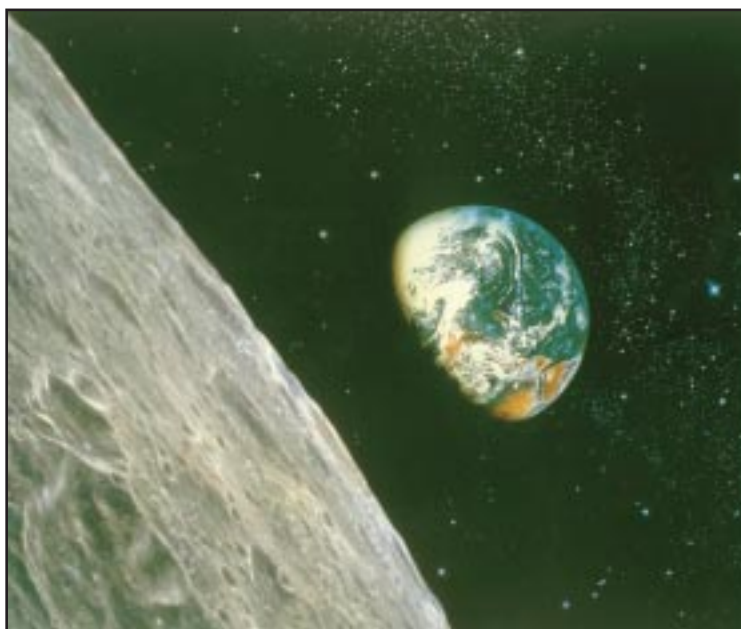


2. Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Το αέριο στρώμα που περικλείει τον πλανήτη μας και τον διαχωρίζει από το διάστημα ονομάζεται **ατμόσφαιρα**. Πρόκειται για ένα μίγμα αερίων που καλύπτει ολόκληρη τη γη σε ακτίνα 500 περίπου χιλιομέτρων και που προστατεύει τους οργανισμούς που ζουν σε αυτή από τις «εχθρικές» συνθήκες του διαστήματος.



Φωτογραφία 2.1 Το διάστημα

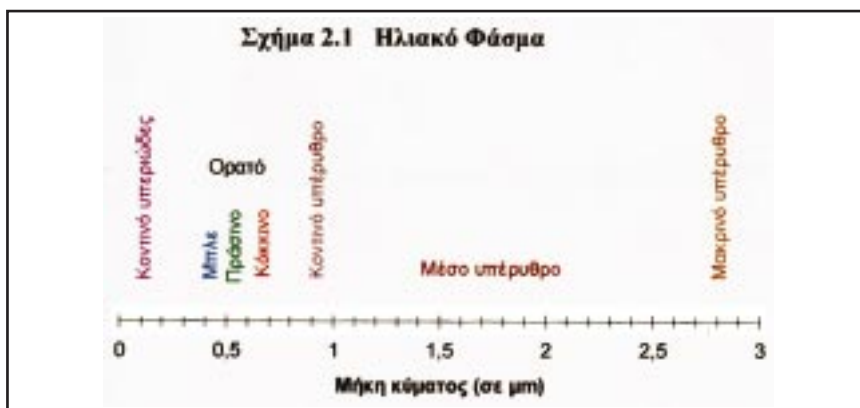
Πηγή: A.Reille, Πλανητοσκοπιο, Εκδ. Ντέτσικα, σελ.10

Ο ρόλος της ατμόσφαιρας είναι σημαντικός για την ανάπτυξη και τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας, αφού:

- Απορροφά το μεγαλύτερο τμήμα της κοσμικής και της ηλιακής ακτινοβολίας και μάλιστα σε μήκη κύματος που είναι βλαβερά για τους ζωντανούς οργανισμούς. Με τον τρόπο αυτό, επιτρέπει να τη διαπεράσουν κατά κύριο λόγο ακτινοβολίες με μήκη κύματος από 300 έως 2500 nm (Σχήμα 2.1 κοντινή υπεριώδης, ορατή και κοντινή υπέρυθρη περιοχή) και από 0,01 έως 40 nm (ραδιοκύματα) που είναι σχετικά αβλαβείς για τον άνθρωπο και τα υπόλοιπα μέλη των βιοκοινοτήτων.

Η κατακράτηση ακτινοβολιών με μήκη κύματος μικρότερα των 300 nm, προστατεύει τους ιστούς, τα μόρια του DNA και τις πρωτεΐνες από την καταστροφή.

- Αποτελεί ρυθμιστή της θερμοκρασίας στον πλανήτη. Με την απορρόφηση της υπέρυθρης ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και της ακτινοβολίας που αντανακλάται από την επιφάνεια της γης, η ατμόσφαιρα δρα ως παράγοντας διατήρησης της θερμικής ισορροπίας του πλανήτη. Ουσιαστικά, εξισορροπώντας τη ροή θερμικής ενέργειας (θερμότητας) από και προς τον πλανήτη, συντελεί στην αποφυγή εμφάνισης ακραίων θερμοκρασιών στη γη.



- Παρέχει τα αέρια εκείνα που είναι απαραίτητα για τις βασικές λειτουργίες των ζωντανών οργανισμών. Συναντάμε λοιπόν στην ατμόσφαιρα το οξυγόνο (O_2) που είναι βασικό συστατικό για τη λειτουργία της αναπνοής, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που είναι αναγκαίο για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, το άζωτο (N_2) που χρησιμοποιείται για την παραγωγή αμινοξέων, κλπ.
- Μέσω της ατμόσφαιρας μεταφέρεται νερό από τους ωκεανούς στη στεριά (υδρολογικός κύκλος).

Η ατμόσφαιρα είναι ανομοιογενής. Η σύσταση, η πίεση, η πυκνότητα και η θερμοκρασία της αλλάζουν, καθώς μεταβάλλεται το ύψος από την επιφάνεια της γης. Τόσο η θερμοκρασία όσο και η πίεση παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις: Από $-138\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ και από 1,00 atm έως $3,0 \times 10^{-7}$ atm, αντίστοιχα. Η μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος ονομάζεται **θερμοβαθμίδα**.

Κοντά στο ύψος της στάθμης της θάλασσας, τα κύρια συστατικά της ατμόσφαιρας είναι το άζωτο (N_2 : 78,08 % κ.ο.) και το οξυγόνο (O_2 : 20,95 % κ.ο.). Αναλυτικά, τα ατμοσφαιρικά συστατικά του ξηρού αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας παρουσιάζονται στον **πίνακα 2.1**.

Πίνακας 2.1. Σύσταση του ξηρού ατμοσφαιρικού αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας
Πηγή: Αγγελίδης, Μ (1994), Κουϊμπζής, Θ. et al. (1998)

Συστατικό	Συγκέντρωση		Μάζα	
	% κατ' όγκο	$\mu m^3/m^3$	% κατά βάρος	Συνολική μάζα (Mtn)
Κύρια συστατικά				
N_2	78,088	780.880	75,527	5850×10^5
O_2	20,949	209.490	23,143	1189×10^5
Δευτερεύοντα συστατικά				
Ar	0,93	9.300	1,282	$65,9 \times 10^5$
CO_2	0,0318	318	0,0456	$2,5 \times 10^5$
Ιχνοσυστατικά				
Ne	$1,8 \times 10^{-3}$	18	1.25×10^{-3}	64.250
He	$5,24 \times 10^{-4}$	5,24	$7,24 \times 10^{-5}$	3.700
CH_4	$1,4 \times 10^{-4}$	1,4	$7,75 \times 10^{-5}$	3.950
Kr	1.14×10^{-4}	1,14	$3,3 \times 10^{-4}$	15.000
N_2O	5×10^{-5}	0,5	$7,6 \times 10^{-5}$	3900
Xe	$8,6 \times 10^{-6}$	0,086	$3,9 \times 10^{-5}$	2000
H	5×10^{-5}	0,5	$3,48 \times 10^{-6}$	175
NO_2	1×10^{-7}	0,001	3×10^{-7}	8
O_3	2×10^{-6}	0,02	6×10^{-6}	200
SO_2	2×10^{-8}	0,0002	9×10^{-8}	2
CO	1×10^{-5}	0,1	2×10^{-5}	500
NH_3	1×10^{-6}	0,01	1×10^{-6}	30

Πηγή: Αγγελίδης (1993). Επεξεργασία: Συγγραφική Ομάδα

Όπως αναφέραμε παραπάνω, η πυκνότητα της ατμόσφαιρας δεν είναι σταθερή. Ακολουθώντας το νόμο της βαρύτητας αλλά και το νόμο των αερίων, η πυκνότητα μειώνεται όταν αυξάνεται το υψόμετρο. Η μείωση αυτή είναι ιδιαίτερα απότομη. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι περισσότερο από το 99% της συνολικής μάζας της ατμόσφαιρας είναι συγκεντρωμένο στα πρώτα 30 χιλιόμετρα από την επιφάνεια του πλανήτη μας. Η συνολική μάζα της ατμόσφαιρας, αν και μικρή σε σχέση με τη μάζα της γης (το ένα εκατομμυριοστό), φτάνει περίπου τους $5,14 \times 10^{14}$ τόνους.

Με κριτήριο τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την αύξηση του ύψους από την επιφάνεια της γης, μπορούμε να διακρίνουμε τα παρακάτω ατμοσφαιρικά στρώματα:

- **Τροπόσφαιρα.** Αποτελεί το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας. Εκτείνεται από την επιφάνεια της γης μέχρι το ύψος των 12 ± 4 χλμ., ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή του έτους. Στο στρώμα αυτό διαμορφώνεται ο «καιρός», δηλαδή οι κλιματολογικές συνθήκες των διαφόρων περιοχών της γης. Η θέρμανση της τροπόσφαιρας από τον ήλιο γίνεται έμμεσα. Πρώτα δηλαδή θερμαίνεται το έδαφος της γης (ή η επιφάνεια της θάλασσας) και στη συνέχεια ο αέρας. Καθώς απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια της γης, η θερμοκρασία ελαττώνεται βαθμιαία. Ο ζεστός αέρας κινείται ανοδικά και εκτονώνεται αδιαβατικά (κατακόρυφη μεταφορά θερμότητας). Στην πραγματικότητα, η μείωση της θερμοκρασίας με την αύξηση του ύψους είναι μικρότερη από την αναμενόμενη θεωρητικά με βάση τα όσα περιγράψαμε παραπάνω. Αυτό οφείλεται στα μόρια του νερού και του διοξειδίου του άνθρακα που βρίσκονται στην τροπόσφαιρα και απορροφούν θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία (υπέρυθρο). Έτσι τελικά η θερμοκρασία ελαττώνεται με ρυθμό περίπου ίσο με $6,5 \text{ }^{\circ}\text{C} / \text{km}$. Το ανώτερο όριο της τροπόσφαιρας ονομάζεται τροπόπαυση.
- **Στρατόσφαιρα.** Διαδέχεται την τροπόσφαιρα και εκτείνεται μέχρι το ύψος των 50 περίπου χιλιομέτρων. Πέρα από την τροπόπαυση, η θερμοκρασία διατηρείται για λίγα χιλιόμετρα σταθερή. Στη συνέχεια αυξάνεται συνεχώς μέχρι τη στρατόπαυση (ανώτατο όριο της στρατόσφαιρας) όπου φθάνει τους $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ περίπου. Η αύξηση αυτή στη θερμοκρασία αποδίδεται στην ύπαρξη του στρώματος του όζοντος (απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας), το οποίο βρίσκεται σε ύψος 25 – 30 χιλιόμετρα και σε συγκέντρωση που φθάνει τα 10 μέρη στο εκα-

τομύριο (ppm). Το στρώμα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την προστασία της ζωής, καθώς απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία που είναι καταστροφική για τους ιστούς των ζωντανών οργανισμών.

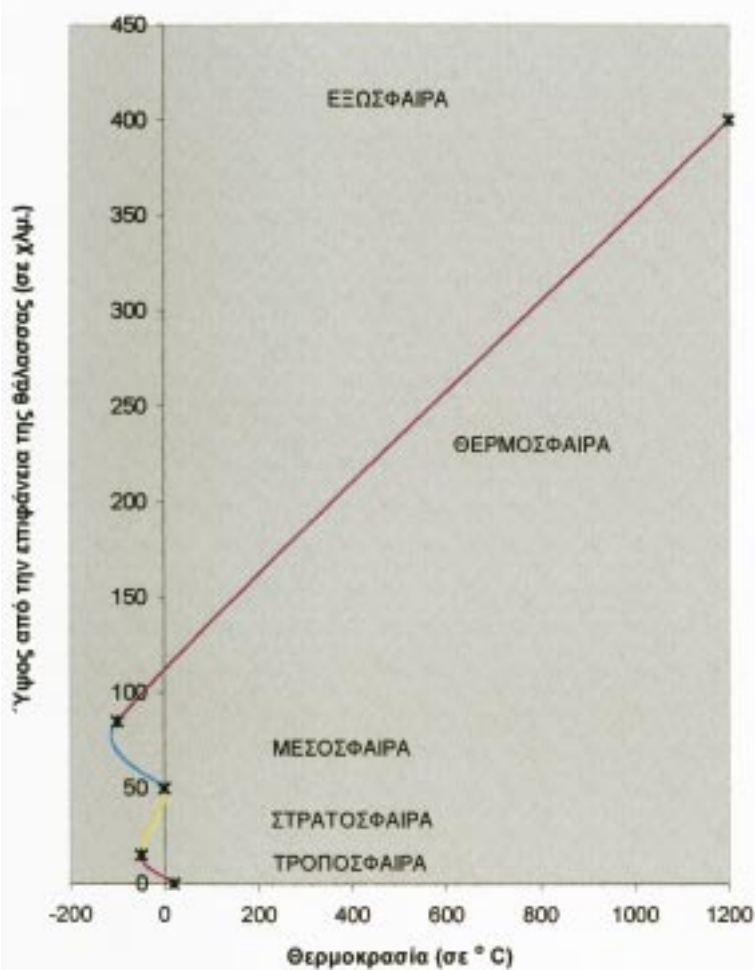
❑ **Μεσόσφαιρα.** Ακολουθεί τη στρατόπαυση και εκτείνεται μέχρι το ύψος των 85 περίπου χιλιομέτρων. Η θερμοκρασία στη μεσόσφαιρα μειώνεται συνεχώς μέχρι να φθάσει στη χαμηλότερη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας (-138°C), όπου βρίσκεται η μεσόπαυση. Η ελάττωση της θερμοκρασίας αποδίδεται αφενός στα κατακόρυφα ανοδικά ρεύματα αέρα και αφετέρου στην περιορισμένη συγκέντρωση στοιχείων και ενώσεων που μπορούν να απορροφήσουν την ηλιακή ακτινοβολία. Από αυτό το ατμοσφαιρικό στρώμα και συγκεκριμένα από το ύψος των 60 περίπου χιλιομέτρων παρατηρείται ιονισμός των συστατικών της ατμόσφαιρας (απόκτηση θετικού φορτίου με αποβολή ηλεκτρονίων). Το φαινόμενο αυτό συναντάται σε όλα τα ανώτερα της μεσόσφαιρας στρώματα, ορίζοντας μια ευρύτερη περιοχή που ονομάζεται ιονόσφαιρα.

❑ **Θερμόσφαιρα.** Διαδέχεται τη μεσόσφαιρα και εκτείνεται μέχρι το ύψος των 400 περίπου χιλιομέτρων. Εδώ, εκτός από τη σχεδόν ισόθερμη (σταθερή θερμοκρασία) περιοχή κοντά στη μεσόπαυση, η θερμοκρασία αυξάνει σταδιακά με το ύψος μέχρι τους 1000 ή και περισσότερους $^{\circ}\text{C}$, όπου βρίσκεται η θερμόπαυση. Τρία είναι τα αίτια που οδηγούν στην αύξηση της θερμοκρασίας σε αυτό το στρώμα της ατμόσφαιρας:

1. Η ύπαρξη συστατικών που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία σε μήκη κύματος μικρότερα των 200 nm
2. Η έκλυση ενέργειας από μια σειρά εξώθερμων αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα σε αυτά τα ύψη
3. Η απουσία μηχανισμών απόψυξης

❑ **Εξώσφαιρα.** Πρόκειται για το τελευταίο στρώμα της ατμόσφαιρας και βρίσκεται σε ύψη μεταξύ 400 και 500 περίπου χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης. Η περιοχή αυτή είναι ισόθερμη (σταθερή θερμοκρασία). Τα συστατικά του στρώματος αυτού συχνά υπερνικούν τη δύναμη της βαρύτητας και διαφεύγουν στο διάστημα.

Σχήμα 2.2 Δομή της ατμόσφαιρας



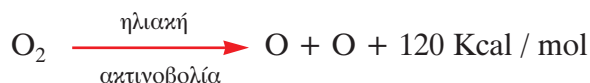
Οι χημικές αντιδράσεις που προκαλούνται από την απορρόφηση φωτός (ηλιακή ακτινοβολία), ονομάζονται **φωτοχημικές**. Στην ατμόσφαιρα οι αντιδράσεις αυτές κατέχουν σημαντικό ρόλο, καθώς καθορίζουν τις συγκεντρώσεις των στοιχείων και των χημικών ενώσεων.

Οι φωτοχημικές αντιδράσεις οδηγούν στη δημιουργία τριών ειδών ασταθών και δραστικών χημικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα:

- Τα ενεργειακά διεγερμένα μόρια. Δημιουργούνται τις στιγμές που τα άτομα απορροφούν ακτινοβολία που βρίσκεται στην υπεριώδη και την ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.
- Τις ελεύθερες ρίζες. Είναι μη φορτισμένα άτομα ή μόρια που έχουν μονήρη ηλεκτρόνια
- Τα ιονισμένα άτομα ή μοριακά θραύσματα.

Το οξυγόνο που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα συναντάται σε πλήθος διαφορετικών μορφών, με σημαντικότερες τις εξής: O_2 , O_2^* , O_2^+ , O , O^* , O^+ , O_3 , όπου το * συμβολίζει τα ηλεκτρονικά διεγερμένα μόρια ή άτομα. Η παρουσία του Οξυγόνου στην ατμόσφαιρα στις παραπάνω μορφές οφείλεται στις φωτοχημικές αντιδράσεις και συγκεκριμένα:

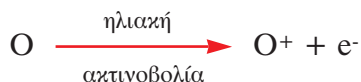
- Στη **φωτοδιάσπαση** του διοξυγόνου:



Στη συνέχεια, το παραγόμενο ατομικό οξυγόνο αντιδρά για το σχηματισμό διεγερμένων ατόμων οξυγόνου. Τα τελευταία, καθώς επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση, εκπέμπουν ακτινοβολία που είναι ορατή στον άνθρωπο (χημειοφωταύγεια) και στην οποία οφείλεται η νυκτοφεγγιά.



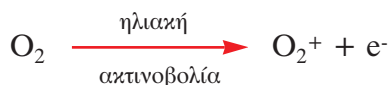
- Στο φωτοϊονισμό του ατομικού οξυγόνου:



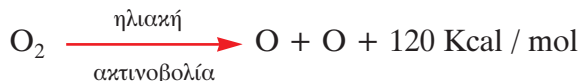
Το O^+ είναι ιδιαίτερα δραστικό και συμμετέχει σε αντιδράσεις τόσο του οξυγόνου όσο και του αζώτου:



□ Στο **φωτοϊονισμό** του μοριακού οξυγόνου:



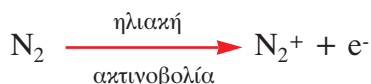
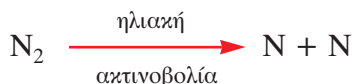
□ Στο συνδυασμό της φωτοδιάσπασης του διοξυγόνου και της αντίδρασης τριών σωματιδίων



όπου M^* μόρια οξυγόνου ή αζώτου.

Αντίστοιχα, οι κυριότερες μορφές με τις οποίες συναντάται το Άζωτο στην ατμόσφαιρα είναι: N_2 , N_2^+ , N , NO , NO^+ και NO_2 . Η παρουσία του αζώτου στην ατμόσφαιρα εξηγείται από τις ακόλουθες φωτοχημικές αντιδράσεις:

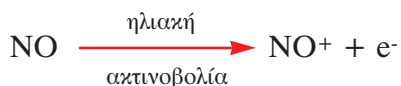
□ Φωτοδιάσπαση και φωτοϊονισμός του μοριακού αζώτου:



Στη συνέχεια, το N_2 αλλά και το παραγόμενο N_2^+ αντιδρούν με θετικά και μη (αντίστοιχα) φορτισμένα άτομα οξυγόνου για το σχηματισμό θετικά φορτισμένων μορίων μονοξειδίου του αζώτου:



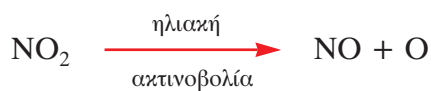
□ Φωτοϊονισμός του μονοξειδίου του αζώτου



Η αντίδραση αυτή λαμβάνει χώρα στην ιονόσφαιρα, ενώ αντιστρέφεται στη θερμοσφαιρα με αποτέλεσμα την απελευθέρωση ατομικού οξυγόνου και αζώτου:



Τέλος, στην τροπόσφαιρα λαμβάνει χώρα φωτοδιάσπαση του NO_2 :



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- ✚ Ατμόσφαιρα ονομάζεται το αέριο στρώμα που περικλείει τον πλανήτη μας και τον διαχωρίζει από το διάστημα. Ο ρόλος της ατμόσφαιρας είναι σημαντικός για την ανάπτυξη και τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας, αφού απορροφά το μεγαλύτερο τμήμα της κοσμικής και της ηλιακής ακτινοβολίας και μάλιστα σε μήκη κύματος που είναι βλαβερά για τους ζωντανούς οργανισμούς, αποτελεί ρυθμιστή της θερμοκρασίας στον πλανήτη, παρέχει τα αέρια εκείνα που είναι απαραίτητα για τις βασικές λειτουργίες των ζωντανών οργανισμών και μέσω αυτής μεταφέρεται νερό από τους ωκεανούς στη στεριά.
- ✚ Η σύσταση, η πίεση, η πυκνότητα και η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αλλάζουν, καθώς μεταβάλλεται το ύψος από την επιφάνεια της γης. Με κριτήριο τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την αύξηση του ύψους από την επιφάνεια της γης, η ατμόσφαιρα διακρίνεται σε πέντε επίπεδα (στρώματα), την τροπόσφαιρα, τη στρατόσφαιρα, τη μεσόσφαιρα, τη θερμόσφαιρα και την εξώσφαιρα.
- ✚ Οι αντιδράσεις ανάμεσα σε χημικές ενώσεις που προκαλούνται από την απορρόφηση φωτός (ηλιακή ακτινοβολία), ονομάζονται **φωτοχημικές**.
- ✚ Οι κυριότερες μορφές με τις οποίες συναντώνται το Οξυγόνο και το Άζωτο στην ατμόσφαιρα είναι αντίστοιχα O_2 , O_2^* , O_2^+ , O , O^* , O^+ , O_3 και N_2 , N_2^+ , N , NO , NO^+ , NO_2 . όπου το * συμβολίζει τα ηλεκτρονικά διεγερμένα μόρια ή άτομα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

- 2.1 Είναι σημαντική η ύπαρξη της ατμόσφαιρας για τον πλανήτη μας; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.
- 2.2 Καθώς απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια της Γης, η πίεση στην ατμόσφαιρα αυξάνεται ή μειώνεται; Γιατί;
- 2.3 Ποια είναι τα κύρια συστατικά της ατμόσφαιρας;
- 2.4 Τι θα συνέβαινε εάν υποθετικά αφαιρούσαμε κάποιο στρώμα από την ατμόσφαιρα (π.χ. τη στρατόσφαιρα);
- 2.5 Ποιες αντιδράσεις ονομάζονται φωτοχημικές;
- 2.6 Πότε λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της χημειοφωταύγειας, κατά τη διάρκεια της ημέρας ή κατά τη διάρκεια της νύκτας;
- 2.7 Μπορεί να συμβεί φωτοϊονισμός του ατομικού οξυγόνου στην ατμόσφαιρα του πλανήτη κατά τις 2μμ ώρα Ελλάδας; Εάν ναι, σε ποιες περιοχές της ατμόσφαιρας;