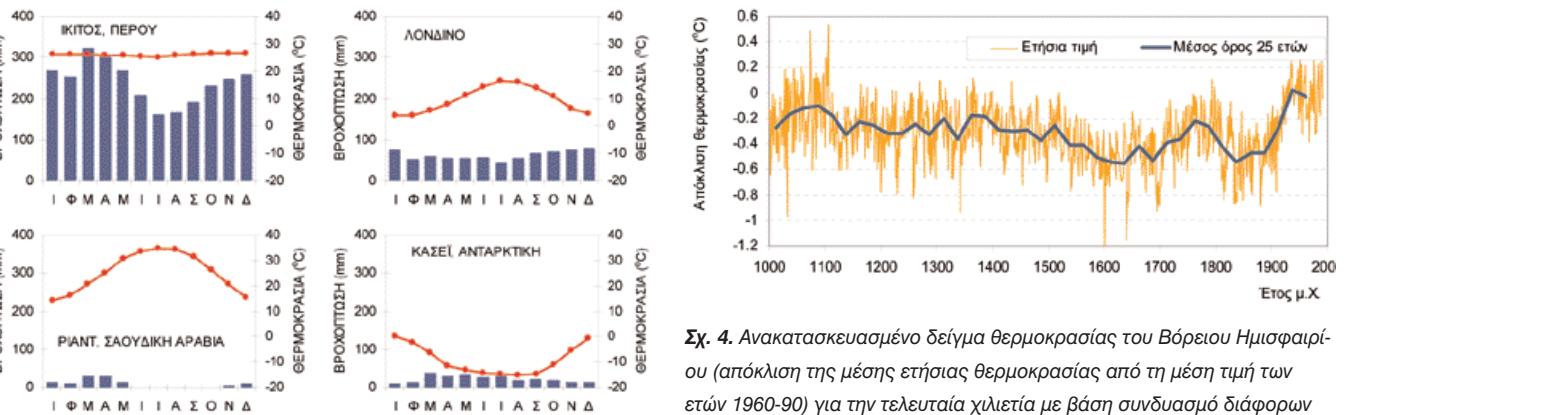


ΤΑ ΚΡΙΣΙΜΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Ατμόσφαιρα και Κλίμα

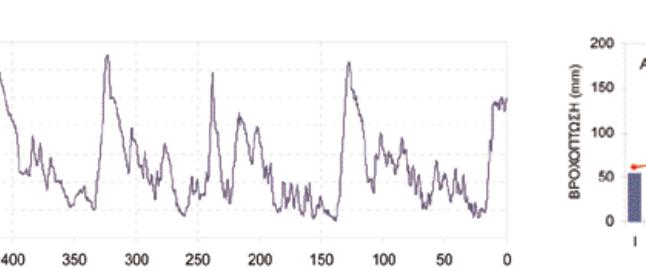


Σχ. 3. Τυπικά κλιματικά διαγράμματα που απεικονίζουν τα μέσα μεγέθη της θερμοκρασίας κάθε μήνα (κόκκινη γραμμή) και των κατακρημνίσματων (μπλε ράβδοι) για χαρακτηριστικές κλιματικές περιοχές. Το Ικτός, που βρίσκεται κοντά στον ισημερινό και παρουσιάζει σταθερά υψηλές μηνιαίες θερμοκρασίες και βροχόπτωσης, είναι αντιπροσωπευτικό του τροπικού κλίματος. Το Λονδίνο με σταθερή βροχόπτωση σε όλους τους μήνες και μικρό θερμοκρασιακό εύρος (διαφορά θερινής και χειμερινής θερμοκρασίας) είναι χαρακτηριστικό ενός σχετικά ήπους και υγρού κλίματος. Το Ριάντ με την ελάχιστη βροχόπτωση και τις πολύ υψηλές θερινές θερμοκρασίες είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα ξηρού ερημικού κλίματος. Το Καζελ Ανταρκτική με την πλέον βροχόπτωση και τις χειμερινές θερμοκρασίες είναι αντιπροσωπευτικό του πολικού κλίματος.

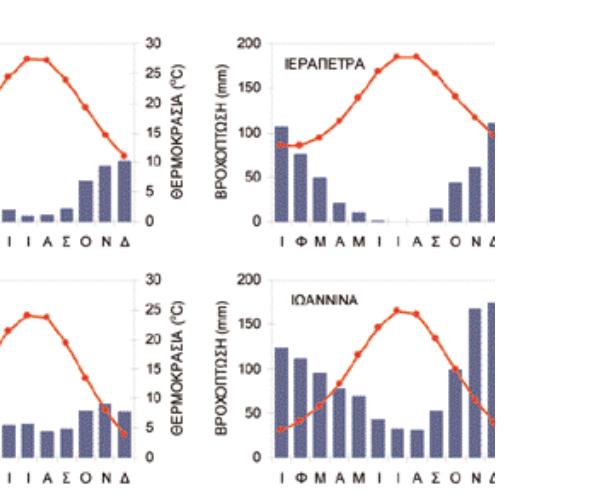
Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε νερό σε αέρια μορφή έχει ένα ανάτολο όριο, το ορίο κορεσμού, το οποίο αυξάνεται με τη θερμοκρασία. Έτσι, αν προστεθούν υδραργόλια πάνω από το ορίο κορεσμού, αλλά κυρίως αυτοί που ψυχεύουν μαζί μαζί μειώνεται το ορίο κορεσμού (αυτό γίνεται συνήθως με την ανύψωση και εκτόνωση της μάζας σε μεγαλύτερα υψηλέμετρα όπου επικρατούν μικρότερες πιέσεις), οι πλεονάζοντες υδραργόλια υγροποιούνται σχηματίζονται σε μικροσκοπικό επίπεδο σταγονίδια ή παγοκρυστάλλους και σε μακροσκοπικό επίπεδο σύννεφα (Σχ. 2). Όταν πολλά σταγονίδια ή κρύσταλλοι συνενωθούν, η δύναμη της βαρύτητας υπερνικά την αεροδυναμική άνωση και έτοιμης αντίστοιχη στη βροχόπτωση ή τη χιονόπτωση, οι οποίες είναι διαφορετικές μορφές κετού ή κατακρημνίσματων. Τα κατακρημνίσματα τροφοδοτούν με γλυκό νερό τη δεάφη και τους υποκείμενους υπόγειους υδρόφορες, που με τη σειρά τους εκφορτίζονται μέσω των πηγών και τροφοδοτούν τη ροή των ποταμών. Όταν η ένταση της βροχής είναι μεγάλη, έπειτα από τη δυνατότητα κατακράτησης και δύνησης των εδαφών, και τα ομβρια νερά ρέουν επιφανειακά σχηματίζονται την πλημμυρική απορροή.

Το κλίμα και η αέναη αλλαγή του

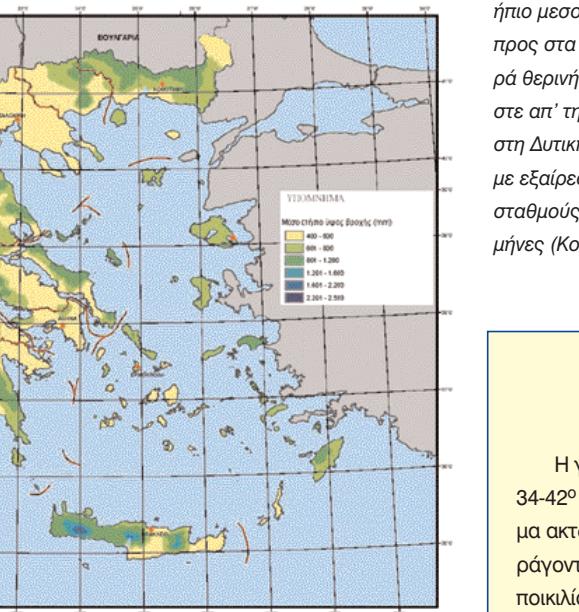
Η θερμοκρασία και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα είναι τα κύρια στοιχεία που χαρακτηρίζουν το κλίμα ενός τόπου. Άλλα σημαντικά στοιχεία είναι η υγρασία, η νέφωση και οι άνεμοι. Στον πλανήτη υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία κλιμάτων, τη κατάταξη των ιπποιών γίνεται με βάση τις μέσες της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης του έτους, αλλά κυρίως με βάση την κατανομή των δύο μεγεθών στους μήνες. Ενδεικτικά διαγράμματα για χαρακτηριστικούς τύπους κλίματος δίνονται στο Σχ. 3.



Σχ. 4. Ανακατασκευασμένο δείγμα θερμοκρασίας του Βόρειου Ημισφαίρου (απόκλιση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας από τη μέση της ετών 1960-90) για την τελευταία 420.000 χρόνια με βάση αναλύσεις πυρήνα πάγου από το Βοστόκ στην Ανταρκτική. Πηγή δεδομένων: Petit, J.R., et al. (2001), *Vostok Ice Core Data for 420,000 Years*, IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology, NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.



Σχ. 6. Κλιματικά διαγράμματα για πόλεις της Ελλάδας που παρουσιάζουν διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά, παρότι κατατάσσονται όλες στο ίσιο μεσογειακό κλίμα. Σε γενικές γραμμές οι θερμοκρασίες αυξάνονται προς στα νότια (Αθήνα, Ιεράπετρα), ενώ το θερμοκρασιακό εύρος (διαφορά θερινής και χειμερινής θερμοκρασίας) μεγαλώνει όσο απομακρύνονται απ' τη θάλασσα (Κοζάνη, Ιωάννινα). Οι βροχόπτωσεις είναι υψηλές στη Δυτική Ελλάδα (Ιωάννινα) και πάντως μειώνονται πολύ το καλοκαίρι, με εξαίρεση όμως τους βράχεις και απομακρυσμένους απ' τη θάλασσα σταθμούς που μπορεί να εμφανίζουν σταθερή βροχόπτωση σε όλους τους μήνες (Κοζάνη).



Σχ. 7. Γεωγραφική κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης στην Ελλάδα (σε χιλιοστά). Πηγή: ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, και ΚΕΠΕ (2003). Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, Ερευνητικό Έργο: Συμπλήρωση της ταξινόμησης ποροστικών και ποιοτικών παραμέτρων των υδατικών πόρων στα υδατικά διαμερίσματα της χώρας, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 549 σελίδες, Αθήνα.

της Γης, όπως είναι οι μεταβολές στην ηλιακή δραστηριότητα, οι μετακίνησης των ηπείρων, οι εκρήξεις ηφαιστείων, οι μεταβολές στην ανακλαστικότητα της Γης (και εδώ παίζει σημαντικό ρόλο η εξάπλωση των πάγων), οι μεταβολές στη βιόσφαιρα και την υδροσφαιρα κ.ά., ενώ όπως είδαμε παραπάνω, σήμερα έχουν προστεθεί και ανθρωπογενείς παράγοντες επιπρεσμού του κλίματος.

Δ. Κουτσογιάννης,
Τομέας Υδατικών Πόρων, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών,
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Εισαγωγή

Η ατμόσφαιρα επιπλέει σημαντικές λειτουργίες, κρίσμες για όλες τις διεργασίες του πλανήτη και ιδιαίτερα για τη ζωή πάνω στη άνθρωπο και το πολιτισμό είναι σχέδιον προφανής. Οι αρχαιολόγοι, ανθρωπολόγοι και ιστορικοί έχουν διαπιστώσει τη σχέση του κλίματος στη νότια (Αθήνα, Ιεράπετρα), ενώ το θερμοκρασιακό εύρος (διαφορά θερινής και χειμερινής θερμοκρασίας) μεγαλώνει όσο απομακρύνονται απ' τη θάλασσα στη Δυτική Ελλάδα (Ιωάννινα) και πάντως μειώνονται πολύ το καλοκαίρι, με εξαίρεση όμως τους βράχεις και απομακρυσμένους απ' τη θάλασσα σταθμούς που μπορεί να εμφανίζουν σταθερή βροχόπτωση σε όλους τους μήνες (Κοζάνη).

Από το αλγεβρικό άθροισμα των παραπάνω μεγεθών προκύπτει ότι υπάρχει καθαρή απορρόφηση ή «κέρδος» 30 ενεργειακών μονάδων από την επιφάνεια της Γης. Αυτές οι 30 μονάδες μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα με όλους μηχανισμούς, εκτός της ακτινοβολίας. Πρόκειται, συγκεκριμένα, για τους μηχανισμούς της αγωγής θερμότητας (λόγω επιφύλεξ με την επιφάνεια της Γης), κατακόρυφης μεταφοράς (λόγω ανοδικών ρευμάτων αέρα) και εξάπτησης του νερού. Ειδικότερα, η ενέργεια που διατίθεται για την εξάτμιση, γνωστή ως λανθανόμουσα θερμότητα, ανακτάται στην ατμόσφαιρα με την εισβολή αστρικών σωμάτων, τα οποία, εισερχόμενα στην ατμόσφαιρα και διανύοντάς την, καίγονται σε υψηλές θερμοκρασίες, αλλά και φιλτράροντας την επιβλαβή ακτινοβολία. αστρική και ηλιακή. Δινει τροφή στα φυτά (και έμεσα στα ζώα), παρέχοντας το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης μετατρέπεται σε οργανική ύλη. Δινει το απαραίτητο για την αναπονή διεγόντα στα (αερόβια) ακτών, καθώς και το πλούσιο ανάγλυφο είναι καθοριστικοί παράγοντες για το κλίμα της χώρας. Το κλίμα έχει αξιοημένη ποικιλότητα σε πάνω από λίμνες ή απ' τη θάλασσα. Στο Σχ. 4 βλέπουμε ένα ανακατασκευασμένο δείγμα θερμοκρασίας της επιφάνειας της Ευρώπης, ενώ τα νότια τημήματα στην περιοχή μετατρέπονται από θαλάσσιο μεσογειακό κλίμα.

Μερικά χαρακτηριστικά κλιματικά διαγράμματα που δείχνουν την ποικιλία του κλίματος απεικονίζονται στο Σχ. 6. Η γεωγραφική κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης φαίνεται στο Σχ. 7, όπου το παρατηρούμε ότι η Δυτική Ελλάδα είναι πολύ πλούσια στη βροχόπτωση από την Νότια Ευρώπη, ενώ τα νότια τημήματα στην περιοχή μετατρέπονται σε πάνω από λίμνες (ή μεσογειακός κύκλων), που επιφέρουν στην επιφάνεια της στεριάς τη ζωή. Είναι το μέστιο στο οποίο συμβαίνουν σημαντικές διεργασίες ανταλλαγής ενέργειας και μάζας. Μία από τις σημαντικότερες συνέπειες αυτών των ανταλλαγών είναι ο κύκλος του νερού (ή μεσογειακός κύκλος), που παρέχει το καθαρό νερό που χρειάζονται τα έμβια άντα που ζουν στη στεριά. Μια συνοπτική εικόνα των διεργασιών ανταλλαγής ενέργειας που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα δίνονται στο Σχ. 1. Από τις 100 μονάδες ηλιακής ακτινοβολίας (βραχέων κυμάτων, κατά το πλείστον οροπάνω) που φτάνουν στο εξωτερικό όριο της ατμόσφαιρας, μόνο οι 55 φτάνουν στην επιφάνεια της στεριάς τη ζωή της θαλάσσας και μόνο οι 51 απορροφώνται εκεί. Οι υπόλοιπες έχουν απορροφηθεί ή ανακλαστεί από την ατμόσφαιρα. Παράλληλα, η Γη, όπως κάθε σώμα που έχει θερμοκρασία πάνω απ' το απόλυτο μπόρο (-273°C), ακτινοβολεί και η ίδια. Για τη μέση θερμοκρασία πάνω από τη στεριά της Γης: αν δεν υπήρχε, τότε η θερμοκρασία της Γης θα έτεινε προς το απόλυτο μηδέν (ώστε να υπάρχει και πάλι ισοζυγιο ενέργειας εκπομπής και πρόσληψης).

Ιστορικό

Οι απαρχές των γνώσεων για την ατμόσφαιρα και το κλίμα χάνονται στα βάθη της προϊστορίας. Πρακτικές παραπτηρήσεις μετεωρολογίας, συγκεχυμένες σε ένα κράμα προκαταλήψεων και μαγείας, υπάρχουν σε όλους τους ιστορικά βεβαιωμένους αρχαίους πολιτισμούς. Η πρώτη οργανωμένη θεωρητική προσέγγιση των φαινομένων της ατμόσφαιρας, μέσα από τον αφροτριένο στοχασμό που συνδέεται με την παραπτηρήση, παρουσιάστηκε από τους αρχαίους Έλληνες διανοητές και διασώθηκε σε γραπτά φιλοσοφικά και επιστημονικά κείμενα. Ο ίωνας φιλόσοφος Αναξιμένης (585-525 π.Χ.) μελέτησε με εξαιρετική επινοητικότητα και αγχίνοις τα μετεωρολογικά φαινόμενα και παρουσίασε ορθές εξηγήσεις για το σχηματισμό των νεφών, της βροχής, του χαλαζιού και του χιονιού, τα αίτια των ανέμων και της ίριδας (ουράνιου τόξου), ενώ προσπάθησε να δώσει φυσική ερμηνεία και για τη δημιουργία της αστραπής. Ο Αναξιμόρας ο Κλαζομένιος, φιλόσοφος που ζήσε στην Αθήνα (500-428 π.Χ.) και θεωρείται (μαζί με τον Επιδεικνύτη) πατέρας της πειραματικής έρευνας, αποσαφήνισε την έννοια του υδρολογικού κύκλου: ο ήλιος σηκώνει το νερό από τη θάλασσα στην ατμόσφαιρα, απ' όπου πέφτει ως βροχή, στη συνέχεια συλλέγεται σε υπόγεια κολώνατα και τροφοδοτεί τη ροή των ποταμών. Ο ίδιος μελέτησε και πολλά μετεωρολογικά φαινόμενα (άνεμοι, αστραπές, θύελλες, ανεμοστρόβιλοι, νέφη, χιόνι, ίριδα) αποδεχόμενος εν γένει τις ερμηνείες του Αναξιμένη και συμπληρώνοντάς τες. Ειδικότερα, για τη γένεση των ανέμων θεωρεί υπεύθυνες τις διαφορές πυκνότητας του αέρα που προκαλούνται από την ηλιακή θερμότητα: ο θερμαινόμενος αέρας κινείται προς το Βόρειο Πόλο και αφήνει κενά τα οποία προκαλούν ρεύματα αέρα. Ο Αριστοτέλης (384-323 π.Χ.) στο έργο του Μετεωρολογικά διατυπώνει με σαφήνεια τις αρχές του υδρολογικού κύκλου, διευκρινίζοντας ότι οι υδρατμοί αποτελούν εξαέρωση του νερού υπό την επήρεια του ήλιου και η συμπύκνωση τους δημιουργεί τα νέφη. Μάλιστα διατυπώνει έμμεσα την αρχή της διατήρησης της μάζας του νερού στον υδρολογικό κύκλο. Ο μαθητής του Θεόφραστος υιοθετεί και συμπληρώνει τις θεωρίες του Αναξιμένη και του Αριστοτελή για το σχηματισμό των κατακρημνισμάτων από συμπύκνωση και πάγωμα των υδρατμών. Σημαντική είναι η συμβολή του στην κατανόηση της αρένας με την εξάτμιση. Ο Επίκουρος (341-270 π.Χ.) έδινε φυσικές εξηγήσεις των μετεωρολογικών φαινομένων, στα πρότυπα των ίωνων φιλόσοφων, αντικρύζοντας τις δεσμοδιαμονίες της εποχής. Ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς (1ος αιώνας π.Χ.) στο έργο του Πνευματικά μελέτησε την πίεση του αέρα, αναγνωρίζοντας ότι ο αέρας δεν είναι κενός χώρος αλλά ύλη με μάζα.

Θα πέρασουν αιώνες μέχρι να υπάρξουν νέες ουσιαστικές συμβολές στην κατανόηση των φαινομένων της ατμόσφαιρας και τη μετρόποτη τους: Έτσι, μόλις στα τέλη του 16ου αιώνα μ.Χ. έχουμε τη γέννηση της ενόργανης μετεωρολογίας με την εφεύρεση αρχικών του θερμομέτρου από τον Γαλιλαίο (1582) και στη συνέχεια του βαρομέτρου από τον Τορικέλι (1643). Ο τελευταίος θα επιβεβώσει πειραματικά το γεγονός ότι ο αέρας έχει βάρος. Το 190 αιώνα δημιουργούνταν δίκτυα μετεωρολογικών σταθμών (Lamark, La Place, Lavoisier), καθιερώνεται η τηλεγραφική μεταβίβαση μετεωρολογικών παραπτηρήσεων (Henry, 1849) για λόγους πρόβλεψης (Le Verrier, 1854) και προεδροποίησης (Ballot, 1860) και ιδρύονται μετεωρολογικές υπηρεσίες (Le Verrier, Gallia, 1855) και διεθνής μετεωρολογικός οργανισμός (1878).

Τέλος, τον 20 αιώνα έχουμε τις παραπτηρήσεις της ανώτερης ατμόσφαιρας (αερόστατα, ραδιοβιόλεις), τους αυτόματους τηλεμετρικούς μετεωρολογικούς σταθμούς, τα ραντάρ καιρού και τους μετεωρολογικούς δορυφόρους. Παράλληλα, το δεύτερο μισό του

20ού αιώνα σημαδεύεται από την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, γεγονός που έδωσε τεράστια ώθηση στη μετεωρολογία και την κλιματολογία, καθιστώντας εφικτή τη μαθηματική προσομοίωση και πρόγνωση των ατμόσφαιρικών φαινομένων με τη χρήση μνημένων και κλιματικών μοντέλων. Επίσης, σημαντική πρόοδος έγινε στην κατανόηση των ατμοσφαιρικών φαινομένων. Ένα σημαντικό στοχείο που κατανόηση είναι η πολυπλοκότητα των καιρικών φαινομένων και η εξάρτησή τους από πληθώρα παραμέτρων και μηχανισμών, πολλοί από τους οποίους δεν έχουν ακόμη κατανοθεί. Η πολυπλοκότητα και η ευαισθησία των φαινομένων θέτουν αξεπέραστα όρια στην αποτελεσματική καιρού για

Δομή και φυσικές ιδιότητες της ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα θεωρείται ότι εκτείνεται σε ύψος περίπου 500 χιλιόμετρων πάνω από την επιφάνεια της Γης, αν και στην πραγματικότητα το άνω όριό της δεν είναι καθόλου σαφές, δεδομένου ότι ο αέρας αραιώνεται σε υπόγεια κολώνατα και τροφοδοτεί τη ροή των ποταμών. Ο ίδιος μελέτησε και πολλά μετεωρολογικά φαινόμενα (άνεμοι, αστραπές, θύελλες, ανεμοστρόβιλοι, νέφη, χιόνι, ίριδα) αποδεχόμενος εν γένει τις ερμηνείες του Αναξιμένη και συμπληρώνοντάς τες. Ειδικότερα, για τη γένεση των ανέμων θεωρεί υπεύθυνες τις διαφορές πυκνότητας του αέρα που προκαλούνται από την ηλιακή θερμότητα: ο θερμαινόμενος αέρας κινείται προς το Βόρειο Πόλο και αφήνει κενά τα οποία προκαλούν ρεύματα αέρα. Ο Αριστοτέλης (384-323 π.Χ.) στο έργο του Μετεωρολογικά διατυπώνει με σαφήνεια τις αρχές του υδρολογικού κύκλου, διευκρινίζοντας ότι οι υδρατμοί αποτελούν εξαέρωση του νερού υπό την επήρεια του ήλιου και η συμπύκνωση τους δημιουργεί τα νέφη. Μάλιστα διατυπώνει έμμεσα την αρχή της διατήρησης της μάζας του νερού στον υδρολογικό κύκλο. Ο μαθητής του Θεόφραστος υιοθετεί και συμπληρώνει τις θεωρίες του Αναξιμένη και του Αριστοτελή για το σχηματισμό των κατακρημνισμάτων από συμπύκνωση και πάγωμα των υδρατμών. Σημαντική είναι η συμβολή του στην κατανόηση της αρένας με την εξάτμιση. Ο Επίκουρος (341-270 π.Χ.) έδινε φυσικές εξηγήσεις των μετεωρολογικών φαινομένων, στα πρότυπα των ίωνων φιλόσοφων, αντικρύζοντας τις δεσμοδιαμονίες της εποχής. Ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς (1ος αιώνας π.Χ.) στο έργο του Πνευματικά μελέτησε την πίεση του αέρα, αναγνωρίζοντας ότι ο αέρας δεν είναι κενός χώρος αλλά ύλη με μάζα.

Στη στάθμη της θάλασσας, η πυκνότητα του αέρα είναι 1.2 kg/m^3 (χλιδύγραμμα ανά κυβικό μέτρο, μόλις το $1/800$ της πυκνότητας του νερού) και μειώνεται με το ύψος. Η μάζα μιας κατακόρυφης στήλης χιλιάδων νέφων ζωής που εξαρτώνται από το οξυγόνο. Το ατμοσφαιρικό οξυγόνο καταναλώνεται με την αναπνοή οργανισμών, την αποσύνθεση νεκρών οργανισμών κάτω από την επίδραση βακτηριδίων, την καύση οργανικών ουσιών (π.χ. πυρκαγιές δασών, καύση πετρελαίου) και διάφορες οξειδωτικές αντιδράσεις. Κατά συνέπεια, αν δεν ανανεωνόταν με τον ίδιο ρυθμό, η συγκέντρωση αερίου θα μιωνόταν. Επυγώνων νέφων γίνεται απόδωση καρπούς, αφού παραπτηρήθηκαν σημεία περιπέτειας στην ατμόσφαιρα.

Οι ατμοσφαιρικές αέρες είναι ένα μείγμα αέριων χημικών στοιχείων. Το αέριο με τη μεγαλύτερη αφθονία είναι το άζωτο (N_2) που αποτελεί το 78% της ατμόσφαιρας. Το άζωτο είναι σχετικά αδρανές χημικά και δρα ως το μέσον ανάμειξης για όλα τα υπόλοιπα αέρια. Το οξυγόνο είναι το δεύτερο κύριο συστατικό και αποτελεί το 21% της ατμόσφαιρας. Βρίσκεται στη συνήθη μοριακή μορφή του (O_2), αλλά μια απειρολάχιστη ποσότητα του βρίσκεται υπό μορφή ζόντος (O_3). Και ο δύο μορφές υπάρχουν έχουν τεράστια σημασία στην ατμόσφαιρα, από την αποσύνθεση οργανισμών, την αποσύνθεση νεκρών οργανισμών κάτω από την επίδραση βακτηριδίων και διάφορες οξειδωτικές αντιδράσεις. Κατά συνέπεια, αν δεν ανανεωνόταν με τον ίδιο ρυθμό, η συγκέντρωση αερίου θα μιωνόταν. Επυγώνων νέφων γίνεται απόδωση καρπούς, αφού παραπτηρήθηκαν σημεία περιπέτειας στην ατμόσφαιρα.

Οι ατμοσφαιρικές αέρες είναι ένα μείγμα αέριων χημικών στοιχείων. Το αέριο με τη μεγαλύτερη αφθονία είναι το άζωτο (N_2) που αποτελεί το 78% της ατμόσφαιρας. Το άζωτο είναι σχετικά αδρανές χημικά και δρα ως το μέσον ανάμειξης για όλα τα υπόλοιπα αέρια. Το οξυγόνο είναι το δεύτερο κύριο συστατικό και αποτελεί το 21% της ατμόσφαιρας. Βρίσκεται στη συνήθη μοριακή μορφή του (O_2), αλλά μια απειρολάχιστη ποσότητα του βρίσκεται υπό μορφή ζόντος (O_3). Και ο δύο μορφές υπάρχουν έχουν τεράστια σημασία στην ατμόσφαιρα, από την αποσύνθεση οργανισμών, την αποσύνθεση νεκρών οργανισμών κάτω από την επίδραση βακτηριδίων και διάφορες οξειδωτικές αντιδράσεις, από την αποσύνθεση οργανισμών, διάφορες οξειδωτικές διεργασίες, όπως η διαζέραση του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), οξειδία του άζωτου (N_2O) και το θείο (SO_2) και χλωροφθοράνθρακες (CFC). Ιδιαίτερη σημασία μεταβύεται στην ατμόσφαιρα σε αέρια (υδρατμοί), υγρή (σταγόνες) και στερεή μορφή (παγκρύσταλλοι). Σε στερεή μορφή απαντούν ακόμη στην ατμόσφαιρα με μικρές ποσότητες διάφορες ουσίες, όπως καπνός, σκόνη και ηφαιστειακή τέφρα, όπου οι αποτελεσματικές διεργασίες της ατμόσφαιρας αποτελούνται από την απαραίτηση αστίδα για την ανάπτυξη και διατήρηση της ζωής στην επιφάνεια της Γης. Πριν υπάρξει οιραγόνυμοι πάνω στους οποίους σχηματίζονται οι σταγόνες πάνω