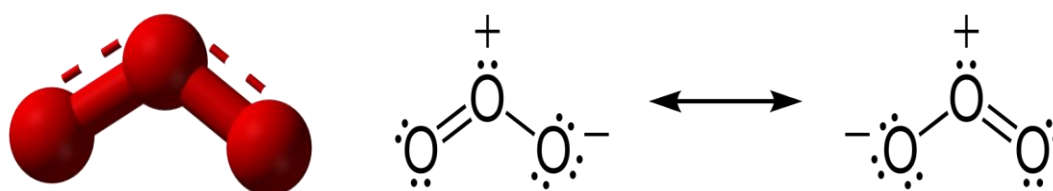


Λίγα πράγματα για το όζον

Ρωτάω και μαθαίνω από τον μαθητή της Β' Τάξης Γιώργο Αλεξάκη

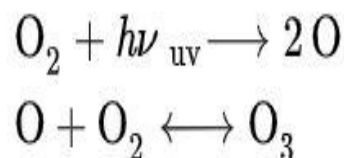
Τι είναι το όζον;

Το όζον είναι ένα μόριο που αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου. Έχει μοριακό τύπο O_3 και σε συνθήκες STP είναι αέριο με χαρακτηριστική **έντονη οσμή και ανοικτό γαλανό χρώμα**. Απομονώθηκε το 1839 από τον Γερμανό C. Schönbein, ο οποίος το ονόμασε «όζον» από το απαρέμφοτο «όζειν».



Πώς σχηματίζεται το όζον στην ατμόσφαιρα;

Το όζον σχηματίζεται στη στρατόσφαιρα εξαιτίας **φωτοχημικών μηχανισμών**, που ανακαλύφθηκαν το 1930. Συγκεκριμένα, υπεριώδης ακτινοβολία από τον ήλιο διασπά το μοριακό οξυγόνο (O_2) σε άτομα οξυγόνου (O). Αυτά, με τη σειρά τους, συνδέονται με εναπομείναντα μόρια οξυγόνου, με αποτέλεσμα να προκύπτει όζον (O_3). Καθώς το όζον **είναι ασταθές**, η υπεριώδης ακτινοβολία το διασπά σε μοριακό και ατομικό οξυγόνο. Έτσι, συντελείται μία αέναη διαδικασία, ο κύκλος Chapman.



Πού εντοπίζεται το όζον στη φύση;

Το μεγαλύτερο μέρος του όζοντος στη Γη βρίσκεται στο στρώμα του όζοντος, μία στοιβάδα όζοντος **στη στρατόσφαιρα (ύψος 20 - 25 km)** με συγκέντρωση λιγότερη από 10 ppm (ενώ σε ολόκληρη την ατμόσφαιρα η συγκέντρωση του όζοντος είναι μόνο 0.3 ppm). Ωστόσο, όζον εντοπίζεται **και σε χαμηλότερα στρώματα της α-**

ατμόσφαιρας, όπου θεωρείται δευτερογενής ρύπος. Αίτια του σχηματισμού του στα στρώματα αυτά είναι η αντίδραση του ηλιακού φωτός με υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου που περιέχονται στον αέρα σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες.



Soyuz

Γιατί το όζον σε κατώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας δεν είναι επιθυμητό;



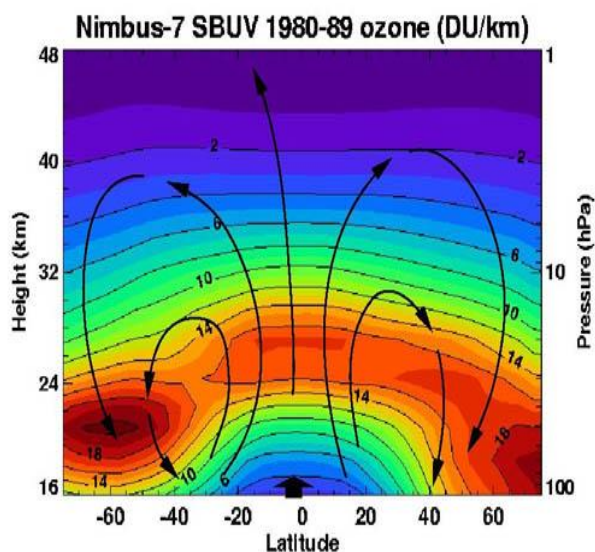
Το τροποσφαιρικό όζον θεωρείται φωτοχημικός ρύπος, όντας το κυριότερο συστατικό της φωτοχημικής ρύπανσης. Επιπλέον, λειτουργεί ως **αέριο του θερμοκηπίου**, διότι απορροφά τμήμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκ-

πέμπει η Γη, **συμβάλλοντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη.** Το πιο σημαντικό, όμως, είναι ότι το όζον είναι **επιζήμιο για ανθρώπους και ζώα**, επειδή επηρεάζει άμεσα τους πνεύμονες και ολόκληρο το αναπνευστικό σύστημα. Επίσης προκαλεί ζημιά σε ζωτικά όργανα, ερεθισμό στα μάτια, βλάβη στο νευρικό σύστημα, βήχα, δυσκολία στην αναπνοή και αποδυνάμωση του ανοσοποιητικού.

Τι είναι η στοιβάδα του όζοντος;

Η στοιβάδα του όζοντος (που ανακαλύφθηκε το 1913) εντοπίζεται στην κατώτερη στρατόσφαιρα (σε υψόμετρο από 15 έως 35 km πάνω από τη Γη). **Το πάχος της ποικίλει ανά τις εποχές και το**

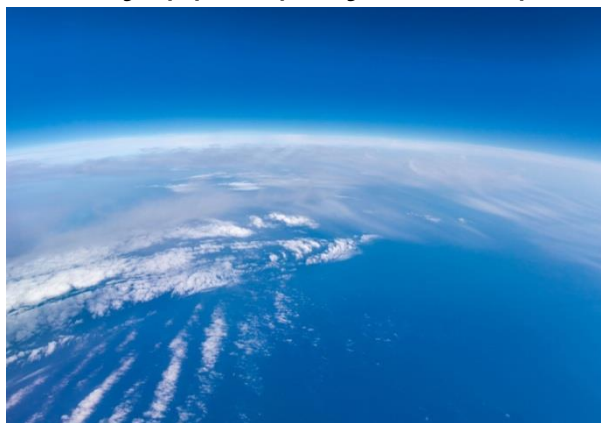
γεωγραφικό πλάτος (είναι παχύτερο κοντά στους πόλους και λεπτότερο στον Ισημερινό), αν και η πλειονότητα του ατμοσφαιρικού όζοντος σχηματίζεται στον Ισημερινό. Αυτό οφείλεται στην **κυκλοφορία Brewer - Dobson**, μέσω της οποίας ο τροποσφαιρικός αέρας από τον Ισημερινό μεταβαίνει στους πόλους, αφού πρώτα ανελιχθεί στην στρατόσφαιρα.



Ποια είναι η σημασία της στοιβάδας του όζοντος;

Η **στοιβάδα του όζοντος** είναι αναγκαία για τη διατήρηση της ζωής του πλανήτη. Αυτό συμβαίνει διότι **αποτρέπει την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια της Γης**, προστατεύοντας τους ζωντανούς οργανισμούς από αυτήν. Το

όζον αδυνατεί να απορροφήσει την πιο επικίνδυνη vacuum UV, την οποία συγκρατεί το άζωτο. Το όζον σε συνεργασία με το μοριακό οξυγόνο της ατμόσφαιρας εμποδίζει την είσοδο της επίσης επικίνδυνης UV-C (280-100 nm) στην ατμόσφαιρα, ενώ σε μεγαλύτερο βαθμό αναχαιτίζει και την βλαβερή UV-B (315-280 nm). Τέλος, ως επί το πλείστον η ακίνδυνη UV-A (400-315 nm) το διαπερνά.



Τι είναι η εξασθένηση του ατμοσφαιρικού όζοντος;

Με τον όρο εξασθένηση του όζοντος, αναφερόμαστε σε δύο σχετιζόμενα φαινόμενα που παρατηρούνται από τα τέλη της δεκαετίας του 1970: τη **σταθερή μείωση του ατμοσφαιρικού όζοντος** κατά 4% και την πολύ μεγαλύτερη **φθορά της στοιβάδας του όζοντος** πάνω από τους πόλους της Γης, ιδιαίτερα την άνοιξη (τρύπα του όζοντος).



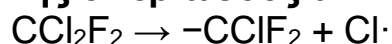
Ποια είναι τα αίτια που προκαλούν την εξασθένηση του όζοντος;

Τα κύρια αίτια που προκαλούν την εξασθένηση του όζοντος είναι η **επίδραση ανθρωπογενών ρύπων (ODS)** που προέρχονται από αλογονάνθρακες από ψυκτικά, διαλύτες και προωθητικά αέρια. Ανάμεσα σε αυτούς συγκαταλέγονται χλωροφθοράνθρακες (CFCs), υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs) και αλκυλαλογονίδια.

Δύο σημαντικοί χλωροφθοράνθρακες	
CFC-12	CFC-11
Freon 12	Freon 11
CF_2Cl_2	CFCl_3
$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{F} \\ \\ \text{F} \end{array}$ <p>διχλωροδιφθορομεθάνιο</p>	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{F} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ <p>τριχλωροφθορομεθάνιο</p>

Πώς καταστρέφουν οι χλωροφθοράνθρακες τη στοιβάδα του όζοντος;

Οι αέριοι CFCs στη στρατόσφαιρα **διασπώνται με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας**, δίνοντας ρίζες χλωρίου ($\text{Cl}\cdot$).



Έπειτα, πραγματοποιούνται οι εξής αντιδράσεις:



Μία ρίζα χλωρίου μπορεί να πραγματοποιεί συνεχώς αυτόν τον κύκλο, μέχρι να επιστρέψει στην επιφάνεια της Γης, καταστρέφοντας εν τω μεταξύ 1.000.000 μόρια όζοντος. **Το βρώμιο είναι ακόμα πιο αποτελεσματικό στην καταστροφή όζοντος**, ωστόσο η ποσότητά του στην ατμόσφαιρα είναι μικρότερη.



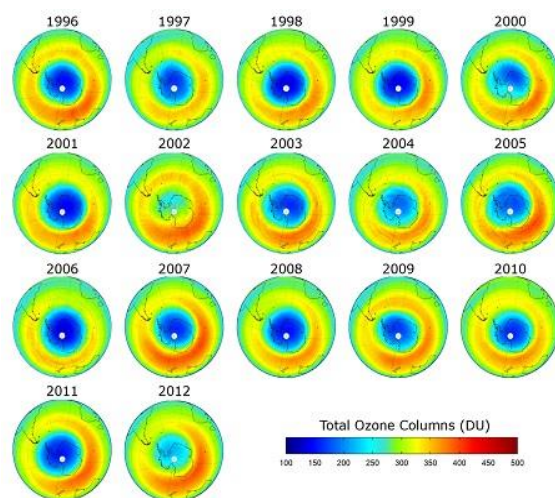
Τι είναι η τρύπα του όζοντος;

Τρύπα του όζοντος ονομάζεται μία περιοχή της στρατόσφαιρας πάνω από την **Ανταρκτική**, στην οποία το όζον έχει μειωθεί έως και 33% από τη δεκαετία του 1970. Εμφανίζεται κατά την άνοιξη του νοτίου ημισφαιρίου (Σεπτέμβριο - Δεκέμβριο). Στους πόλους, την άνοιξη καταστρέφεται πάνω από το 50% του κατώτερου στρατοσφαιρικού όζοντος.



Ποια είναι τα αίτια εμφάνισης της τρύπας του όζοντος;

Η τρύπα του όζοντος εμφανίζεται εξαιτίας των παραγόντων που προκαλούν γενικά την εξασθένηση του όζοντος (CFCs, υπεριώδης ακτινοβολία). Όμως, η διαδικασία διευκολύνεται από την παρουσία των **πολικών στρατοσφαιρικών νεφών (PSCs)**. Τα νέφη αυτά αποτελούν την κύρια αιτία εμφάνισης της τρύπας του όζοντος **πάνω από την Ανταρκτική** και όχι σε κάποια άλλη περιοχή του πλανήτη.



Τι είναι τα πολικά στρατοσφαιρικά νέφη (PSCs);

Τα PSCs σχηματίζονται στους πόλους κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν επικρατεί δριμύ ψύχος και σκότος για τρεις μήνες. Ειδικότερα, η δημιουργία τους οφείλεται στην οξεία πτώση της θερμοκρασίας (στους -80°C) και στον εγκλωβισμό του παγωμένου αέρα από ρεύματα στον Πόλο.

Πώς προκαλούν τα PSCs την εμφάνιση της τρύπας του όζοντος;

Σε γενικές γραμμές, το χλώριο της στρατόσφαιρας είναι δεσμευμένο σε μόρια, όπως ClONO_2 ή HCl . Ωστόσο, τον χειμώνα και την άνοιξη, αυτά αντιδρούν με τα PSCs και σχηματίζονται ρίζες $\text{Cl}\cdot$ και $\text{ClO}\cdot$. **Με την απονιτροποίηση, τα νέφη μετατρέπουν το NO_2 σε νιτρικό οξύ**, το οποίο εκπίπτει μέσω της καθίζησης. Συνεπώς, οι ρίζες αυτές αδυνατούν να μετασχηματιστούν ξανά σε ClONO_2 . Οπότε συμβάλλουν στην ταχεία και γενικευμένη εξασθένηση του όζοντος, δημιουργώντας την τρύπα του όζοντος.

Γιατί οι διεργασίες αυτές πραγματοποιούνται κυρίως την άνοιξη;

Αν και τα PSCs σχηματίζονται και αφθονούν τον χειμώνα, την εποχή εκείνη λείπει η ηλιακή ακτινοβολία, που είναι απαραίτητη για να συντελεσθούν αυτές οι φωτοχημικές αντιδράσεις. **Μετά την άνοιξη, τα PSCs φθίνουν με την εισροή θερμού ανανεωμένου αέρα και η τρύπα του όζοντος κλείνει.**



Ποια είναι τα αποτελέσματα της τρύπας του όζοντος;

Η σημαντικότερη επίπτωση της τρύπας του όζοντος είναι η εισροή της επικίνδυνης υπεριώδους ακτινοβολίας, η οποία προκαλεί **καρκίνο του δέρματος, εγκαύματα, μελάνωμα, καταρράκτη, μεταλλάξεις στο DNA** αλλά και **αυξημένη παραγωγή βιταμίνης D**.



Ποια είναι τα μέτρα προστασίας σχετικά με τους CFCs;

Το 1971, είχε ανακαλυφθεί ότι όλες οι ενώσεις CFC που παρήχθησαν από την εφεύρεσή τους το 1930 βρίσκονταν ακόμα στην ατμόσφαιρα. Για αυτό, χρησιμοποιούνται από το 1987 (πρωτόκολλο του Μόντρεαλ), στη θέση των CFCs, **οι πιο φιλικοί για το περιβάλλον υδροφθοράνθρακες (HFCs)**. Από τη δεκαετία του 1990 τα επίπεδα όζοντος στην ατμόσφαιρα σταθεροποιήθηκαν και **η ανάκαμψη ξεκίνησε από το 2000**, με την πλήρη επαναφορά της στοιβάδας να εκτιμάται στο δεύτερο μισό του αιώνα μας.

