



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα **ΠΠ**

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

ΕΝΟΤΗΤΑ: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ - ΡΥΠΟΙ

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



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

Λέκτορας

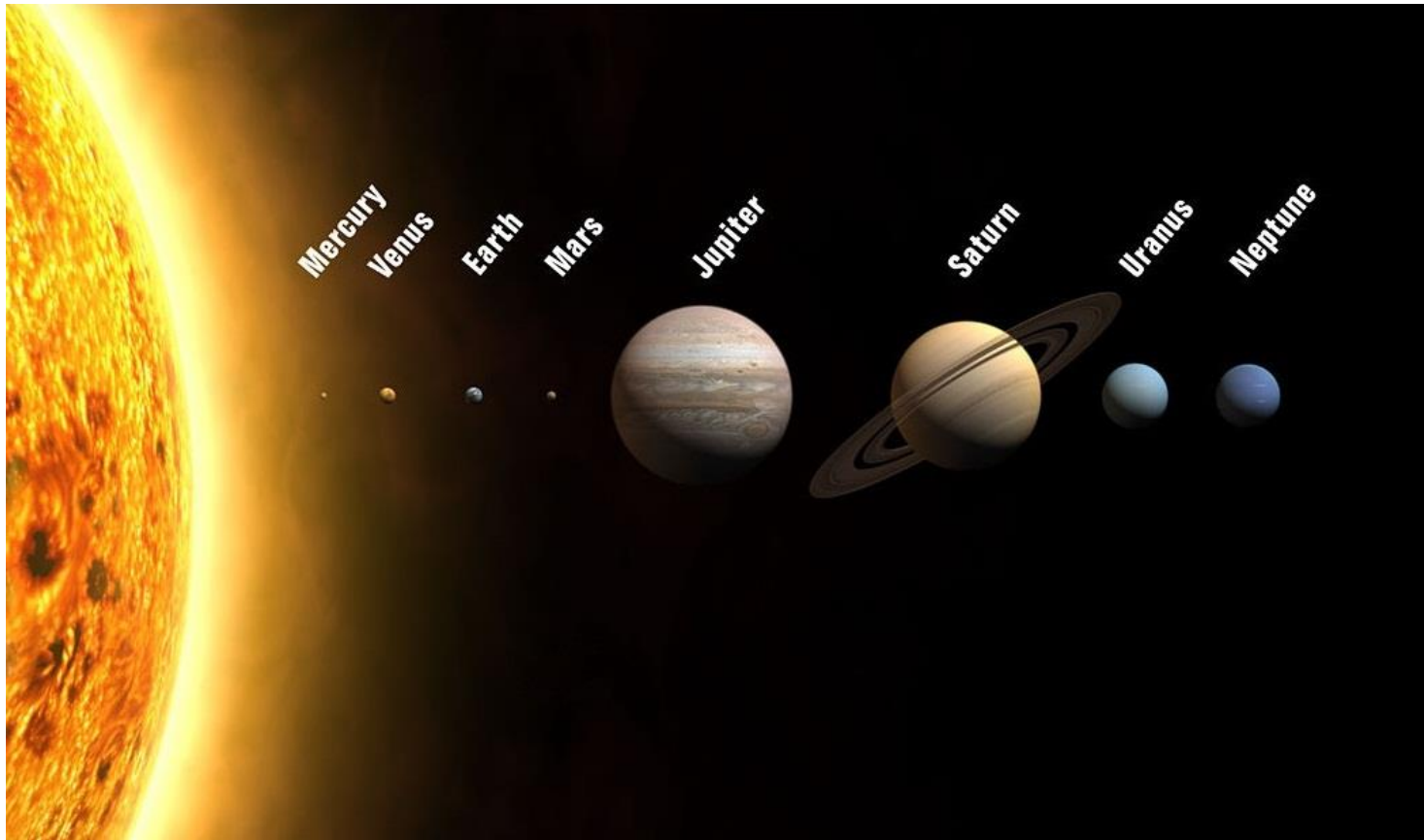
του Τμήματος Διαχείρισης
Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων

 2641074156

 afotiadi@upatras.gr

Προέλευση & Εξέλιξη της Ατμόσφαιρας της Γης

Η θέση της Γης στο Ηλιακό μας σύστημα



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/Planets2013.jpg>

Η Γη



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/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: ~ 1610 km/h

Η Ατμόσφαιρα της Γης

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).

Το πάχος της ατμόσφαιρας της Γης είναι περίπου 100 Km

Χαρακτηριστικά

μάζα = 10^{-6} της μάζας του πλανήτη

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

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

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

• Τα καιρικά φαινόμενα λαμβάνουν χώρα μέσα σ' αυτό το ύψος (30 km)

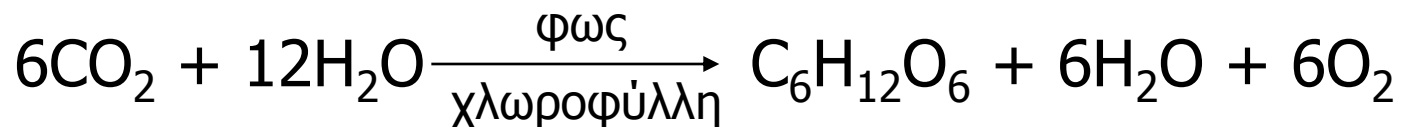
Προέλευση & Εξέλιξη της Ατμόσφαιρας της Γης

- Η ατμόσφαιρα της Γης στην πρωταρχική της μορφή (**4.6 δισεκατομμύρια χρόνια πριν!**) αποτελούνταν κυρίως από **Υδρογόνο (H₂)** και **Ήλιο (He)**

Κατά την εξελικτική της πορεία με την έκλυση αερίων από το εσωτερικό της Γης εμπλουτίστηκε με άλλα αέρια όπως: **Υδρατμούς (H₂O)**, **Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂)**, **Άζωτο (N₂)**

- Συνεχίζοντας την εξελικτική της πορεία συνέχισε και ο εμπλουτισμός της με άλλα αέρια μέσω της αλληλεπίδρασής της με τη βιόσφαιρα, για να φτάσει τελικά στη σημερινή της σύσταση

Φωτοσύνθεση:



Η Ατμόσφαιρα της Γης

Χαρακτηρίζεται:

- Χημική της σύσταση
- Κατακόρυφη δομή της
 - Χημική της σύσταση
 - Φυσικών - Μετεωρολογικών μεταβλητών
 - πυκνότητα
 - πίεση
 - θερμοκρασία

Σύσταση της γήινης ατμόσφαιρας

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

Κύρια

Δευτερεύοντα

* Μεταβλητά

Σύσταση της γήινης ατμόσφαιρας

- Ξηρός αέρας
- Υδρατμοί
- Αερολύματα

Σύσταση της γήινης ατμόσφαιρας: 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

■ Το ίδιο ισχύει και για το άζωτο (**N₂**) το οποίο είναι και το πιο άφθονο συστατικό της ατμόσφαιρας

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΤΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗ

● Ομοιόσφαιρα

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

● Ετερόσφαιρα

- Το τμήμα της ατμόσφαιρας πάνω από το ύψος των **80 km**. Εδώ τα αέρια δεν είναι καλά ανανεμιγμένα 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 ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

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)

ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

● Πυκνότητα

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

ή

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

Μονάδες: gr/m³, gr/cm³, kg/m³

● 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 kg/m³

● **Η πυκνότητα μειώνεται εκθετικά με το ύψος**

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Η πίεση **μειώνεται εκθετικά** με το ύψος

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

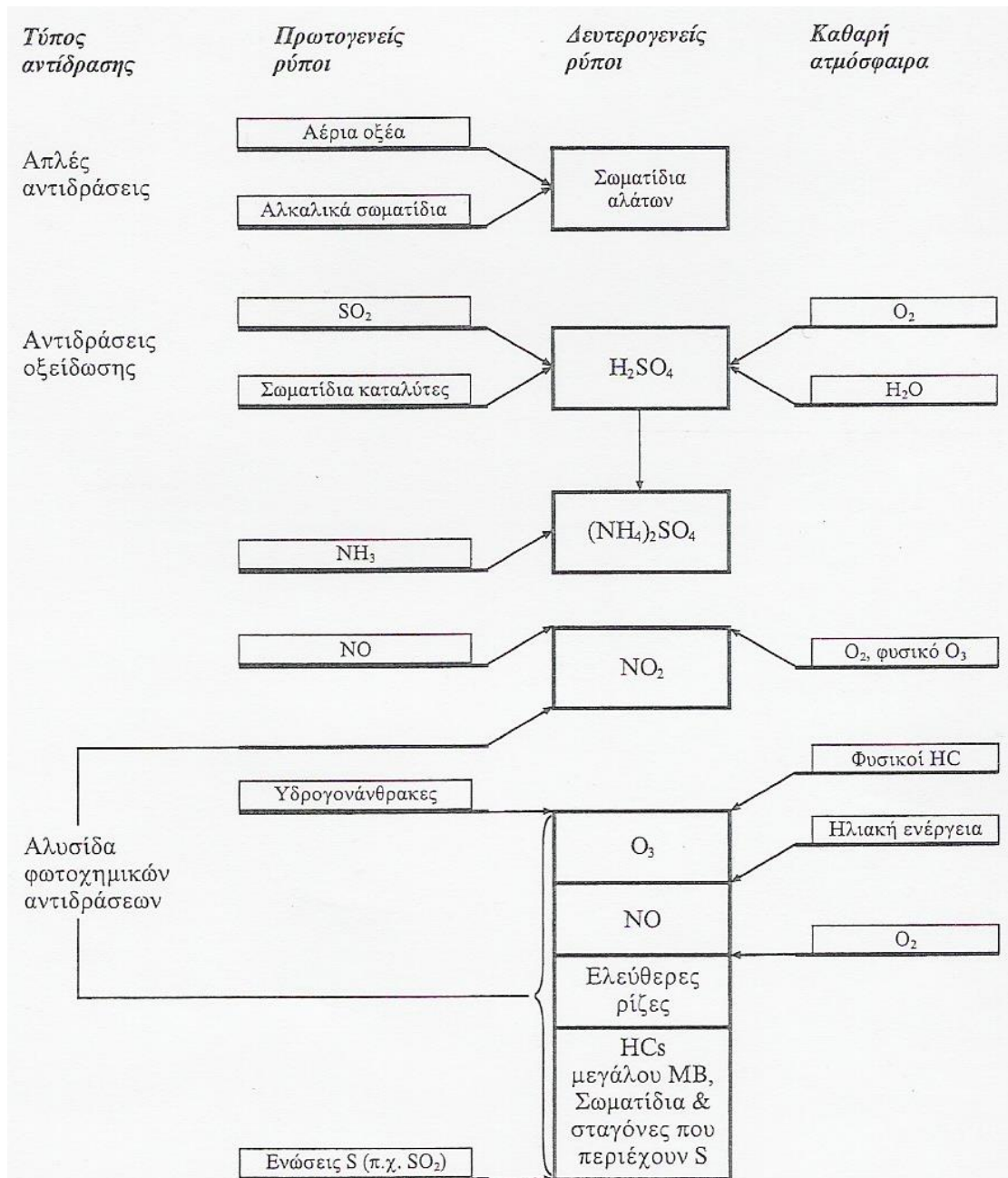
Ρύποι

Πρωτογενείς: εκπέμπονται άμεσα στην ατμόσφαιρα από ανθρώπινες δραστηριότητες ή από την ίδια τη φύση

Δευτερογενείς: προκύπτουν από πρωτογενείς ρύπους μετά από αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους ή με τα οικοσυστήματα

Πρωτογενείς ρύποι	Δευτερογενείς ρύποι
CO, CO ₂ , COS, (CH ₃) ₂ S, H ₂ S SO ₂ , NO, NO ₂ , NH ₃ Υδρογονάνθρακες Αλογονομένοι υδρογονάνθρακες Αερολύματα	O ₃ , SO ₃ , SO ₄ ⁻² H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , NO ₂ , NO ₃ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ



ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

- Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι με βάση την κατάσταση τους ταξινομούνται σε:

- ✓ Αέριοι

- ✓ Υγροί (ενώσεις που διαλύονται στις υδροσταγόνες)

- ✓ Σωματίδια

} αιωρούμενοι

ΚΑΠΟΙΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ & ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ

Χημικός τύπος	Όνομασία	Χαρακτηριστικά
SO ₂	Διοξείδιο του θείου	Άχρωμο, διαβρωτικό, χαρακτηριστικής οσμής, διαλυτό στο νερό (H ₂ SO ₃)
SO ₃	Τριοξείδιο του θείου	Ιδιαίτερα διαβρωτικό, διαλυτό στο νερό (H ₂ SO ₄)
H ₂ S	Υδρόθειο	Χαρακτηριστική οσμή (χαλασμένου αυγού), ιδιαίτερα δηλητηριώδες
N ₂ O	Υποξείδιο του αζώτου	Άχρωμο, σχετικά αδρανές, αέριο γέλιου
NO	Οξείδιο του αζώτου	Άχρωμο, άοσμο, οξειδώνεται από O ₃ και O ₂
NO ₂	Διοξείδιο του αζώτου	Καστανόχρωμο, χαρακτηριστικής οσμής
CO	Μονοξείδιο του άνθρακα	Άχρωμο, άοσμο, άκρως τοξικό, προκαλεί ασφυξία
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα	Άχρωμο, άοσμο, μη τοξικό
O ₃	Όζον	Γαλαζωπό, χαρακτηριστικής οσμής, ισχυρά δραστικό
CH ₄	Μεθάνιο	Άχρωμο, άοσμο, σχετικά αδρανές
HC	Υδρογονάνθρακες	Πλήθος ενώσεων Σχετικά μικρή τοξικότητα. Σημαντικό ρόλο στην ατμοσφαιρική χημεία
Σωματίδια		Πλήθος - Υγρά και στερεά διαμέτρου <10 μm

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Συγκέντρωση ρύπων

Κατά βάρος: Μάζα ρύπου ανά μονάδα όγκου αέρα →
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Κατ' όγκο: Όγκος ρύπου ανά όγκους αέρα →

ppm: μέρη στο εκατομμύριο → όγκος ρύπου/ 10^6 όγκους αέρα

ppb: μέρη στο δισεκατομμύριο → όγκος ρύπου/ 10^9 όγκους αέρα

$$C^v(\text{ppd}) = 10^3 C^v(\text{ppm})$$

ppt: μέρη στο τρισεκατομμύριο → όγκος ρύπου/ 10^{12} όγκους αέρα

$$C^v(\text{ppt}) = 10^3 C^v(\text{ppb}) = 10^6 C^v(\text{ppm})$$

ppm_v → μέρη στο εκατομμύριο κατ' όγκο

ppm_m → μέρη στο εκατομμύριο κατά μάζα

* Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων εκφράζονται σε $\mu\text{g} / \text{m}^3$

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Σχέση μονάδων συγκέντρωσης κατά βάρος και κατ' όγκο

$$C^m = \frac{C^v \cdot P \cdot MB}{R \cdot T}$$

C^m : Συγκέντρωση κ.β., C^v : Συγκέντρωση κ.ό., P : Πίεση σε atm

MB : Μοριακό βάρος ρύπου, T : Θερμοκρασία σε K

R : Παγκόσμια σταθερά αερίων, $8.206 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

➤ Τα μέρη στο εκατομμύριο είναι στην ουσία ένα αδιάστατο κλάσμα όγκου το οποίο ορίζεται από τη σχέση :

$$\text{συγκέντρωση ενός στοιχείου } i \text{ σε ppm} = \frac{c_i}{c \times 10^6}$$

όπου c_i είναι ο αριθμός των γραμμομορίων του στοιχείου i στην μονάδα του όγκου και c είναι ο αριθμός των γραμμομορίων του αέρα στην μονάδα του όγκου για κάποια πίεση p και κάποια θερμοκρασία T

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

- Μετατροπή συγκεντρώσεων

$$c_i(\text{ppm}) = \frac{8.314 \cdot T}{100 \cdot p \cdot M_i} c_i(\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$$

$$c_i(\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}) = \frac{100 \cdot p \cdot M_i}{8.314 \cdot T} c_i(\text{ppm})$$

όπου c_i είναι η συγκέντρωση του στοιχείου i , p είναι η πίεση του αέρα σε mb (ή hPa), T είναι η θερμοκρασία του αέρα σε Kelvin (K) και M_i είναι το μοριακό βάρος του στοιχείου i .

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

- **A) ΑΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ**

- ◊ Αστικές και Βιομηχανικές πηγές

- ◊ Αγροτικές και Γεωργικές πηγές

- **B) ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ**

- ◊ **Φυσικές πηγές:** Παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων και δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων (ελάχιστες εξαιρέσεις)

- ◊ **Ανθρωπογενείς πηγές:** Παράγουν μικρότερο ποσοστό των εκπεμπόμενων αερίων και οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων (ατμοσφαιρικά επεισόδια).

Ανθρωπογενείς Πηγές: Κύριες υπεύθυνες για περιβαλλοντικά προβλήματα!!

ΓΙΑΤΙ;

- Ανατροπή της φυσικής ισορροπίας
- Αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων σε μικρές γεωγραφικές περιοχές
- —→ Ανάμειξη με ήδη επιβαρυμένο αέρα
- —→ Χημικοί μετασχηματισμοί
- Εκπομπή μη φυσικών ρύπων

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ - ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ

Αστικές και Βιομηχανικές πηγές

- Παραγωγή ενέργειας
- Βιομηχανικές μονάδες
- Μεταφορές
- Διαδικασίες καύσεων
- Απορρίμματα
- Κατασκευαστικά έργα

Γεωργικές και Αγροτικές πηγές

- Εκπομπές σκόνης
- Καύσεις για εκχέρσωση και καύση αγροτικών αποβλήτων
- Εκπομπές εδαφών
- Ψεκασμοί με αεροπλάνα
- Αποσύνθεση αποβλήτων

Φυσικές πηγές

- Αποσάθρωση από ανέμους
- Πυρκαγιές δασών
- Ηφαιστειακές εκρήξεις
- Βιογενείς εκπομπές
- Θαλάσσια σταγονίδια – Εξάτμιση
- Μικροβιακές διεργασίες εδαφών
- Αποσύνθεση οργανικής ύλης
- Κεραυνοί

ΚΑΤΑΒΟΘΡΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

❑ **Καταβόθρες ατμοσφαιρικών ρύπων:** 'όχημα ή μέσο' για την αφαίρεση ρύπων από το σύστημα Ατμόσφαιρα-Βιόσφαιρα-Γη και στις οποίες μια ουσία "απορροφάται" και αποθηκεύεται κατά τρόπο μόνιμο ή ημι-μόνιμο ή μετατρέπεται σε μια άλλη ουσία

❑ **Κύριες καταβόθρες ατμοσφαιρικών ρύπων:** έδαφος, βλάστηση, ποτάμια, λίμνες και κυρίως θάλασσες & ωκεανοί

Παράδειγμα: κύρια καταβόθρα του C (CO_2) είναι οι **ωκεανοί** που απορροφούν τις μεγαλύτερες ποσότητες C και η φωτοσύνθεση μέσω της οποίας δεσμεύεται, μεταφέρεται και μετατρέπεται C μέσα στα φυτά

❑ **Καταβόθρες:** θεμελιώδους σημασίας αφού καθορίζουν τα επίπεδα της συγκέντρωσης μιας ουσίας μέσα στην ατμόσφαιρα

○ αν η ένταση της καταβόθρας είναι μεγαλύτερη από αυτή της πηγής \Rightarrow η συγκέντρωση της ουσίας στην ατμόσφαιρα μειώνεται

○ αν η ένταση της καταβόθρας είναι μικρότερη από αυτή της πηγής \Rightarrow η συγκέντρωση της ουσίας στην ατμόσφαιρα αυξάνει

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΘΑΡΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

□ Μηχανισμοί κάθαρσης: μηχανισμοί με τους οποίους αφαιρούνται οι ρύποι από την ατμόσφαιρα

□ Κύριοι μηχανισμοί κάθαρσης ατμοσφαιρικών ρύπων:

- Ξηρά απόθεση (κυριαρχεί κοντά στο έδαφος)
- Υγρά απόθεση (κυριαρχεί σε ύψη > 100 m)

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΘΑΡΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

- **Ξηρά απόθεση:** άμεση μεταφορά και απόθεση των αέριων ενώσεων & των σωματιδίων στην επιφάνεια της Γης. Πραγματοποιείται λόγω της βαρύτητας και δεν απαιτείται η δράση της βροχόπτωσης
- **Υγρά απόθεση:** περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες μέσω των οποίων ατμοσφαιρικές ενώσεις μεταφέρονται στην επιφάνεια της Γης σε υγρή μορφή (βροχή, χιόνι, ομίχλη, ...)
 - ✓ διάλυση αέριων ενώσεων σε υδροσταγόνες, π.χ. βροχής, νέφους, ομίχλης
 - ✓ αφαίρεση σωματιδίων (αερολυμάτων) δρώντας σαν πυρήνες συμπύκνωσης των υδρατμών για το σχηματισμό υδροσταγόνων νεφών ή ομίχλης ⇒ ενσωμάτωση τους στις υδροσταγόνες
 - ✓ αφαίρεση ατμοσφαιρικών ενώσεων λόγω σάρωσης τους κατά την πτώση των υδροσταγόνων

*** *Ακόμη και όταν μία αέρια ένωση ή ένα σωματίδιο 'συλλαμβάνεται' από μια υδροσταγόνα δεν αφαιρείται απαραίτητα από την ατμόσφαιρα αφού η υδροσταγόνα μπορεί να εξατμιστεί στην πορεία***

ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

□ **Χρόνος ημιζωής ρύπων:** μέτρο της ηλικίας των ρύπων & είναι ο χρόνος που χρειάζεται ώστε να εξαφανιστεί το μισό της ποσότητας ενός ρύπου

□ **Χρόνος παραμονής των ρύπων στην ατμόσφαιρα (τ):**

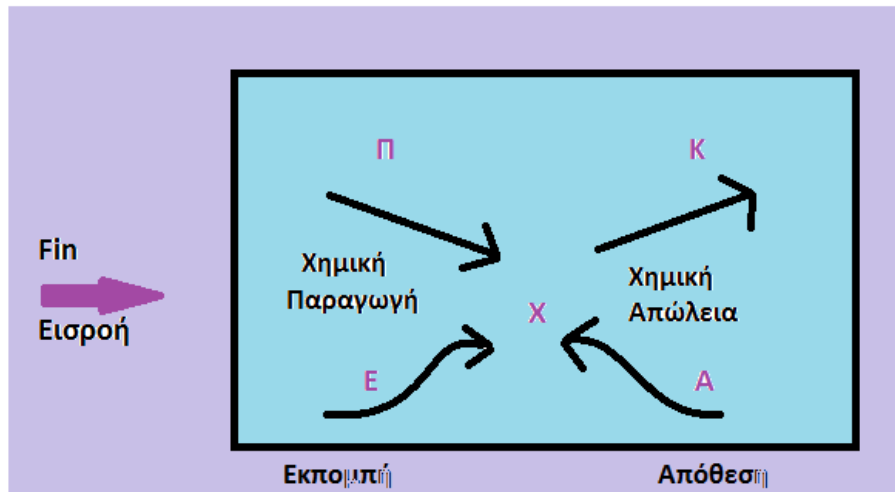
■ Οι συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στην ατμόσφαιρα επηρεάζονται από τεσσάρων ειδών διεργασίες:

- Εκπομπές
- Χημικούς μετασχηματισμούς
- Διασπορά
- Απόθεση

ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

□ Έστω ένας φανταστικός κύβος ατμοσφαιρικού αέρα. Η συμπεριφορά μιας χημικής ένωσης μέσα σ' έναν συγκεκριμένο όγκο αέρα ή και στο σύνολο της ατμόσφαιρας καθορίζεται από την **αρχή διατήρησης της μάζας**

- Έστω Q η ολική μάζα μιας χημικής ένωσης μέσα στον θεωρούμενο όγκο αέρα:



$$\frac{dQ}{dt} = (F_{in} - F_{out}) + (P - R)$$

Όπου: $P = E + \Pi$ και
 $R = K + A$

- Αν το ποσό της συγκεκριμένης ένωσης μέσα στον δεδομένο όγκο αέρα δεν αλλάζει με το χρόνο δηλ. $Q = \text{σταθερό} \Rightarrow dQ/dt = 0 \Rightarrow$

ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

$F_{in} + P = F_{out} + R \Rightarrow$ επικρατούν συνθήκες *steady-state*
(σταθερής κατάστασης)

■ Στην περίπτωση που ο όγκος στον οποίο αναφερόμαστε είναι το σύνολο της ατμόσφαιρας $\Rightarrow F_{in} = 0$ και $F_{out} = 0 \Rightarrow P = R$

■ Για το σύνολο της ατμόσφαιρας και για συνθήκες σταθερής κατάστασης

ο μέσος χρόνος παραμονής (τ) μιας χημικής ένωσης είναι:

$$\tau = \frac{Q}{R} = \frac{Q}{P}$$

■ Η Δυναμική ισορροπία μιας χημικής ένωσης i μέσα στην ατμόσφαιρα περιγράφεται από την εξίσωση:

$$\frac{dQ_i}{dt} = P_i - R_i$$

Όπου: Q_i είναι ο συνολικός αριθμός των μορίων της ένωσης στην ατμόσφαιρα,
 P_i & R_i είναι ο ρυθμός παραγωγής και απώλειας της ένωσης αντίστοιχα

ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

$$P_i \begin{cases} P_i^n & \text{Φυσικές εκπομπές} \\ P_i^\alpha & \text{Ανθρωπογενείς εκπομπές} \\ P_i^c & \text{Χημικές αντιδράσεις} \end{cases}$$

$$R_i \begin{cases} R_i^d & \text{Ξηρά απόθεση} \\ R_i^w & \text{Υγρά απόθεση} \\ R_i^c & \text{Χημικές αντιδράσεις} \\ R_i^t & \text{Μεταφορά στη στρατόσφαιρα} \end{cases}$$

- Συνήθως οι ρυθμοί απώλειας θεωρούνται ανάλογοι της συγκέντρωσης της θεωρούμενης ένωσης $R_i^y = k_i^y \cdot Q_i$

$$\frac{dQ_i}{dt} = P_i^n + P_i^\alpha + P_i^c - (k_i^d + k_i^w + k_i^c + k_i^t) \cdot Q_i$$

- Για συνθήκες σταθερής κατάστασης:

$$P_i^n + P_i^\alpha + P_i^c - (k_i^d + k_i^w + k_i^c + k_i^t) \cdot Q_i = 0 \Rightarrow$$

ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

□ Χρόνος παραμονής μιας ένωσης i στην ατμόσφαιρα (τ_i) υπολογίζεται:

$$\tau_i = \frac{1}{k_i^d + k_i^w + k_i^c + k_i^t}$$

ή

$$\tau_i = \frac{Q_i}{P_i^n + P_i^\alpha + P_i^c}$$

- Επειδή οι σταθερές k_i των ρυθμών απώλειας είναι δύσκολο να υπολογιστούν, συνήθως για τον υπολογισμό του χρόνου παραμονής μιας ένωσης στην ατμόσφαιρα χρησιμοποιούμε την 2η σχέση όπου χρειάζεται να γνωρίζουμε τη συγκέντρωση Q_i η οποία συνήθως προκύπτει από μετρήσεις και την ένταση των πηγών

ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

□ Μέσοι Χρόνοι Παραμονής:

Ουσία	Χρόνος παραμονής
O ₃	0.4-90 ημέρες
NO	4-5 ημέρες
NO ₂	2-8 ημέρες
NO ₃	4-20 ημέρες
NH ₄	7-19 ημέρες
H ₂ S	0.08-2 ημέρες
SO ₂	0.01-7 ημέρες
SO ₄	3-5 ημέρες
Hg	11-2080 ημέρες
CO	0.9-2.7 έτη
CH ₄	1.5-2 έτη
Freon	16 έτη
CO ₂	2-10 έτη

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

□ **Αποδέκτες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης:** καλούνται εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζονται δυσμενώς από τον ρυπασμένο αέρα

- **άνθρωπος**
- **χλωρίδα**
- **πανίδα** } οικοσυστήματα
- **υλικά** (μέταλλο, πέτρα, μπογιά, χαρτί, δέρμα, ύφασμα)

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Επιπτώσεις ρύπων

- Υλικά
- - Διάβρωση
- - Αποχρωματισμός
- - Εξασθένιση ινών
- Καταστροφή ιστορικών και σύγχρονων κτιρίων , μνημείων

Όξινη βροχή

Μείωση pH λόγω διάλυσης ενώσεων του θείου και του αζώτου στα σταγονίδια

Φυτά

- Βιοχημικές μεταβολές
- Ανάπτυξη
- Μαρανση
- Νέκρωση

Ατμόσφαιρα

- **Μείωση ορατότητας**
- **Ενεργειακό ισοζύγιο**
- **Σχηματισμός ομίχλης και υετού**
- **Όξινη βροχή**
- **Μείωση στρατοσφαιρικού όζοντος**
- **Κλιματικές αλλαγές**

ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Ανθρώπινη υγεία

Ατυχήματα

Χρόνια έκθεση

- Ασθένειες αναπνευστικού συστήματος
- Καρδιο-αγγειολογικές ασθένειες
- Ερεθισμός σε μάτια, μύτη, λαιμό
- Επιδείνωση υπάρχουσας ασθένειας
- Δημιουργία κακοηθών όγκων

CO: ανωμαλίες της όρασης, κακή εκτίμηση χώρου και χρόνου, αναισθησία, θάνατος.

SO₂: Αναπνευστικό σύστημα, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων

HC: Καρκινογόνο δράση.

O₃: Εξαιρετικά τοξικό, ζάλη, εμετούς κ.ά

Ζώα

Αναπνοή

Εναπόθεση ρύπων

(F, Pb, βαρέα μέταλλα)

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

- **Μεταφορά:** είναι ο μηχανισμός με τον οποίο μεταφέρεται η ατμοσφαιρική ρύπανση από μία πηγή σε έναν αποδέκτη
 - Ο απλούστερος συνδυασμός πηγής – αποδέκτη είναι αυτός μιας απομονωμένης σημειακής πηγής (π.χ. μία καμινάδα) και ένας απομονωμένος αποδέκτης σε κάποια απόσταση από την πηγή (π.χ. ένα σπίτι)
 - Η εκπεμπόμενη από την πηγή ρύπανση θα μεταφερθεί κατευθείαν προς τον αποδέκτη όταν υπάρχει ευνοϊκός προς αυτόν άνεμος
- * Σε απόσταση 5 – 10 km, το νέφος δεν παραμένει κυλινδρικού σχήματος της ίδιας διαμέτρου όπως στο εσωτερικό της καμινάδας από την οποία εκλύεται

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

- **Δίνες (τυρβώδης ροή)** αναμιγνύουν το νέφος με τον περιβάλλοντα αέρα
 - **Εξάπλωση του νέφους ρύπανσης:** αν η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα αποβολής από την καμινάδα, ο άνεμος θα απλώσει το εκπεμπόμενο νέφος έως ότου η ταχύτητά του γίνει ίση με την ταχύτητα του ανέμου
 - **Άσκοπη περιπλάνηση:** όταν η κατεύθυνση του ανέμου είναι μεταβλητή
- Διασπορά***
- Η διαδικασία της διασποράς γίνεται πιο σύνθετη όταν ο αριθμός των πηγών και των αποδεκτών αυξάνει (π.χ. πόλεις) ή είναι κινητοί (π.χ. οχήματα) και/ή αν η τοπογραφία και οι μετεωρολογικές συνθήκες είναι σύνθετα
 - **Μεταφορά μεγάλης έκτασης ή μεγάλης απόστασης:** όταν το νέφος ρύπανσης βρεθεί πάνω από το ύψος όπου συντελούνται οι τυρβώδεις κινήσεις (πάνω από το οριακό στρώμα) μπορεί να ταξιδέψει για εκατοντάδες χιλιόμετρα πριν έρθει σε επαφή με την επιφάνεια της Γης

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

