

Άτομα

- 1.1** Η σωματιδιακή αντίληψη του κόσμου: Η δομή καθορίζει τις ιδιότητες 35
 - 1.2** Ταξινόμηση της ύλης: Μια σωματιδιακή θεώρηση 37
 - 1.3** Η επιστημονική προσέγγιση της γνώσης 39
 - 1.4** Πρώιμες απόψεις για τις δομικές μονάδες της ύλης 41
 - 1.5** Σύγχρονη ατομική θεωρία και οι νόμοι που οδήγησαν σ' αυτήν 41
 - 1.6** Η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου 45
 - 1.7** Η δομή του ατόμου 48
 - 1.8** Υποατομικά σωματίδια: Πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια 50
 - 1.9** Ατομική μάζα: Η μέση μάζα των ατόμων ενός στοιχείου 54
 - 1.10** Άτομα και mole: Πόσο πολλά σωματίδια; 57
 - 1.11** Προέλευση των ατόμων και των στοιχείων 62
- Βασικά μαθησιακά αποτελέσματα 62



► Η εικόνα απεικονίζει την περιήγηση στη Ντίσνεϊλαντ που ονομάζεται *Περιπέτεια στο ενδότερο διάστημα*. Η ιδέα της περιήγησης είναι πως μπαίνεις σε ένα μικροσκόπιο και μικραίνεις στο μέγεθος ενός ατόμου. Οι κόκκινες και λευκές σφαίρες που φαίνονται εδώ παριστάνουν τα άτομα οξυγόνου και υδρογόνου που έχουν συνδεθεί σχηματίζοντας μόρια νερού.

Οι βασικές αρχές του κόσμου είναι τα άτομα και το κενό, όλα τα άλλα απλώς πιστεύουμε πως υπάρχουν.

– ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ (~460 - ~370 π.Χ.)

ΠΟΙΑ ΠΙΣΤΕΥΕΤΕ ΠΩΣ ΕΙΝΑΙ Η ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗ ΙΔΕΑ

όλης της ανθρώπινης γνώσης; Υπάρχουν, φυσικά, πολλές πιθανές απαντήσεις στην ερώτηση αυτή, μερικές πρακτικές, μερικές φιλοσοφικές και μερικές επιστημονικές. Αν περιοριστούμε στις επιστημονικές, η προσωπική μου άποψη είναι η ακόλουθη: *Οι ιδιότητες της ύλης καθορίζονται από τη δομή των ατόμων και των μορίων που την αποτελούν.* Τα άτομα και τα μόρια καθορίζουν τη συμπεριφορά της ύλης – αν αυτά ήταν διαφορετικά τότε και η ύλη θα ήταν διαφορετική. Η δομή των ατόμων του ηλίου καθορίζει τη συμπεριφορά του ηλίου, η δομή των μορίων του νερού καθορίζει το πως συμπεριφέρεται το νερό και η δομή των μορίων που αποτελούν το σώμα μας καθορίζει τη συμπεριφορά του. Η κατανόηση της ύλης σε σωματιδιακό επίπεδο μας δίνει μια αξεπέραστη δυνατότητα ελέγχου της ύλης. Για παράδειγμα, η κατανόηση των λεπτομερειών για τα μόρια που συνιστούν τους ζωντανούς οργανισμούς έχει δημιουργήσει μια επανάσταση στη βιολογία τα τελευταία 50 χρόνια.

1.1 Η σωματιδιακή αντίληψη του κόσμου: Η δομή καθορίζει τις ιδιότητες

Καθώς βρισκόμουν μέσα στον προσομοιωτή και άκουγα τη φωνή του αφηγητή να μου λέει ότι μίκραινα στο μέγεθος ενός ατόμου, αισθανόμουν φοβισμένος αλλά και περίεργος. Λίγα λεπτά πριν κι ενώ περίμενα στη σειρά παρατήρησα αυτό που φαινόταν να είναι άνθρωποι κανονικού μεγέθους να μπαίνουν στο μικροσκόπιο και να βγαίνουν από την άλλη πλευρά πολύ μικρότεροι. Ήμουν 7 χρονών και θα έμπαινα στην περιήγηση της Ντίσνεϊλαντ που λεγόταν *Περιπέτεια στο Εσώτερο Διάστημα* (στη Χώρα του Αύριο) που προσομοίωνε τη διαδικασία της σμίκρυνσης στο μέγεθος ενός ατόμου. Η περιήγηση ξεκίνησε στα σκοτεινά με ανακίνηση αλλά αυτή σταμάτησε και εμφανίστηκαν γιγαντιαίες νιφάδες χιονιού. Ο αφηγητής εξήγησε ότι ήμασταν στη διαδικασία παραπέρα σμίκρυνσης, πράγμα που εξηγούσε γιατί οι νιφάδες γινόταν όλο και μεγαλύτερες. Σύμφωνα μπήκαμε μέσα από το τοίχωμα μιας νιφάδας και αρχίσαμε να βλέπουμε μόρια νερού παντού γύρω μας. Κι αυτά επίσης μεγάλωναν καθώς συνεχίζαμε το ταξίδι μας στο εσώτερο διάστημα και καταλήξαμε μέσα στο ίδιο το άτομο. Παρόλο που αυτή η περιήγηση της Ντίσνεϊλαντ ήταν οριακά αστεία και έχει πλέον διακοπεί, ήταν η αγαπημένη μου όταν ήμουν παιδί.

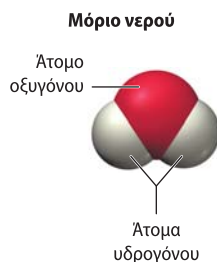
Αυτή η περιήγηση έδωσε το έναυσμα στο ενδιαφέρον μου για τον κόσμο των ατόμων και των μορίων, ένα ενδιαφέρον που συνεχίζεται και μεγαλώνει με τον καιρό. Είμαι χημικός επειδή έχω μια εμμονή με τη συσχέτιση μεταξύ των «πραγμάτων» που βρίσκονται γύρω μας και των σωματιδίων που αποτελούν αυτά τα πράγματα, κάτι που είναι ο πυρήνας της χημείας και η βασική ιδέα αυτού του βιβλίου. Η βασική αυτή ιδέα μπορεί να εκφραστεί με ακρίβεια με δύο σύντομες προτάσεις:

1. Η ύλη είναι σωματιδιακής φύσης, δηλαδή αποτελείται από σωματίδια.
2. Η δομή των σωματιδίων αυτών καθορίζει τις ιδιότητες της ύλης.

Ύλη είναι οτιδήποτε καταλαμβάνει χώρο και έχει μάζα. Τα περισσότερα πράγματα που μπορείτε να σκεφτείτε, όπως το βιβλίο αυτό, το τραπέζι σας, ακόμη και το σώμα σας, αποτελούνται από ύλη. Η σωματιδιακή φύση της ύλης που έγινε αντιληπτή στην αρχαία Ελλάδα αλλά κοινά αποδεκτή λιγότερο από 200 χρόνια πριν από σήμερα, είναι η βάση της χημείας και ο σκελετός αυτού του βιβλίου.

Για παράδειγμα, θεωρείστε το νερό, τη γνωστή ουσία που όλοι γνωρίζουμε και που η ζωή μας εξαρτάται απ' αυτό. Τα σωματίδια που αποτελούν τα *μόρια του νερού* μπορούν να παρασταθούν ως εξής:

Στη χημεία, τα άτομα συχνά παριστάνονται ως χρωματιστές σφαίρες, με το κάθε χρώμα να παριστάνει ένα διαφορετικό είδος ατόμων. Για παράδειγμα, μια μαύρη σφαίρα αντιπροσωπεύει άτομο άνθρακα, μια κόκκινη αντιπροσωπεύει άτομο οξυγόνου και μια λευκή αντιπροσωπεύει άτομο υδρογόνου. Για ένα πλήρη κατάλογο της κωδικοποίησης αυτής δείτε το Προσάρτημα IIA.



Ένα μόριο νερού αποτελείται από τρία *άτομα*, ένα άτομο οξυγόνου και δύο άτομα υδρογόνου. Τα **άτομα** είναι τα βασικά σωματίδια που αποτελούν τη γνωστή ύλη και στη φύση

απαντούν περίπου 91 διαφορετικά είδη ατόμων. Τα άτομα συχνά συνδυάζονται μεταξύ τους σε καθορισμένες γεωμετρικές διατάξεις και σχηματίζουν **μόρια**, όπως είδαμε στην περίπτωση του νερού.

Το πρώτο πράγμα που πρέπει να γνωρίζετε για τα μόρια του νερού –και για όλα τα μόρια φυσικά– είναι ότι έχουν εξαιρετικά μικρό μέγεθος, τόσο που δεν είναι ορατά ούτε με το ισχυρότερο οπτικό μικροσκόπιο. Η τελεία στο τέλος της πρότασης αυτής έχει διάμετρο περίπου 1/5 του χιλιοστού, αλλά μια σφαιρική σταγόνα νερού με το ίδιο μέγεθος περιέχει περισσότερα από 100 τρισεκατομμύρια (εκατομμύρια δισεκατομμυρίων) μόρια νερού.

Το δεύτερο πράγμα που πρέπει να γνωρίζετε σχετικά με τα μόρια του νερού είναι πως η δομή τους καθορίζει τις ιδιότητες του νερού. Το μόριο του νερού είναι **γωνιακό**, δηλαδή τα δύο άτομα υδρογόνου και το άτομο του οξυγόνου δεν βρίσκονται σε μια ευθεία γραμμή. Αν τα τρία άτομα ήταν σε ευθεία γραμμή, το νερό θα ήταν διαφορετικό. Για παράδειγμα, υποθέστε ότι τα μόρια του νερού είναι γραμμικά κι όχι γωνιακά:

Υποθετικό γραμμικό μόριο νερού

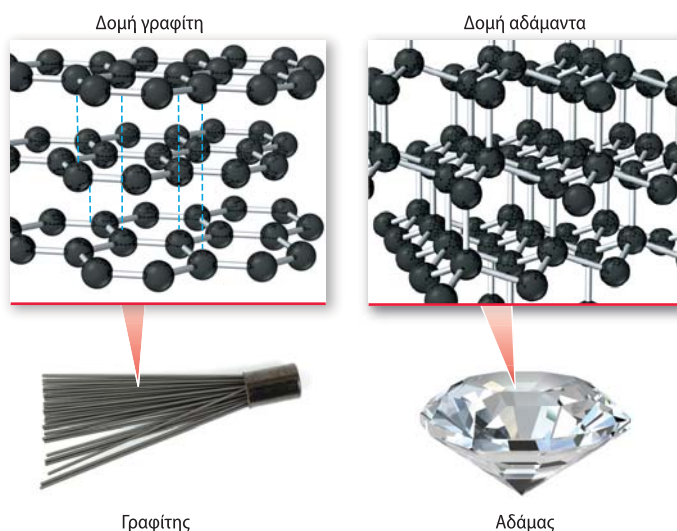


Αν το νερό είχε αυτή την υποθετική δομή, θα ήταν ένα διαφορετικό σώμα. Καταρχήν θα είχε χαμηλότερο σημείο βρασμού από το γνωστό νερό (και μπορεί να ήταν αέριο σε θερμοκρασία δωματίου). Αυτή η μεταβολή στο σχήμα θα εξασθενούσε τόσο τις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του νερού ώστε αυτά θα είχαν μικρότερη τάση να συγκρατηθούν μαζί ως υγρό και περισσότερη να εξατμιστούν ως αέριο. Στην υγρή του κατάσταση το γραμμικό νερό θα ήταν διαφορετικό από το νερό που γνωρίζουμε. Θα είχε μια υφή που θα έμοιαζε με τη βενζίνη ή διαλυτικό χρώματος κι όχι με το νερό όπως το γνωρίζουμε. Ουσίες που διαλύονται εύκολα στο νερό, όπως η ζάχαρη και το αλάτι, πιθανόν να μη διαλυόταν στο γραμμικό νερό.

Το βασικό στοιχείο της υπόθεσης είναι ότι οι ουσίες γύρω μας έχουν ιδιότητες που εξαρτώνται βασικά από τη δομή των σωματιδίων που τις αποτελούν, μια μικρή αλλαγή στη δομή όπως ένα διαφορετικό σχήμα, οδηγεί σε σημαντική διαφοροποίηση των ιδιοτήτων. Αν θέλουμε να κατανοήσουμε τις ουσίες γύρω μας, πρέπει να κατανοήσουμε τα σωματίδια που τις αποτελούν κι αυτό είναι ο κύριος στόχος της χημείας. Ένας καλός και απλός ορισμός της **χημείας** είναι:

Χημεία είναι η επιστήμη που προσπαθεί να κατανοήσει τις ιδιότητες της ύλης εξετάζοντας τη δομή των σωματιδίων που την αποτελούν.

Σ' όλο το βιβλίο εξετάζουμε τη συσχέτιση μεταξύ των ιδιοτήτων της ύλης και των σωματιδίων που την αποτελούν. Προσπαθούμε να κατανοήσουμε πως οι διαφορές στο σωματιδιακό επίπεδο επιδρούν στις ιδιότητες σε μακροσκοπικό επίπεδο. Πριν προχωρήσουμε, αν εξετάσουμε ένα ακόμη παράδειγμα που φανερώνει αυτή την αρχή. Θεωρείστε τις δομές του γραφίτη και του αδάμαντα.* Ο γραφίτης είναι ένα γλιστερό μαύρο υλικό (είναι το υλικό των μολυβίων και γι αυτό λανθασμένα ονομάζεται και μολύβι) ενώ ο αδάμας είναι μια αστραφτερή πολύτιμη πέτρα που συναντάμε σε κοσμήματα. Και οι δύο ουσίες αποτελούνται από τα ίδια ακριβώς άτομα, άτομα άνθρακα. Οι σημαντικές διαφορές στις ιδιότητές τους είναι αποτέλεσμα της διευθέτησης των ατόμων αυτών μεταξύ τους. Στο γραφίτη τα άτομα διατάσσονται σε φύλλα. Τα άτομα κάθε φύλλου έχουν ισχυρή σύνδεση μεταξύ τους αλλά τα φύλλα δεν έχουν αντίστοιχη σύνδεση με τα γειτονικά τους φύλλα. Έτσι, ένα φύλλο μπορεί να κυλήσει ως προς ένα γειτονικό του και για το λόγο αυτό ο γραφίτης των μολυβίων αφήνει ένα ίχνος καθώς γράφετε με αυτό. Αντίθετα, στον αδάμαντα τα άτομα του άνθρακα διατάσσονται σε μια τρισδιάστατη δομή όπου τα στρώματα που δημιουργούν συνδέονται ισχυρά με άλλα στρώματα δίνοντας ένα σκληρό και σχεδόν άθραυστο υλικό. Αυτός είναι ο κόσμος των σωματιδίων, μικρές διαφορές στις διατάξεις των σωματιδίων που αποτελούν την ύλη μπορούν να καταλήξουν σε μεγάλες διαφορές στις ιδιότητες της ύλης.



* Σ.τ.μ. Αδάμας η επίσημη ονομασία για το διαμάντι. Από την Ελληνική λέξη αδάμαστος, επειδή δεν χαράζεται εύκολα (παραβάλλετε σύγχρονες χρήσεις όπως «αδαμάντινος χαρακτήρας»).

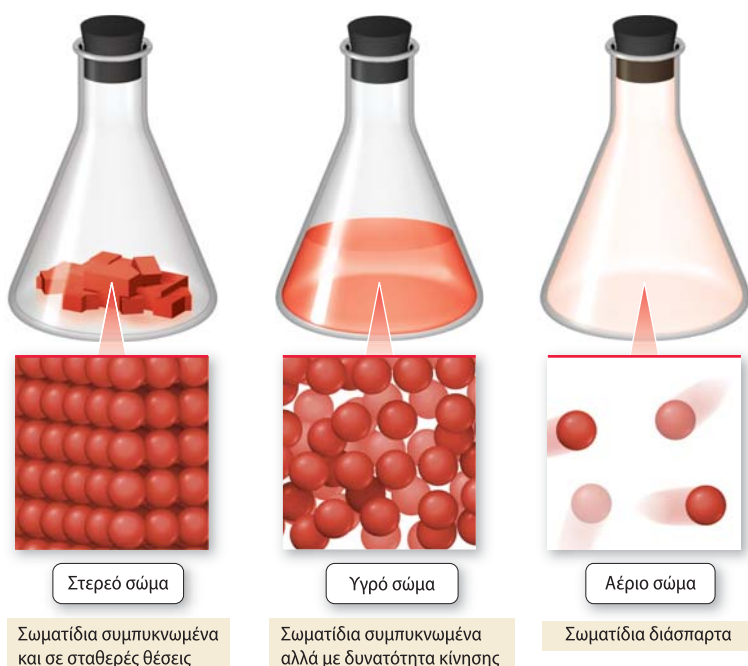
1.2 Ταξινόμηση της ύλης: Μια σωματιδιακή θεώρηση

The state of matter changes from solid to liquid to gas with increasing temperature.

Στην προηγούμενη ενότητα είδαμε ότι ύλη είναι οτιδήποτε καταλαμβάνει χώρο και έχει μάζα. Μια ειδική περίπτωση ύλης, όπως ο αέρας, το νερό ή η άμμος, είναι μια **ουσία**. Μπορούμε να αρχίσουμε να κατανοούμε τη σωματιδιακή θεώρηση της ύλης μέσω της ταξινόμησής της με βάση τα σωματίδια που την αποτελούν. Η πρώτη ταξινόμηση –η **κατάσταση** της ύλης– εξαρτάται από τις **σχετικές θέσεις** των σωματιδίων καθώς και από το **πόσο ισχυρά αυτά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους** (ως συνάρτηση της θερμοκρασίας). Η δεύτερη ταξινόμηση –η **σύσταση** της ύλης– εξαρτάται από τον **τύπο** των σωματιδίων.

Οι καταστάσεις της ύλης: Στερεή, υγρή, αέρια

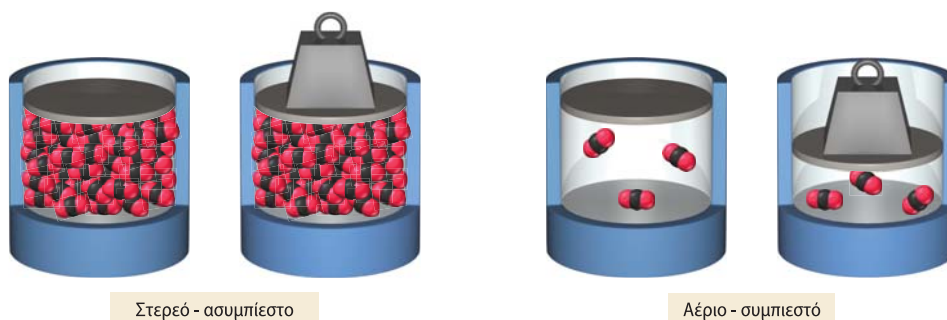
Η ύλη μπορεί να υφίσταται σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις: **στερεή, υγρή και αέρια** (**Εικόνα 1.1**). Τα σωματίδια που αποτελούν την **στερεή ύλη** έλκονται ισχυρά μεταξύ τους και κατά συνέπεια συμπυκνώνονται και διατηρούν σταθερές θέσεις. Παρόλο που τα σωματίδια ταλαντώνονται, δεν κινούνται γύρω ή εμπρός από τα γειτονικά τους. Συνεπώς ένα στερεό σώμα έχει καθορισμένο όγκο και συγκεκριμένο σχήμα. Ο πάγος, το αλουμίνιο και ο αδάμας είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα στερεών.



ΕΙΚΟΝΑ 1.1 Οι καταστάσεις της ύλης. Σε ένα στερεό, τα συστατικά σωματίδια είναι σταθερά ως προς τη θέση τους και μόνο ταλαντώνονται. Σε ένα υγρό, αν και τα σωματίδια είναι συμπυκνωμένα, μπορούν να κινηθούν το ένα ως προς το άλλο επιτρέποντας στο υγρό να ρέει και να υιοθετεί το σχήμα το δοχείου όπου περιέχεται. Σε ένα αέριο, τα σωματίδια είναι διάσπαρτα κάνοντας τα αέρια ρευστά αλλά και συμπιεστά.

Τα σωματίδια που αποτελούν την **υγρή ύλη** συμπυκνώνονται όπως και τα σωματίδια στη στερεή ύλη αλλά οι ασθενέστερες έλξεις μεταξύ των σωματιδίων τους επιτρέπουν να μετακινούνται το ένα ως προς το άλλο, δίνοντας στα υγρά σταθερό όγκο αλλά όχι και συγκεκριμένο σχήμα. Τα υγρά υιοθετούν το σχήμα του δοχείου που τα περιέχει. Το νερό, η αλκοόλη και η βενζίνη είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα ουσιών που είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου.

Τα σωματίδια που αποτελούν την **αέρια ύλη** έλκονται μεταξύ τους πολύ ασθενώς, τόσο ώστε δεν συσπειρώνονται όπως κάνουν τα σωματίδια στα υγρά ή τα στερεά. Αντίθετα, τα σωματίδια είναι ελεύθερα να μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις πριν συγκρουστούν μεταξύ τους. Οι μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των σωματιδίων επιτρέπουν τη **συμπίεση** των αερίων (**Εικόνα 1.2**). Όταν συμπιέζετε ένα μπαλόνι ή κάθεστε σε ένα αερόστρωμα, αναγκάζετε τα σωματίδια του αερίου να καταλάβουν μικρότερο όγκο, δηλαδή να έρθουν πιο κοντά. Τα αέρια πάντα υιοθετούν το σχήμα και τον όγκο του δοχείου όπου περιέχονται. Στις ουσίες που είναι αέρια στη θερμοκρασία δωματίου περιλαμβάνονται το ήλιο, το άζωτο (το κύριο συστατικό του αέρα) και το διοξείδιο του άνθρακα.



ΕΙΚΟΝΑ 1.2 Η συμπίεσιμότητα των αερίων. Τα αέρια μπορούν να συμπιεστούν –να στριμωχτούν δηλαδή σε μικρότερο όγκο– επειδή υπάρχει πολύς κενός χώρος μεταξύ των ατόμων ή των μορίων στην αέρια φάση.