

Ασκήσεις

Φυσική Περιβάλλοντος

Δρ. Δήμητρα Παπαδάκη



National and Kapodistrian
University of Athens

*Department of Agricultural Development,
Agrofood and Management of Natural Resources*

Άσκηση 13

Δικαιολογείστε αναλυτικά τις φυσικές διεργασίες που οδηγούν στην εμφάνιση της «τρύπας του όζοντος» στην Ανταρκτική και τους λόγους για τους οποίους στην Αρκτική η μείωση του όζοντος είναι πιο περιορισμένη.

Οι χημικές ενώσεις που μειώνουν το όζον στην ατμόσφαιρα, δεν διαχέονται ομοιόμορφα στην ατμόσφαιρα ώστε να προξενήσουν μια ομοιόμορφη αραιώση του στρώματος όζοντος, αλλά αντίθετα δημιουργούν τρύπες όζοντος πάνω από τους πόλους.

Η σημαντική μείωση του στρώματος του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά τη διάρκεια του χειμώνα πάνω από την Ανταρκτική, είναι γνωστή ως "τρύπα του όζοντος".

Μια σημαντική μείωση εμφανίστηκε πρώτα πάνω από την Ανταρκτική, διότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες εκεί αυξάνουν την δραστικότητα των αλογονούχων ενώσεων που καταστρέφουν το όζον.

Ο σχηματισμός αυτής της τρύπας του όζοντος πάνω από την Ανταρκτική, απαιτεί, όχι μόνο την ύπαρξη εκεί αυτών των χημικών, αλλά και αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες ώστε να σχηματιστούν τα Πολικά Στρατοσφαιρικά Νέφη (PSC.)

Αυτά τα αρχικά αέρια εισέρχονται στην στρατόσφαιρα κυρίως από τις περιοχές της τροπόσφαιρας πάνω από τους τροπικούς, διότι από εκεί ανυψώνεται ο θερμός αέρας. Τα μεγάλα αέρια ρεύματα στη συνέχεια, μετακινούν τα αέρια προς τους πόλους και στα δύο ημισφαίρια. Όταν βρεθούν στην στρατόσφαιρα τα αρχικά αυτά αέρια, – τα οποία από μόνα τους δεν καταστρέφουν το όζον, – μετατρέπονται σε καταστροφικές για το όζον ενώσεις, όπως είναι το χλώριο και μονοξείδιο του χλωρίου.

Η σοβαρή καταστροφή του όζοντος απαιτεί την ύπαρξη χαμηλών θερμοκρασιών στις πολικές περιοχές, διότι αυτές είναι εκείνες που επιτρέπουν τον σχηματισμό των νεφών PSC.

Οι θερμοκρασίες είναι πιο χαμηλές στη στρατόσφαιρα, πάνω και από τις δύο πολικές περιοχές, κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Οι θερμοκρασίες είναι αρκετά χαμηλές για τον σχηματισμό των PSC σχεδόν σε όλη την Ανταρκτική κατά τον χειμώνα, αλλά μόνο κατά ένα μέρος του Αρκτικού χειμώνα. Έτσι η χημική μείωση του όζοντος στην Αρκτική είναι συνήθως μικρότερη απ' ότι στην Ανταρκτική.

Άσκηση 14 – Ατμοσφαιρικά στρώματα και θερμοκρασία

Το πρώτο ατμοσφαιρικό στρώμα ονομάζεται «**Τροπόσφαιρα**». Στη συνέχεια υπάρχει ένα σχεδόν ισόθερμο στρώμα, μέχρι τα 15 Km, που ονομάζεται «**Τροπόπαυση**».

Στο επόμενο ατμοσφαιρικό στρώμα, μέχρι τα 50 Km περίπου, διαπιστώνεται συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα (από -60 μέχρι 0°C περίπου). Το στρώμα αυτό ονομάζεται «**Στρατόσφαιρα**».

Το στρώμα των επόμενων 5 Km περίπου είναι σχεδόν ισόθερμο και ονομάζεται «**Στρατόπαυση**».

Στη συνέχεια και μέχρι τα 80 Km περίπου διαπιστώνεται και πάλι συνεχής ελάττωση της θερμοκρασίας του αέρα (από 0 μέχρι -80°C περίπου). Το στρώμα αυτό ονομάζεται «**Μεσόσφαιρα**».

Το στρώμα των επόμενων 10Km περίπου είναι σχεδόν ισόθερμο και ονομάζεται «**Μεσόπαυση**».

Προφανώς η μεσόπαυση είναι η ψυχρότερη περιοχή της ατμόσφαιρας με -80°C περίπου.

Στη συνέχεια και μέχρι τα 400 Km περίπου διαπιστώνεται συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα που φθάνει τους 700°C περίπου.

«**Θερμόσφαιρα**»

Ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας του αέρα με το ύψος μέσα στην ατμόσφαιρα

Η θερμοκρασία του αέρα μέσα στην ατμόσφαιρα και ελαττώνεται και αυξάνει καθ' ύψος. Άρα ο ζητούμενος ρυθμός είναι και αρνητικός και θετικός. Για την εκτίμηση του ρυθμού αυτού χρησιμοποιείται η παράμετρος της «**κατακόρυφης θερμοβαθμίδας**» (γ) Αυτή ορίζεται ως η μεταβολή της θερμοκρασίας (θ) του αέρα ανά μονάδα ύψους (z) δηλ.

$$\gamma = \delta\theta / \delta z$$

Για την τροπόσφαιρα ισχύει $\gamma = -0.6^\circ\text{C}/100\text{m} = -6^\circ\text{C}/\text{Km}$.

Το (-) δηλώνει την ελάττωση της θερμοκρασίας του αέρα με το ύψος μέσα στην τροπόσφαιρα. Όμως και μέσα στην τροπόσφαιρα είναι σύνηθες το φαινόμενο της εμφάνισης θετικών θερμοβαθμίδων, περιοχών δηλ. όπου η θερμοκρασία αυξάνει με το ύψος. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται περιοχές «**θερμοκρασιακής αναστροφής**» ή απλά «**αναστροφής**» και εμφανίζονται κυρίως στα κατώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας κάτω από ειδικές καιρικές συνθήκες.

Ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας του αέρα με το ύψος μέσα στην ατμόσφαιρα

Η τροπόσφαιρα ως γνωστόν θερμαίνεται: α) κατά ένα μικρό σχετικώς ποσοστό (15%) από την απορρόφηση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και β) κατά το υπόλοιπο ποσοστό : από την γήινη ακτινοβολία , από τη θερμότητα που μεταφέρεται προς τα πάνω με αναταράξεις και από την «λανθάνουσα θερμότητα» που μεταφέρεται προς τα πάνω με τους υδρατμούς ύστερα απο εξάτμιση των επιφανειακών νερών. Υπό αυτήν την έννοια είναι προφανές ότι η τροπόσφαιρα θερμαίνεται, κατά κύριο λόγο, εκ των κάτω προς τα άνω.

Η ροή αυτή ενέργειας εξασθενεί προφανώς όσο ανέρχεται μέσα στην τροπόσφαιρα. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η μείωση αυτή της θερμοκρασίας με το ύψος , συνολικά μέσα στην τροπόσφαιρα, είναι αποτέλεσμα του ενεργειακού ελλείμματος που παρουσιάζει η τροπόσφαιρα. Η ακτινοβολία δηλ. που εκπέμπει η τροπόσφαιρα είναι μεγαλύτερη ποσοτικά από εκείνη που απορροφά σε μια χρονική μονάδα. Το ως άνω ενεργειακό έλλειμμα , αν θεωρηθεί κατά επί μέρους ατμοσφαιρικά στρώματα, αυξάνει με το ύψος.

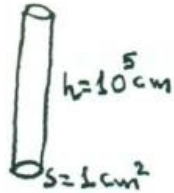
Στη στρατόσφαιρα η θερμοκρασία μέχρι και το ύψος των 35 χλμ. δεν παρουσιάζει ουσιαστική μεταβολή. Από το ύψος όμως αυτό αρχίζει να αυξάνει, αντίθετα απ' ό,τι συμβαίνει στην τροπόσφαιρα. Το φαινόμενο αυτό καλείται **θερμοκρασιακή αναστροφή ή απλά αναστροφή.**

Η θερμοκρασία στην στρατόσφαιρα αρχίζει από τους $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ και ανεβαίνοντας πάνω από τα 35 χλμ. βαθμιαία αυξάνει, με τιμή που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Στα ανώτερα στρώματα, είναι κατά μέσον όρο στους $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας οφείλεται κυρίως στην απορρόφηση μεγάλου μέρους της υπεριώδους ακτινοβολίας του Ήλιου από το όζον.

Η θερμοκρασία δεν μειώνεται πάντα με το ύψος (όπως συμβαίνει στην τροπόσφαιρα). Πολλές φορές γίνεται το αντίθετο (θερμοκρασιακή αναστροφή).

Άσκηση 15

- 1.2) Δίδεται στήλη αέρος ύψους $h = 1 \text{ km}$ και τομή $s = 1 \text{ cm}^2$. Η θερμότητα του αέρα αυτού είναι $T = 215^\circ \text{K}$ και η πίεσή του $P_a = 50 \text{ hPa}$. Το ύψος ή πάχος του O_3 μέσα στη στήλη αυτή είναι: $35 \times 10^{-3} \text{ cm}$. Να υπολογίσετε τον λόγο ανάμεσα στη μάζα του O_3 στις κανονικές συνθήκες και της μάζας του αέρα στις παραπάνω συνθήκες.



Λύση

Ο όγκος της στήλης: $V = sh = 1 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$

Ο όγκος της μάζας του O_3 : $V_{\text{O}_3} = 1 \cdot 35 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$

Ισχύουν οι σχέσεις:

$$P_{\text{O}_3} V_{\text{O}_3} = \frac{m_{\text{O}_3}}{M_{\text{O}_3}} R T_0 \Rightarrow \text{για το } \text{O}_3 \text{ ν.κ.θ.}$$

$$P_a V_a = \frac{m_a}{M_a} R T \Rightarrow \text{για τον αέρα στις παραπάνω συνθήκες}$$

Η διαίρεση καλά τείνει προκύπτει:

$$\frac{P_{\text{O}_3} V_{\text{O}_3}}{P_a V_a} = \frac{M_a}{M_{\text{O}_3}} \cdot \frac{m_{\text{O}_3}}{m_a} \cdot \frac{T_0}{T} \iff$$

$$\frac{m_{\text{O}_3}}{m_a} = \frac{P_{\text{O}_3} V_{\text{O}_3}}{P_a V_a} \frac{M_{\text{O}_3}}{M_a} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{1013 \cdot 35 \cdot 10^{-3}}{50 \cdot 10^5} \cdot \frac{48}{28,96} \cdot \frac{215}{273}$$

$$\frac{m_{\text{O}_3}}{m_a} = 0,09$$

Δίνεται

Η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση, στην επιφάνεια της θάλασσας και σε θερμοκρασία 25°C , με 101325 Pa .

Άσκηση 16

Από την ενεργειακή κατανομή στο πλιακό φάσμα προέκυψε ότι το μέγιστο της ενέργειας αντιστοιχεί σε μ.κ. $\lambda_{\max} = 4740 \text{ \AA}$. Με βάση το δεδομένο αυτό να υπολογιστεί η θερμότητα του πλίου.

Λύση

Σύμφωνα με το νόμο του Wien έχουμε:

$$\lambda_{\max} T_H = 2897 \Rightarrow T_H = \frac{2897}{0,474} = 6112 \text{ }^\circ\text{K}$$

$c = 2897 \text{ }^\circ\text{K} \cdot \mu\text{m}$, $\lambda_{\max} = 4740 \text{ \AA} = 0,474 \mu\text{m}$)

• Ο νόμος της μετατόπισης του Wien:

Το μήκος κύματος στο οποίο η ακτινοβολία γίνεται μέγιστη μετατοπίζεται αντιστρόφως ανάλογα με την θερμοκρασία

$$\lambda_{\max} (\text{cm}) = \frac{0.29}{T(\text{K})}$$

$$1 \text{ \AA} = 1,0 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm} (\nu\mu) = 100 \text{ pm}$$

Άσκηση 18

Τι είναι η Ακτινοβολία μέλανος σώματος και ποιους νόμους γνωρίζετε

Όλα τα σώματα που βρίσκονται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη του απόλυτου μηδενός ακτινοβολούν συνεχώς ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (θερμική ακτινοβολία). Σε περίπτωση προσπίπτουσας ακτινοβολίας, όλα τα σώματα απορροφούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έως κάποιο βαθμό. Μέλαν σώμα είναι το σώμα που απορροφά πλήρως την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κάθε συχνότητας που προσπίπτει επάνω του. Αυτό σημαίνει ότι ένα τέτοιο σώμα δεν ανακλά ούτε διαχέει την προσπίπτουσα σε αυτό ακτινοβολία, ούτε αφήνει το φως να το διαπεράσει. Ένα μέλαν σώμα που βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον, που έχει θερμοκρασία T (K), εκπέμπει επίσης ακτινοβολία, το φάσμα της οποίας εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του.

Wien /Stephan Boltzmann

Άσκηση 19

- 9.2) Με την υπόθεση ότι ο ήλιος αποτελεί μέλαν σώμα να προσδιοριστεί η θερμότητα του ($I_0 = 1390 \text{ J/m}^2 \text{ sec}$, $R_0 = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$, Ακτίνα ηλίου $r = 7,1 \times 10^5 \text{ km}$)

Λύση

Με βάση το νόμο των Stefan-Boltzmann η συνολική ισχύς που εκπέμπεται από τον ήλιο, θερμοκρασίας T_H και ακτίνας R_H δίνεται από τη σχέση:

$$P_{0\lambda} = 4\pi R_H^2 \sigma T_H^4 \quad (1) \quad \text{όπου } \sigma \text{ η σταθερά των Stefan-Boltzmann}$$
$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Watt/m}^2 \text{ grad}^4$$

Η ισχύς αυτή $P_{0\lambda}$ σε μία απόσταση από τον ήλιο R_0 όπου η επιφάνεια της αστεροβόλας έχει είναι I_0 δίνεται επίσης από τη σχέση:

$$P_{0\lambda} = 4\pi R_0^2 I_0 \quad (2) \quad \text{Από τις (1) και (2) προκύπτει:}$$

$$4\pi R_H^2 \sigma T_H^4 = 4\pi R_0^2 I_0 \Rightarrow \frac{T_H^4}{R_H^2 \sigma} = \frac{R_0^2 I_0}{\sigma} \quad \frac{\text{km}^2 \cdot \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec}}}{\text{km}^2 \cdot \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2 \cdot \text{grad}^4}} \quad \eta$$

$$T_H^4 = \frac{(1,5 \cdot 10^8)^2 \cdot 1390}{(7,1 \cdot 10^5)^2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}} \text{ grad}^4 \quad \eta$$

$$T_H^4 = \frac{3127,5 \cdot 10^6}{285,8 \cdot 10^{-8}} = 10,94 \cdot 10^{14} \Leftrightarrow T_H^2 = 3,3 \cdot 10^7 = 33 \cdot 10^6 \text{ και}$$

$$T_H = 5,744 \cdot 10^3 \quad \eta$$

$$\boxed{T_H = 5744 \text{ } ^\circ\text{K.}}$$

Άσκηση 20

Καπνοδόχος ύψους 20 m και διαμέτρου 1 m, εκπέμπει διοξείδιο του θείου με ρυθμό $100 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$. Οι ρύποι εξέρχονται με ταχύτητα $0,13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, σε θερμοκρασία 150°C . Να υπολογίσετε το ενεργό ύψος εκπομπής του διοξειδίου του θείου, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος ισούται με 15°C για συνθήκες ουδέτερης ατμοσφαιρικής ευστάθειας. Η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της καμινάδας ισούται με $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Η ειδική θερμότητα του διοξειδίου του θείου ισούται με $640 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Λύση

Υπολογίζουμε κατ' αρχήν το ρυθμό έκλυσης θερμότητας της πηγής των ρύπων με τη βοήθεια της σχέσης (5.13):

$$Q_h = 0,1\text{kg}\cdot\text{s}^{-1} 640\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}(150^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) = 8,64\text{kJ}\cdot\text{s}^{-1}$$

Αντικαθιστώντας το αποτέλεσμα αυτό στην εξίσωση (5.11), παίρνουμε:

$$\Delta h = 0,35 \frac{0,13\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \times 1\text{m}}{2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}} + 2,64 \frac{\sqrt{8,64\text{kJ}\cdot\text{s}^{-1}}}{2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}} = 3,9\text{m}$$

Άρα το ενεργό ύψος εκπομπής του διοξειδίου του θείου είναι $H_e = 23,9 \text{ m}$.

Ο όρος Q_h είναι ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας της πηγής και δίνεται από τη σχέση:

$$Q_h = Q_m c_p (T_s - T_a) \quad (5.13)$$

$$\Delta h = 0,35 \frac{V_s d}{u} + 2,64 \frac{\sqrt{Q_h}}{u} \quad (5.11)$$

για συνθήκες ουδέτερης ευστάθειας

Άσκηση 21

Θεωρώντας τη φασματική κατανομή της εκπεμπόμενης γήινης ακτινοβολίας μελανού σώματος θερμοκρασίας $T=288\text{K}$,

- 1) να υπολογισθεί το λ_{max} της ακτινοβολίας αυτής,
- 2) να εξηγηθεί γιατί η ατμόσφαιρα ψύχεται γρηγορότερα σε ανέφελες νύχτες, παρά όταν υπάρχουν σύννεφα.

Άσκηση

Καμινάδα ενεργού ύψους 100m σε αστικό μέρος της χώρας μας εκπέμπει 80 g/s NO. Στην επιφάνεια του εδάφους η ταχύτητα του ανέμου είναι 4m/s. Να υπολογισθεί η συγκέντρωση του ρύπου (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$) στο έδαφος, σε απόσταση 2km από την πηγή, σε διάρκεια θερινής ημέρας, με ισχυρή ηλιοφάνεια.

Δίνονται

$$c(x, y, z, H_e) = \frac{Q}{2\pi u_y \sigma_z} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left[e^{-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}} \right]$$

Στο επίπεδο του εδάφους

$$c(x, 0, 0, H_e) = \frac{Q}{\pi u_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{H_e^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

		Ταχύτητα ανέμου στην επιφάνεια του εδάφους ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)				
		< 2,0	2 - 3	3 - < 5	5 - < 6	≥ 6
	Ηλιοφάνεια / Νεφοκάλυψη					
	Ισχυρή ηλιοφάνεια	A	A - B	B	C	C
Ημέρα	Μέση ηλιοφάνεια	A - B	B	B - C	C - D	D
	Ελαφρά ηλιοφάνεια	B	C	C	D	C
Ημέρα ή Νύχτα	Πλήρης νεφοκάλυψη	D	D	D	D	D
	Λεπτή πλήρης νεφοκάλυψη ή					
Νύχτα	≥ 50 % νεφοκάλυψη	—	E	D	D	D
	≤ 40 % νεφοκάλυψη	—	F	E	D	D

Οι εξισώσεις που πρότεινε ο Briggs (1973) για τον υπολογισμό των σ_y και σ_z σε αποστάσεις $10^2 < x < 10^4 \text{ m}$.

Κλάση ευστάθειας κατά Pasquill	$\sigma_y(x)$ [m]	$\sigma_z(x)$ [m]
ΥΠΑΙΘΡΟΣ		
A	$0.22 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.20 \cdot x$
B	$0.16 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.12 \cdot x$
C	$0.11 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.08 \cdot x \cdot (1 + 0.0002 \cdot x)^{-1/2}$
D	$0.08 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.06 \cdot x \cdot (1 + 0.0015 \cdot x)^{-1/2}$
E	$0.06 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.03 \cdot x \cdot (1 + 0.0003 \cdot x)^{-1}$
F	$0.04 \cdot x \cdot (1 + 0.0001 \cdot x)^{-1/2}$	$0.016 \cdot x \cdot (1 + 0.0003 \cdot x)^{-1}$
ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ		
A-B	$0.32 \cdot x \cdot (1 + 0.0004 \cdot x)^{-1/2}$	$0.24 \cdot x \cdot (1 + 0.001 \cdot x)^{-1/2}$
C	$0.22 \cdot x \cdot (1 + 0.0004 \cdot x)^{-1/2}$	$0.12 \cdot x$
D	$0.16 \cdot x \cdot (1 + 0.0004 \cdot x)^{-1/2}$	$0.14 \cdot x \cdot (1 + 0.0003 \cdot x)^{-1/2}$
E-F	$0.11 \cdot x \cdot (1 + 0.0004 \cdot x)^{-1/2}$	$0.08 \cdot x \cdot (1 + 0.00015 \cdot x)^{-1/2}$



Dr. Dimitra Papadaki | Senior Researcher

Tel: +30 210 727 6841

dpapadaki@phys.uoa.gr



National and Kapodistrian
University of Athens