENV_109)

## Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού, Απαγόρευση Εμπορικής Χρήσης και Όχι Παράγωγα Έργα. 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».

**« Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις της καθηγήτριας Α. Φωτιάδη».**



**Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:**

**Διαφάνεια 5:** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth\\_Eastern\\_Hemisphere.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth_Eastern_Hemisphere.jpg)

**Διαφάνεια 6:** [www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/atmosphere.html](http://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/atmosphere.html)

**Διαφάνεια 8:** [https://en.wikipedia.org/wiki/1980\\_eruption\\_of\\_Mount\\_St.\\_Helens](https://en.wikipedia.org/wiki/1980_eruption_of_Mount_St._Helens)

**Διαφάνεια 9:** <https://encrypted->

[tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSgiWM2u0HRTfCqvcBQyDxGYd5A6TApqITzzUZkINylkNU4voAZ](https://tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSgiWM2u0HRTfCqvcBQyDxGYd5A6TApqITzzUZkINylkNU4voAZ)

**Διαφάνεια 11 - 12:** [www.nasa.gov/vision/universe/newworlds/ets\\_breath.html](http://www.nasa.gov/vision/universe/newworlds/ets_breath.html)

**Διαφάνεια 19:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Valley>

**Διαφάνεια 24:** IPCC report 2001 και

[https://en.wikipedia.org/wiki/Mauna\\_Loa\\_Observatory#/media/File:Mauna\\_Loa\\_CO2\\_monthly\\_mean\\_concentration.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Mauna_Loa_Observatory#/media/File:Mauna_Loa_CO2_monthly_mean_concentration.svg)

**Διαφάνεια 25:** IPCC report 2001

**Διαφάνεια 26:** IPCC report 2013, The Physical Science Basis, chapter 6

**Διαφάνεια 27:** wikipedia.org, διάγραμμα προερχόμενο από: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/>

**Διαφάνεια 28:** IPCC report 2001

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/the-nitrogen-cycle>

**Διαφάνεια 29:** figure 3.2 in the book: John Marshall, R. Alan Plumb, Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics: An Introductory Text, 2007, Elsevier Academic Press, 2007, ISBN: 978-0-12-558691-7

**Διαφάνεια 30:** IPCC report 2001

**Διαφάνεια 31:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Volcano>

**Διαφάνεια 32:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_cycle](https://en.wikipedia.org/wiki/Water_cycle)



**Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:**

**Διαφάνεια 35:**

[https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric\\_pressure#/media/File:Atmospheric\\_Pressure\\_vs.\\_Altitude.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_pressure#/media/File:Atmospheric_Pressure_vs._Altitude.png)

**Διαφάνεια 36:** <http://uars.gsfc.nasa.gov/uars-science/BrochurePage1.html>

**Διαφάνεια 37:** <http://uars.gsfc.nasa.gov/uars-science/BrochurePage1.html>

**Διαφάνεια 40 - 42:** <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>

**Διαφάνεια 44 - 45:** Φλόκας, Α., Γενική Κλιματολογία, Αθήνα 1992

**Διαφάνεια 46 – 50:** <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmprofile.jpg>

**Διαφάνεια 51:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Ionosphere>

**Διαφάνεια 52:** figure 3.3 in the book: John Marshall, R. Alan Plumb, Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics: An Introductory Text, 2007, Elsevier Academic Press, 2007, ISBN: 978-0-12-558691-7

