

Κεφάλαιο 5

Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΎΛΗΣ

Φάσματα :

Φωτεινές γραμμές σαν αυτές που βλέπετε στη φωτογραφία προέρχονται από την ανάλυση του φωτός που εκπέμπεται από σωληνικές αερίων ή του φωτός των άστρων που συλλέγεται από μεγάλα τηλεσκόπια. Από τη μελέτη αυτών των φασματικών γραμμών είναι δυνατό να αντληθούν πληροφορίες για τη θερμοκρασία και τη χημική σύσταση της ύλης.

Στο κεφάλαιο αυτό :

θα διεισδύσουμε στο εσωτερικό της ύλης,
θα γνωρίσουμε τη δομή της
καθώς και τη σχέση ανάμεσα στη δομή
και τις ιδιότητες των καταστάσεων της ύλης.

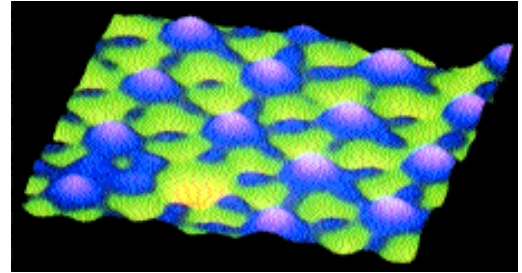
5. Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

Ένα διαφορετικό ταξίδι

Με τα αεροπλάνα μπορούμε να ταξιδέψουμε σε όλη τη Γη, με τα διαστημόπλοια εξερευνούμε το διάστημα και πρόκειται να επισκεφθούμε άλλους πλανήτες. Με τα σύγχρονα τηλεσκόπια "ταξιδεύουμε" σε άστρα που βρίσκονται χιλιάδες έτη φωτός μακριά. Ένα διαφορετικό ταξίδι, ωστόσο, προκαλούσε ανέκαθεν το ενδιαφέρον των ανθρώπων: το "ταξίδι" στο εσωτερικό της ύλης. Για τη πραγματοποίηση του πρέπει να φαντασθούμε ότι συρρικνωμάστε όπως η Αλίκη στη χώρα των θαυμάτων, ή να μεγεθύνουμε πάρα πολύ τα αντικείμενα.

Το ταξίδι αυτό ξεκίνησε ήδη κατά τον 5ο αιώνα π.Χ. στην Αρχαία Ελλάδα. Οι φιλόσοφοι Λεύκιππος και Δημόκριτος φαντάστηκαν ότι η ύλη αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια τα οποία δεν τέμνονται, δηλαδή δε κόβονται σε μικρότερα. Γι' αυτό οι δύο φιλόσοφοι ονόμασαν αυτά τα σωματίδια άτομα και η θεωρία τους ονομάστηκε Ατομική Θεωρία.

Η σύγχρονη επιστήμη, όμως, δεν χρησιμοποιεί μόνο την φαντασία και τη νόηση. Θεμελιώνει τους ισχυρισμούς της στην παρατήρηση και το πείραμα. Σήμερα έχουμε επινοήσει και κατασκευάσει κατάλληλες όσο και πολύπλοκες διατάξεις, με τη βοήθεια των οποίων μπορούμε να διεισδύσουμε στην ύλη και να αναλύσουμε τη δομή της. Διαπιστώνουμε, λοιπόν, ότι η ύλη αποτελείται όντως από μικροσκοπικά σωματίδια (Εικ. 5.1).



Εικόνα 5.1

Στη φωτογραφία, που έχει ληφθεί με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διακρίνεται η ασυνεχής δομή της ύλης.

5.1 Μόρια και άτομα

Για να ερμηνεύσουμε τα θερμικά, τα μαγνητικά και τα ηλεκτρικά φαινόμενα, χρησιμοποιήσαμε την έννοια του μορίου. Φανταστήκαμε ότι η ύλη αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια, τα μόρια, τα οποία κινούνται συνεχώς. Θεωρήσαμε επίσης, ότι τα μόρια συμπεριφέρονται σαν μικροσκοπικοί μαγνήτες και ότι σε αυτά υπάρχουν ηλεκτρισμένα σωματίδια. Υπάρχουν, ωστόσο φαινόμενα τα οποία δε μπορούμε να ερμηνεύσουμε χρησιμοποιώντας αυτή την απλή εικόνα-πρότυπο. Πώς, για παράδειγμα, από το νερό προκύπτει με ηλεκτρόλυση υδρογόνο και οξυγόνο; Πώς από υδρογόνο και οξυγόνο προκύπτει σε υψηλή θερμοκρασία νερό;

Ο Άγγλος χημικός Ντάλτον (Dalton, 1766-1844) μετά από προσεκτική μελέτη ποικίλων χημικών ενώσεων διατύπωσε την σύγχρονη Ατομική Θεωρία. Σύμφωνα με αυτήν τα μόρια αποτελούνται από συμπαγή μικροσκοπικά σωματίδια. Ο Ντάλτον διατήρησε την ονομασία που τους είχαν δώσει οι αρχαίοι Έλληνες, δηλαδή άτομα. Έτσι, το μόριο του νερού αποτελείται από άτομα υδρογόνου και οξυγόνου. Κατά την ηλεκτρόλυση το μόριο του νερού διασπάται σε άτομα υδρογόνου και οξυγόνου. Αντιθέτως, σε υψηλή

θερμοκρασία άτομα υδρογόνου και οξυγόνου πλησιάζουν αρκετά μεταξύ τους και ενώνονται σχηματίζοντας μόρια νερού.

Η δομή του ατόμου

Στο γύρισμα του 19ου αιώνα παρέμεναν αναπάντητα ερωτήματα: Πώς ηλεκτρίζονται τα σώματα; Γιατί άλλα υλικά είναι μονωτές και άλλα αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος; Γιατί το φάσμα των αερίων είναι γραμμικό; Αυτά τα ερωτήματα ώθησαν τους επιστήμονες να διεисδύσουν στο εσωτερικό του ατόμου. Σε αυτή την προσπάθεια τα πειράματα του Αγγλου φυσικού Τόμσον και του μαθητή του, Ράδερφορντ ήταν καθοριστικά.

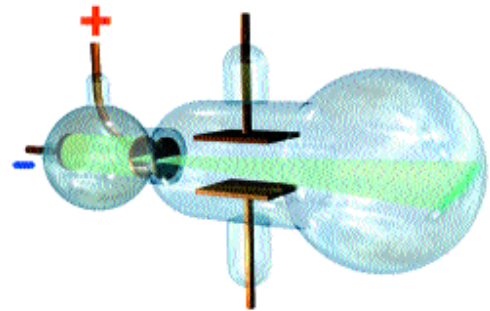
Το πείραμα του Τόμσον

Ο Τόμσον γνώριζε το εξής πείραμα. Μέσα σε ένα γυάλινο σωλήνα τοποθετούμε δύο ηλεκτρόδια (Εικ. 5.2). Κατόπιν, συνδέουμε κάθε ηλεκτρόδιο με τον πόλο μιας πηγής, και από το σωλήνα αφαιρούμε αέρα. Όταν αφαιρέσουμε αρκετό αέρα, μια φωτεινή κηλίδα σχηματίζεται στο γυάλινο τοίχωμα πίσω από το θετικό ηλεκτρόδιο. Αυτή η κηλίδα δημιουργείται από δέσμη ακτινοβολίας ή από δέσμη σωματιδίων που εκπέμπεται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο;

Το 1897, ο Τόμσον για να απαντήσει σε τούτο το ερώτημα, αφαίρεσε ακόμα περισσότερο αέρα από το γυάλινο σωλήνα και στην πορεία της δέσμης παρενέβαλε ηλεκτρικό πεδίο (Εικ. 5.3). Τότε, παρατήρησε ότι η κηλίδα μετατοπιζόταν. Συμπέρανε, λοιπόν, ότι η δέσμη αποτελείται από αρνητικά ηλεκτρισμένα σωματίδια, τα οποία ονομάστηκαν ηλεκτρόνια. Υπέθεσε ότι τα ηλεκτρόνια υπάρχουν στα άτομα του υλικού από το οποίο αποτελείται το αρνητικό ηλεκτρόδιο και εκπέμπονται από αυτά. Τέλος, ο Τόμσον μέσω μιας σειράς πειραμάτων διαπίστωσε ότι ηλεκτρόνια υπάρχουν στα άτομα κάθε υλικού. Έτσι, ανακάλυψε το πρώτο υποατομικό σωματίδιο, το ηλεκτρόνιο.

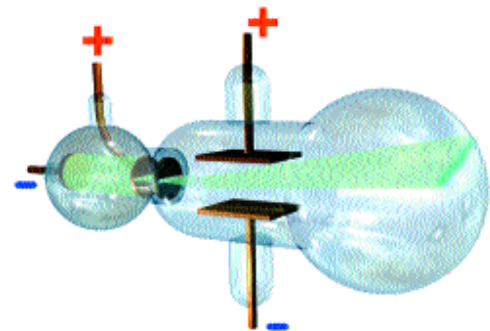
Επειδή ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα δεν ασκεί ηλεκτρική δύναμη, ο Τόμσον συμπέρανε ότι μέσα στο άτομο εκτός από τα ηλεκτρόνια (τα οποία είναι αρνητικά ηλεκτρισμένα) υπάρχουν επίσης θετικά ηλεκτρισμένα σωματίδια. Το συνολικό φορτίο των ηλεκτρονίων θα πρέπει να είναι ίσο με το συνολικό φορτίο των θετικών σωματιδίων.

Το 1909 ο Αμερικανός φυσικός Μίλικαν (Millikan) μέτρησε το φορτίο του ηλεκτρονίου και βρήκε ότι κάθε ηλεκτρόνιο μεταφέρει ένα στοιχειώδες φορτίο (βλέπε κεφ.4-ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ).



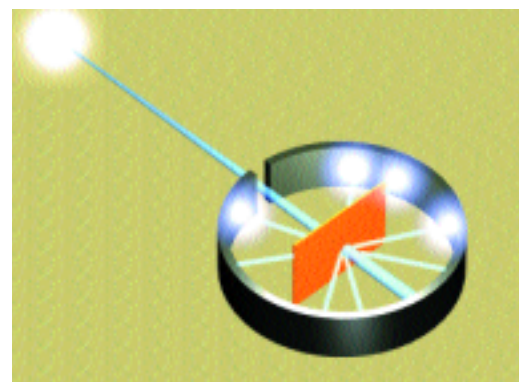
Εικόνα 5.2

Όταν από τον γυάλινο σωλήνα αφαιρέσουμε αρκετό αέρα, μια φωτεινή κηλίδα εμφανίζεται πίσω από το θετικό ηλεκτρόδιο.



Εικόνα 5.3

Όταν στην πορεία της δέσμης παρεμβάλλουμε ηλεκτρικό πεδίο, η φωτεινή κηλίδα μετατοπίζεται. Συμπεραίνουμε ότι η δέσμη αποτελείται από φορτισμένα σωματίδια.



Εικόνα 5.4

Πείραμα του Ράδερφορντ: Θετικά φορτισμένα σωματίδια εκτοξεύονται προς το φύλλο του χρυσού. Εξετάζουμε πώς επηρεάζεται η κίνησή τους κατά τη διέλευση της δέσμης μέσα από αυτό.

Το πείραμα του Ράδερφορντ

Οι φυσικοί για να διαπιστώσουν πώς κατανέμονται η μάζα και το φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου έπρεπε να διεισδύσουν ακόμα περισσότερο στο άτομο. Το 1911 ο Ράδερφορντ (Rutherford, 1871-1937) πραγματοποίησε ένα ιστορικό πείραμα.

Ο Ράδερφορντ βομβάρδισε με θετικά σωματίδια πολύ λεπτά φύλλα χρυσού (Εικ. 5.4). Συγχρόνως διερεύνησε πώς τα άτομα του χρυσού επηρεάζουν την κίνηση των σωματιδίων. Το αποτέλεσμα ήταν απροσδόκητο: τα περισσότερα σωματίδια διαπερνούσαν το φύλλο χρυσού χωρίς να συναντούν εμπόδιο (Εικ. 5.5). Από αυτό το γεγονός συμπεράνε ότι μέσα στο άτομο υπάρχει πολύ κενός χώρος.

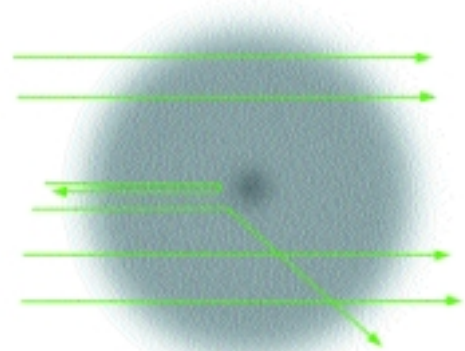
Παρατήρησε, επίσης, ότι ορισμένα σωματίδια ανακλώνταν προς τα πίσω σαν να συναντούσαν συμπαγές εμπόδιο. Η παρατήρηση αυτή τον οδήγησε στην υπόθεση ότι όλο το θετικό φορτίο και σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη σε πολύ μικρό τμήμα του όγκου του ατόμου. Θεώρησε, λοιπόν, ότι στο εσωτερικό του ατόμου εκτός από τα ηλεκτρόνια υπάρχει ένα πυκνό, θετικά φορτισμένο σωματίδιο το οποίο ονομάστηκε πυρήνας (Εικόνα 5.6). Θεώρησε, επίσης, ότι το άτομο μοιάζει με μικρογραφία του ηλιακού συστήματος: τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα, όπως οι πλανήτες γύρω από τον Ηλιο.

Το μέγεθος του ατόμου και των υποατομικών σωματιδίων.

Τα άτομα είναι τόσο μικρά ώστε δεν είναι ορατά ούτε με το ισχυρότερο οπτικό μικροσκόπιο. Ωστόσο με χρήση ακτίνων Χ, που έχουν μεγάλη διεισδυτική ικανότητα, λαμβάνουμε εικόνες από τις οποίες μπορούμε να προσδιορίσουμε το μέγεθος των ατόμων.

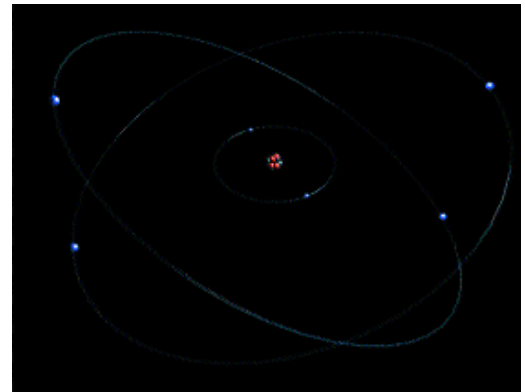
Αν θεωρήσουμε ότι το άτομο έχει σφαιρικό σχήμα, τότε η ακτίνα του είναι λίγα δισεκατομμυριοστά του cm.

Ο πυρήνας του ατόμου είναι δέκα χιλιάδες φορές μικρότερος από το άτομο. Επίσης, τα ηλεκτρόνια φαίνεται ότι δεν έχουν καθόλου διαστάσεις. Δηλαδή είναι σημειακά. Στον πυρήνα είναι συγκεντρωμένο το 99,99% της μάζας ολόκληρου του ατόμου.



Εικόνα 5.5

Τα περισσότερα σωματίδια διαπερνούν τα άτομα χωρίς να συναντούν εμπόδιο. Μερικά ωστόσο, ανακλώνται προς τα πίσω.



Εικόνα 5.6

Το πρότυπο του ατόμου σύμφωνα με τις απόψεις του Ράδερφορντ.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Γιατί είμαστε αναγκασμένοι να θεωρήσουμε ότι η ύλη αποτελείται από μόρια και από άτομα;
2. Πώς εξηγείται σύμφωνα με την ατομική θεωρία η διάσπαση του νερού σε οξυγόνο και υδρογόνο;
3. Ποιά φαινόμενα μας οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι τα άτομα πρέπει να αποτελούνται από μικρότερα σωματίδια;
4. Συμπληρώστε τις ακόλουθες προτάσεις:
Ο Τόμσον τοποθέτησε μέσα σε ένα γυάλινο σωλήνα δύο και αφαίρεσε με αντλία όσο περισσότερο του επέτρεπαν τα μέσα της εποχής του. Συνέδεσε τα ηλεκτρόδια με τους πόλους μιάς, οπότε παρατήρησε μιά φωτεινή κηλίδα να σχηματίζεται πίσω από το ηλεκτρόδιο. Υπέθεσε ότι η κηλίδα προκαλείται από κάποια δέσμη που εκπέμπεται από το ηλεκτρόδιο. Όταν στην πορεία της δέσμης πρενέβαλε ένα, διαπίστωσε ότι η κηλίδα Από το φαινόμενο αυτό οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι η δέσμη αποτελείται από
5. Ποιές από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές και ποιές λαθεμένες;
α) Ο Ράδερφορντ βομβάρδισε λεπτά φύλλα χρυσού με ηλεκτρόνια.
β) Παρατήρησε ότι η κίνηση των σωματιδίων δεν επηρεάζεται από τα άτομα του χρυσού.
γ) Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι μέσα στο κάθε άτομο του χρυσού πρέπει να υπάρχει πάρα πολύ κενός χώρος.
δ) Ο Ράδερφορντ διατύπωσε την άποψη ότι μέσα στο άτομο υπάρχουν θετικά και αρνητικά φορτισμένα σωματίδια που βρίσκονται διάχυτα στην ίδια περιοχή.
6. Συμπληρώστε τις ακόλουθες προτάσεις:
Σύμφωνα με τις αντιλήψεις του Ράδερφορντ: Ολόκληρο το φορτίο του ατόμου και σχεδόν ολόκληρη η του είναι συγκεντρωμένα στον του. Τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον, όπως οι πλανήτες γύρω από τον Τα ηλεκτρόνια έχουν φορτίο. Το συνολικό τους φορτίο έχει μέγεθος ίδιο με το θετικό φορτίο του

5.2 Άτομο και φως

Είδαμε ότι η ύλη αποτελείται από άτομα. Αλλά πώς εξηγείται η εκπομπή φωτός από αυτή; Γιατί από το φως που εκπέμπουν τα αέρια δημιουργείται γραμμικό φάσμα;

Γνωρίζουμε ότι το φως μεταφέρει ενέργεια. Όταν ένα σώμα, λοιπόν, εκπέμπει φως η ενέργειά του ελαττώνεται. Δηλαδή, τα άτομα του σώματος χάνουν ενέργεια.

Το χρώμα του εκπεμπομένου φωτός εξαρτάται από την ενέργεια που χάνει κάθε άτομο. Αφού λοιπόν κάθε σώμα εκπέμπει συγκεκριμένα χρώματα (βλέπε κεφάλαιο 3 - γραμμικό φάσμα), συμπεραίνουμε ότι κάθε άτομο θα έπρεπε να χάνει διαρκώς καθορισμένες ποσότητες ενέργειας.

Τα άτομα είναι πολύ σταθερά: ακόμα και όταν συγκρούονται μεταξύ τους διατηρούν τη δομή τους. Πράγματι, ακόμα και μετά από μια τέτοια σύγκρουση το γραμμικό φάσμα τους δε μεταβάλλεται.

Η αναμενόμενη διαρκής απώλεια ενέργειας και η μεγάλη σταθερότητα της δομής του ατόμου δεν μπορούσαν να εξηγηθούν στα πλαίσια του προτύπου του Ράδερφορντ. Έτσι, το 1913 ο Δανός Φυσικός Μπόρ (Bohr 1885-1965) το τροποποίησε, προτείνοντας ένα νέο πρότυπο ατόμου. Με το πρότυπό του ο Μπόρ κατάφερε να εξηγήσει τον τρόπο δημιουργίας του γραμμικού φάσματος και τη σταθερότητα της ατομικής δομής.

Το πρότυπο του Μπόρ

Για την κίνηση των ηλεκτρονίων στο άτομο και για το τρόπο εκπομπής φωτός ο Μπόρ πρότεινε τις επόμενες αρχές:

α) Στο άτομο υπάρχουν καθορισμένες τροχιές στις οποίες επιτρέπεται να βρίσκονται τα ηλεκτρόνια (Εικ. 5.7).

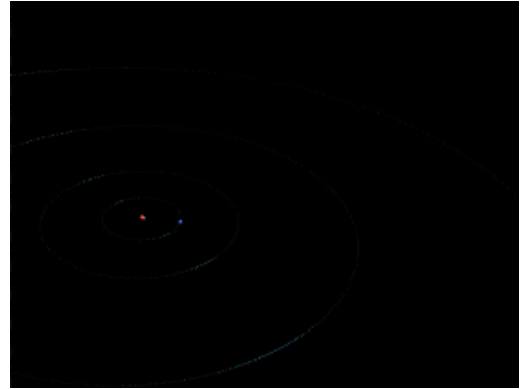
Σε κάθε επιτρεπόμενη τροχιά ένα ηλεκτρόνιο έχει καθορισμένη και σταθερή ενέργεια.

β) Όταν ένα άτομο απορροφά ενέργεια ηλεκτρονία του μεταβαίνουν από μια επιτρεπόμενη τροχιά σε άλλη μεγαλύτερη ακτίνας. Εκεί μένουν ελάχιστο χρόνο. Κατόπιν, επιστρέφουν αυθόρμητα σε τροχιά μικρότερης ακτίνας. Κατά την επιστροφή τους εκπέμπεται ακτινοβολία, π.χ. φως (Εικ. 5.8).

Η ακτινοβολία απορροφάται ή εκπέμπεται με τη μορφή σωματιδίων, που τα ονομάζουμε φωτόνια.

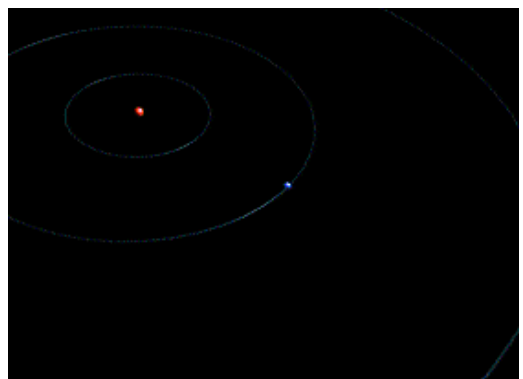
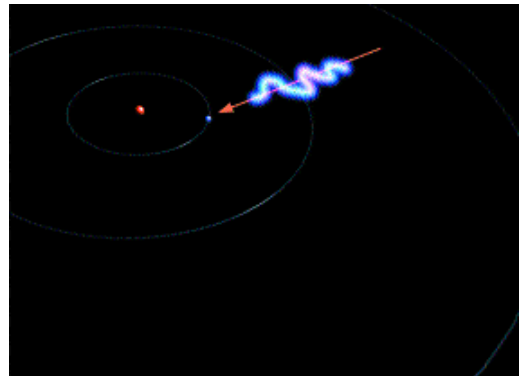
Το φωτόνιο μεταφέρει την ελάχιστη ποσότητα ενέργειας μιας ακτινοβολίας. Η ενέργεια του φωτονίου είναι διαφορετική για κάθε είδος ακτινοβολίας. Καθώς διατρέχουμε το χρωματικό φάσμα από το κόκκινο προς το ιώδες σε κάθε μονοχρωματική ακτινοβολία αντιστοιχεί φωτόνιο όλο και υψηλότερης ενέργειας.

Το φωτόνιο της ακτινοβολίας Χ έχει υψηλότερη ενέργεια από το φωτόνιο κάθε ορατής ακτινοβολίας. Ακόμη υψηλότερη ενέργεια έχει το φωτόνιο της ακτινοβολίας γ.



Εικόνα 5.7

Σχηματική αναπαράσταση του ατομικού προτύπου του Μπόρ. Οι εικονιζόμενοι κύκλοι αντιστοιχούν στις επιτρεπόμενες τροχιές των ηλεκτρονίων.



Εικόνα 5.8

Στο άτομο του υδρογόνου, όταν ένα ηλεκτρόνιο μεταβαίνει από τη μικρότερη στην επόμενη επιτρεπόμενη τροχιά, απορροφά ενέργεια ίση με ένα δισεκατομμυριοστό του δισεκατομμυριοστού του Joule. Κατά την επιστροφή του εκπέμπει φωτόνιο που έχει το ίδιο ποσό ενέργειας.

Γραμμικό και συνεχές φάσμα

Με τη βοήθεια του προτύπου του Bohr μπορούμε πλέον να ερμηνεύσουμε την ύπαρξη του γραμμικού φάσματος.

Η ενέργεια του φωτονίου που απορροφάται ή εκπέμπεται κατά τη "μετάβαση" ενός ηλεκτρονίου από μια τροχιά σε άλλη είναι ίση με τη διαφορά των ενεργειών μεταξύ των δύο τροχιών (Εικ. 5.9). Επομένως σε κάθε "μετάβαση" αντιστοιχεί καθορισμένη ενέργεια φωτονίου δηλαδή καθορισμένο είδος ακτινοβολίας και φως καθορισμένου χρώματος. Έτσι σχηματίζεται το γραμμικό φάσμα. (Εικ. 5.9)

Όστε το γραμμικό φάσμα εξαρτάται από τις ενέργειες που έχουν τα ηλεκτρόνια στις διάφορες επιτρεπόμενες τροχιές τους σε κάθε συγκεκριμένο άτομο. Επειδή οι τροχιές αυτές διαφέρουν από άτομο σε άτομο, συμπεραίνουμε ότι το γραμμικό φάσμα εξαρτάται από το είδος του ατόμου. Πράγματι, γνωρίζουμε ότι το γραμμικό φάσμα του ατόμου του οξυγόνου είναι διαφορετικό από το γραμμικό φάσμα του ατόμου του νατρίου κτλ.

Στα στερεά ή σε αέρια με μεγάλη πίεση τα άτομα βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο. Κάθε άτομο, λοιπόν, επιδρά στα γειτονικά του και οι τροχιές των ηλεκτρονίων μεταβάλλονται: τα ηλεκτρόνια μπορούν πλέον να κινηθούν σε οποιαδήποτε απόσταση από τον πυρήνα. Άρα τα φωτόνια που εκπέμπονται από αυτά τα άτομα μπορούν να έχουν οποιαδήποτε τιμή ενέργειας και το φως αποτελείται από κάθε μονοχρωματική ακτινοβολία, δηλαδή είναι λευκό. Σε αυτή την περίπτωση σχηματίζεται συνεχές φάσμα.

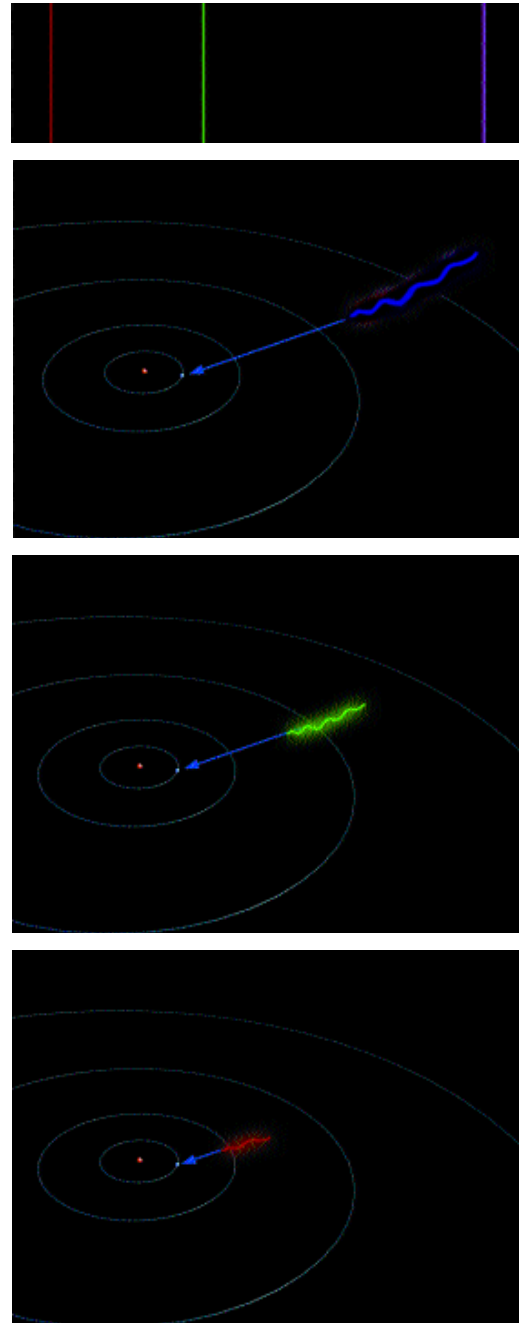
Ο ιονισμός του ατόμου

Ο πυρήνας ασκεί ηλεκτρική δύναμη στα ηλεκτρόνια. Έτσι, όσο η απόσταση των ηλεκτρονίων από τον πυρήνα είναι μεγαλύτερη τόσο αυτή η δύναμη είναι μικρότερη. Γι' αυτό το λόγο τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής τροχιάς -δηλαδή της πιο απομακρυσμένης από τον πυρήνα τροχιάς- συγκρατούνται λιγότερο ισχυρά από τα υπόλοιπα και όταν απορροφήσουν ενέργεια εγκαταλείπουν το άτομο. Το άτομο χάνει ηλεκτρόνια, τα οποία έχουν αρνητικό φορτίο, και επομένως ηλεκτρίζεται θετικά. Λέμε ότι έχει μετατραπεί σε θετικό ιόν. Θετικά ιόντα και αποσπασμένα -ελεύθερα- ηλεκτρόνια υπάρχουν μέσα στα μέταλλα.

Αντιθέτως, όταν ένα ηλεκτρόνιο, που κινείται αργά, βρεθεί κοντά σε κάποιο άτομο έλκεται από τον πυρήνα του και αρχίζει να κινείται σε κάποια επιτρεπόμενη τροχιά. Το άτομο ηλεκτρίζεται αρνητικά και λέμε ότι μετατρέπεται σε αρνητικό ιόν.

Άτομα και στοιχειώδεις μαγνήτες

Γνωρίζουμε ότι, όταν σε αγωγό υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα γύρω από τον αγωγό υπάρχει μαγνητικό πεδίο. Γνωρίζουμε, επίσης, ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι κίνηση ηλε-



Εικόνα 5.9

Κατά την επιστροφή του ηλεκτρονίου σε τροχιά μικρότερης ενέργειας εκπέμπεται φωτόνιο που έχει καθορισμένη ενέργεια. Έτσι σχηματίζεται το γραμμικό φάσμα.

κτρισμένων σωματιδίων. Αρα, γύρω από κινούμενα ηλεκτρισμένα σωματίδια υπάρχει μαγνητικό πεδίο.

Στο άτομο υπάρχουν ηλεκτρισμένα σωματίδια τα οποία κινούνται συνεχώς. Αυτά τα σωματίδια είναι τα ηλεκτρόνια, τα οποία στρέφονται γύρω από τον πυρήνα. Στο άτομο, λοιπόν, υπάρχει μαγνητικό πεδίο. Δηλαδή, το άτομο μοιάζει με μαγνήτη.

Το 1922 οι Γερμανοί φυσικοί Στερν (Stern) και Γκέρλακ (Gerlach) εκτέλεσαν ένα πείραμα με το οποίο αποκαλύφθηκε ότι το ηλεκτρόνιο συμπεριφέρεται σαν μαγνήτης ακόμα και όταν είναι ακίνητο. Αυτή την ιδιότητα του ηλεκτρονίου την ονομάζουμε σπιν.

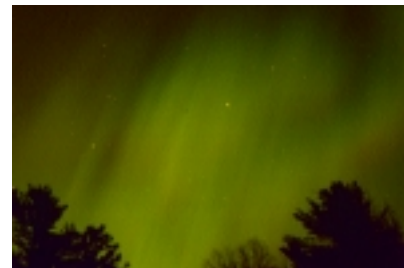
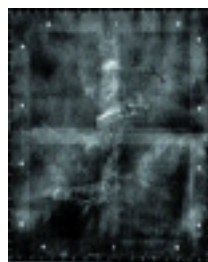
Όστε το μαγνητικό πεδίο του ατόμου οφείλεται στο σπιν και στην περιστροφή των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα.

Για την ερμηνεία της μαγνήτισης θεωρήσαμε, στο κεφάλαιο 4, ότι ο μαγνήτης αποτελείται από στοιχειώδεις μαγνήτες. Αντιλαμβανόμαστε τώρα, ότι οι στοιχειώδεις μαγνήτες όντως υπάρχουν. Είναι τα άτομα.

Επειδή στα άτομα υπάρχουν μικροσκοπικά ηλεκτρικά ρεύματα, οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου διατάσσονται γύρω από αυτά. Αρα ακόμα και στο μαγνήτη οι δυναμικές γραμμές δε σταματούν στους πόλους του μαγνήτη αλλά είναι κλειστές, όπως συμβαίνει στο πηνίο.



Οι ακτίνες Χ είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πιο διεσδυτική από την υπεριώδη γιατί τα φωτόνιά της έχουν μεγαλύτερη ενέργεια. Οι ακτίνες Χ απορροφώνται σε διαφορετικό βαθμό από τα διάφορα υλικά. Τα οστά που περιέχουν ασβέστιο τις απορροφούν εντονότερα απ' ό,τι οι σάρκες που περιέχουν ελαφρότερα στοιχεία. Επειδή οι ακτίνες Χ αλλοιώνουν τις φωτογραφικές πλάκες, σε μια ακτινογραφία εμφανίζονται φωτεινές οι περιοχές που βρίσκονται τα οστά. Έτσι οι ακτίνες Χ χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση διαφόρων παθήσεων καθώς και για την ανακάλυψη παλαιότερων στρωμάτων σε τοιχογραφίες ή πίνακες ζωγραφικής.



Το πλάσμα

Όταν η θερμοκρασία ενός αερίου αυξηθεί αρκετά οι συγκρούσεις μεταξύ των ατόμων γίνονται αρκετά σφοδρές. Ηλεκτρόνια, λοιπόν, αποσπώνται από το άτομο και δημιουργούνται θετικά ιόντα. Μεταξύ των ιόντων κυκλοφορούν τα ηλεκτρόνια που αποσπάστηκαν από τα άτομα. Αυτήν την κατάσταση της ύλης την ονομάζουμε πλάσμα.

Πλάσμα υπάρχει στην ατμόσφαιρα του Ηλιου. Υπάρχει, επίσης, στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας της Γης - στην ιονόσφαιρα. Το πλάσμα της ιονόσφαιρας προκαλεί το βόρειο σέλας. Τέλος, πλάσμα υπάρχει σε συσκευές καθημερινής χρήσης π.χ. στους σωλήνες φθορισμού και των φωτεινών διαφημίσεων.

Οι ιδιότητες της συγκεκριμένης κατάστασης της ύλης είναι αντικείμενο εντατικής έρευνας. Στο αποτέλεσμα αυτής της έρευνας στηρίζουμε πολλές ελπίδες για την αντιμετώπιση δύο σημαντικών προβλημάτων του τεχνολογικού πολιτισμού: του ενεργειακού και της ανακύκλωσης.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Ποιά φαινόμενα ώθησαν τον Μπορ να τροποποιήσει το πρότυπο του Ράδερφορντ για το άτομο;
2. Συμπληρώστε τις ακόλουθες προτάσεις:
Σύμφωνα με το ατομικό πρότυπο του Μπορ: Σε ένα άτομο τα ηλεκτρόνια κινούνται κυκλικά γύρω από τον Δεν μπορούν ωστόσο να κινηθούν σε κυκλική τροχιά. Μπορούν να κινηθούν μόνο σε εντελώς συγκεκριμένες τροχιές, ορισμένης Όταν ένα κινείται σε μια επιτρεπόμενη τροχιά, η ενέργειά του διατηρείται Μπορεί να συμβεί ένα ηλεκτρόνιο να ένα φωτόνιο. Αν η που μεταφέρει το φωτόνιο είναι αρκετή, τότε το ηλεκτρόνιο μεταπηδά σε μία άλλη επιτρεπόμενη μεγαλύτερης ενέργειας. Εκεί, αφού μείνει για ελάχιστο, ξαναγυρίζει στην εκπέμποντας
3. Ποιές από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές και ποιές λαθεμένες;
 - α) Κατά τη μετάβαση ενός ηλεκτρονίου από μια τροχιά κατ' ευθείαν σε μια άλλη, μικρότερης ενέργειας εκπέμπεται πάντοτε ένα μόνο φωτόνιο.
 - β) Τα φωτόνια της ακτινοβολίας που εκπέμπεται κατά τη μετάβαση ηλεκτρονίων ίδιων ατόμων μεταξύ επιτρεπομένων τροχιών ίδιας ενέργειας, έχουν -γενικά- διαφορετικές τιμές ενέργειας.
 - γ) Η ενέργεια των φωτονίων μιάς ακτινοβολίας προσδιορίζει το χρώμα της.
 - δ) Η ακτινοβολία που εκπέμπουν τα άτομα των χημικών στοιχείων αποτελείται από ορισμένα μόνο χρώματα, γιατί τα φωτόνια που περιέχει προέρχονται από μεταβάσεις ηλεκτρονίων μεταξύ λίγων επιτρεπομένων τροχιών.
 - ε) Οι επιτρεπόμενες τροχιές των ηλεκτρονίων είναι οι ίδιες στα άτομα όλων των χημικών στοιχείων. Αυτό σημαίνει ότι τα άτομα όλων των χημικών στοιχείων εκπέμπουν ακτινοβολία με το ίδιο γραμμικό φάσμα.
 - στ) Όταν τα άτομα βρίσκονται πολύ κοντά το ένα στο άλλο, οι τροχιές των ηλεκτρονίων τους μεταβάλλονται.
4. Συμπληρώστε τις προτάσεις::
Στα σώματα ή στα με μεγάλη πίεση, τα άτομα βρίσκονται κοντά το ένα με το άλλο. Αυτό έχει σα συνέπεια πολλά από τα ηλεκτρόνια τους να μπορούν να μετακινούνται σε οποιαδήποτε από τους πυρήνες τους. Επομένως τα που εκπέμπονται από αυτά είναι δυνατό να έχουν οποιαδήποτε Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η ακτινοβολία που εκπέμπουν τα σώματα αυτά περιέχει όλα τα, δηλαδή το φάσμα της είναι
5. Πώς ένα άτομο μετατρέπεται σε θετικό και πώς σε αρνητικό ιόν;
6. Πώς συμπεραίνουμε, κατ' αρχήν, ότι ένα άτομο πρέπει να συμπεριφέρεται σαν μικροσκοπικός μαγνήτης; Σε ποιές αιτίες οφείλεται, τελικά, το μαγνητικό πεδίο ενός ατόμου;

5.3 Σύνδεση μεταξύ ατόμων και μεταξύ ιόντων

Στοιχεία και χημικές ενώσεις

Κάθε σώμα π.χ. το έδαφος, το νερό, ο αέρας, ο άνθρωπος, τα άστρα κτλ. αποτελούνται από συνδυασμούς 92 διαφορετικών μεταξύ τους ειδών ατόμων. Όπως με συνδυασμό των 24 γραμμάτων της ελληνικής αλφαβήτου δημιουργούνται χιλιάδες λέξεις, έτσι με συνδυασμό των 92 διαφορετικών ειδών ατόμων δημιουργούνται χιλιάδες διαφορετικές ενώσεις ατόμων.

Όταν ένα υλικό αποτελείται από ένα είδος ατόμων το ονομάζουμε στοιχείο. Λόγου χάρη το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι στοιχεία. Επειδή υπάρχουν 92 διαφορετικά είδη ατόμων, υπάρχουν επίσης 92 διαφορετικά μεταξύ τους στοιχεία. Όταν ένα υλικό δομείται από διαφορετικά μεταξύ τους είδη ατόμων το ονομάζουμε χημική ένωση. Το νερό για παράδειγμα, είναι μια χημική ένωση.

Κάθε διαδικασία κατά την οποία τα άτομα αναδιατάσσονται και σχηματίζουν στοιχεία ή χημικές ενώσεις την ονομάζουμε χημική αντίδραση.

Σύνδεση μεταξύ ατόμων

Πώς συνδέονται τα άτομα μεταξύ τους; Όταν ένα άτομο πλησιάσει αρκετά ένα άλλο, οι τροχιές των εξωτερικών ηλεκτρονίων συναντώνται μεταξύ τους. Καθένα από τα άτομα είναι δυνατόν να "διαθέσει" ένα ηλεκτρόνιο της εξωτερικής τροχιάς του. Έτσι, δημιουργείται ένα ζευγάρι ηλεκτρονίων το οποίο ανήκει και στα δύο άτομα. Αυτό το ζευγάρι εντοπίζεται κυρίως στην περιοχή μεταξύ των δύο ατόμων (Εικ. 5.10). Επειδή μεταξύ των θετικά φορτισμένων πυρήνων και των αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων του κοινού ζευγαριού υπάρχει ελκτική ηλεκτρική δύναμη, τα άτομα μένουν ενωμένα. Έτσι, σχηματίζεται ένα μόριο.

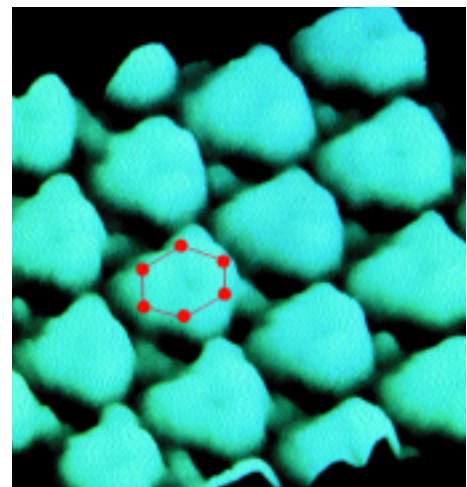
Το μέγεθος των μορίων

Τα μικρότερα μόρια περιέχουν μόνο δύο άτομα και έχουν διάσταση λίγα δισεκατομμυριοστά του cm. Τα μεγαλύτερα περιέχουν πολλά άτομα και έχουν 10000 φορές μεγαλύτερο μέγεθος. Τα μόρια είναι τόσο μικρά ώστε είναι αόρατα και με το ισχυρότερο οπτικό μικροσκόπιο. Άμεση ένδειξη της ύπαρξης των μορίων αποτελούν οι εικόνες που λαμβάνονται με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (Εικ. 5.11). Συνήθως αναπαριστούμε τα μόρια κατασκευάζοντας κατάλληλα μοντέλα (Εικ. 5.12).



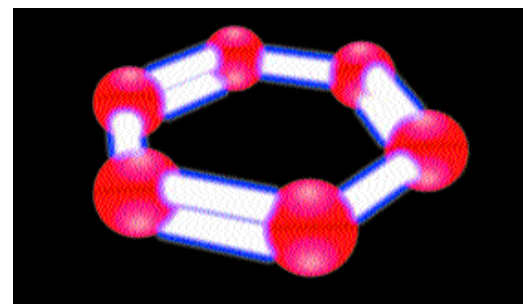
Εικόνα 5.10

Μεταξύ δύο ατόμων υδρογόνου σχηματίζεται ένα κοινό ζευγάρι ηλεκτρονίων.



Εικόνα 5.11

Μόρια βενζολίου όπως φαίνονται με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

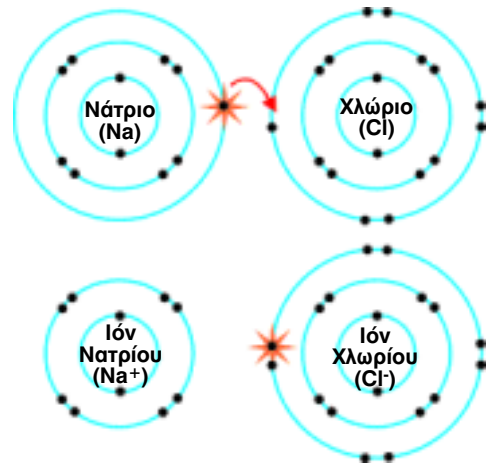


Εικόνα 5.12

Εικόνα - πρότυπο του μορίου του βενζολίου.

Σύνδεση μεταξύ ιόντων

Σε ορισμένες περιπτώσεις όταν δύο άτομα πλησιάσουν αρκετά μεταξύ τους, ηλεκτρόνια της εξωτερικής τροχιάς του ενός μετακινούνται στην εξωτερική τροχιά του άλλου (Εικ. 5.13). Τότε το πρώτο άτομο μετατρέπεται σε θετικό ιόν και το δεύτερο σε αρνητικό. Μεταξύ των ιόντων αναπτύσσεται ισχυρή ηλεκτρική έλξη και τα ιόντα συγκρατούνται αμοιβαία. Με αυτόν τον τρόπο ιόντα νατρίου και χλωρίου συγκρατούνται μεταξύ τους στο χλωριούχο νάτριο (μαγειρικό αλάτι).



Εικόνα 5.13

Ένα ηλεκτρόνιο μετακινείται από το άτομο του νατρίου στο άτομο του χλωρίου. Έτσι σχηματίζεται ένα θετικό ιόν νατρίου και ένα αρνητικό ιόν χλωρίου.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Σε τι διαφέρουν μεταξύ τους τα άτομα διαφορετικών στοιχείων; Ποιά είναι η διαφορά μεταξύ στοιχείων και χημικών ενώσεων;
2. Συμπληρώστε τις προτάσεις:
Όταν δύο άτομα πλησιάσουν πολύ μεταξύ τους, είναι δυνατό να σχηματιστούν ηλεκτρονίων που έλκονται από τους πυρήνες και των δύο ατόμων. Δύο η περισσότερα άτομα που ενώνονται με τον τρόπο αυτό σχηματίζουν Τα άτομα και τα μόρια είναι τόσο μικρά που δεν μπορούμε να τα δούμε ούτε με το
3. Από πόσα άτομα αποτελείται ένα μόριο νερού; Πόσα και ποιά είδη ατόμων υπάρχουν σ' αυτό; Περιγράψτε συνοπτικά με ποιό τρόπο συνδέονται τα άτομα αυτά μεταξύ τους.
4. Περιγράψτε τον τρόπο σχηματισμού ιόντων, όταν ένα άτομο νατρίου και ένα χλωρίου πλησιάσουν πολύ κοντά μεταξύ τους. Πώς συνδέονται μεταξύ τους τα ιόντα αυτά;

5.4 Δομή και ιδιότητες των ρευστών

Όταν στον πυθμένα ενός δοχείου που περιέχει νερό ανοίξουμε μια τρύπα, το νερό κυλά μέσα από αυτή. Επίσης, όταν ανοίξουμε τη στρόφιγγα σε μια φιάλη που περιέχει αέριο, το αέριο κατακλύζει όλο το δωμάτιο. Τα υγρά και τα αέρια ρέουν. Αυτό δεν συμβαίνει στα στερεά. Γι' αυτό το λόγο τα υγρά και τα αέρια τα ονομάζουμε ρευστά.

Τα υγρά και τα αέρια είναι ρευστά. Παίρνουν το σχήμα του δοχείου μέσα στο οποίο βρίσκονται.

Η κίνηση Μπράουν

Γιατί τα ρευστά συμπεριφέρονται διαφορετικά από τα στερεά;

Το 1827 ο Αγγλος βοτανολόγος Μπράουν παρατηρώντας με μικροσκόπιο μικρούς κόκκους γύρης μέσα σε νερό διέκρινε ότι οι κόκκοι εκτελούσαν τρεμουλιαστή κίνηση: "χόρευαν" συνεχώς με τυχαίο και ακανόνιστο τρόπο. Επίσης, όταν η θερμοκρασία του νερού αυξανόταν, η κίνηση γίνονταν πιο έντονη. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται κίνηση Μπράουν. Το παρατηρούμε όταν σωματίδια με διάσταση 1μm βρίσκονται μέσα σε υγρό ή αέριο. Όταν μέσα σε διαφανές δοχείο εισάγουμε καπνό και παρατηρήσουμε με μικροσκόπιο τα σωματίδια του καπνού, τότε διακρίνουμε αμέσως την κίνηση Μπράουν (Εικ. 5.14).

Ο Μπράουν δεν μπόρεσε να ερμηνεύσει σωστά τις παρατηρήσεις του. Έτσι, το φαινόμενο έμεινε ανεξήγητο μέχρι το 1905. Τότε, ο Αϊνστάιν διατύπωσε τη σωστή ερμηνεία: Η ακανόνιστη κίνηση των στερεών σωματιδίων οφείλεται στο συνεχή βομβαρδισμό τους από μυριάδες μόρια νερού ή αέρα.

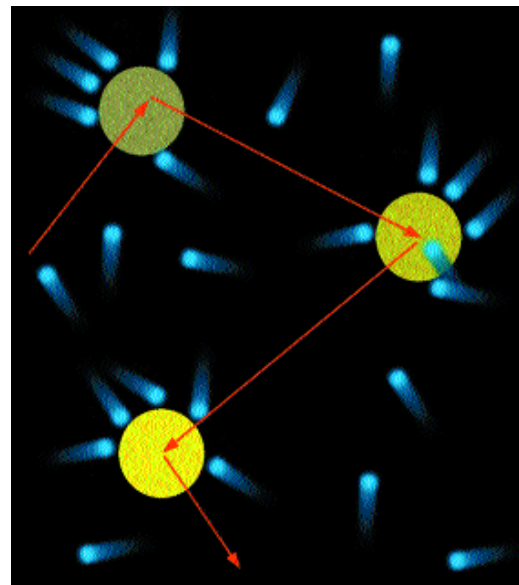
Από τη μελέτη της κίνησης Μπράουν προέκυψε ότι τα ρευστά αποτελούνται από μόρια με διαστάσεις λίγα δεκάτομμυριοστά του cm. Προέκυψε, επίσης, ότι τα μόρια εκτελούν διαρκώς άτακτη κίνηση, που γίνεται πιο έντονη με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Μπορούμε τώρα να ερμηνεύσουμε ορισμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες των ρευστών.

Στα υγρά τα μόρια κινούνται συνεχώς σαν να "γλυτρούν" το ένα επάνω στο άλλο. Στα αέρια κινούνται σχεδόν ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση. Τα υγρά και τα αέρια, λοιπόν, παίρνουν το σχήμα του δοχείου μέσα στο οποίο βρίσκονται και ρέουν από ένα δοχείο σε άλλο.

Επίσης, αν και τα αέρια φαίνεται να μην έχουν βάρος, αυτό δεν είναι σωστό. Το βάρος κάθε ρευστού είναι ίσο με το βάρος των μορίων από τα οποία αποτελείται.

Τέλος, γνωρίζουμε ότι η πυκνότητα των αερίων είναι περίπου 1000 φορές μικρότερη από την πυκνότητα των υγρών. Άρα η απόσταση μεταξύ των μορίων ενός αερίου είναι πολύ μεγαλύτερη από την απόσταση μεταξύ των μορίων ενός υγρού.



Εικόνα 5.14

Συμβολική απεικόνιση της κίνησης Μπράουν. Τα μόρια του νερού συγκρούονται με τους κόκκους της γύρης και προκαλούν την άτακτη κίνηση τους.

Η πίεση των αερίων

Όταν συμπιέσουμε τα τοιχώματα ενός φουσκωμένου μπαλονιού και κατόπιν τα αφήσουμε ελεύθερα, το μπαλόνι αποκτά το αρχικό σχήμα του. Δηλαδή, ο αέρας που περιέχεται στο μπαλόνι ασκεί δυνάμεις στα τοιχώματα του μπαλονιού και τα ωθεί προς τα έξω.

Κάθε αέριο πιέζει τα τοιχώματα του δοχείου μέσα στο οποίο βρίσκεται.

Σε τι οφείλεται η πίεση των αερίων; Τα μόρια των αερίων κατά την κίνησή τους συγκρούονται με το τοίχωμα του δοχείου και ασκούν δύναμη σε αυτό. Η πίεση είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων που ασκούν τα μόρια του αερίου στα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο περιέχονται.

Ιδιότητες της πίεσης των αερίων

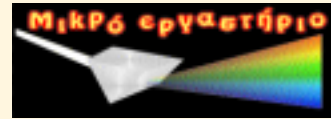
Όταν σε ποικίλα σημεία ενός δοχείου που περιέχει αέρα μετρήσουμε την πίεση, διαπιστώνουμε ότι είναι παντού η ίδια. Πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε αυτήν την παρατήρηση; Γνωρίζουμε ότι η κίνηση των μορίων ενός αερίου είναι άτακτη. Επίσης, ο αριθμός των μορίων που περιέχεται ακόμα και σε μια μικρή ποσότητα αερίου, είναι πολύ μεγάλος. Επομένως τα μόρια βομβαρδίζουν ομοιόμορφα και με σταθερό ρυθμό κάθε περιοχή του τοιχώματος. Άρα σε κάθε περιοχή η πίεση είναι η ίδια.

Όταν μετρήσουμε την πίεση ενός αερίου και μετά από λίγο επαναλάβουμε τη μέτρηση, διαπιστώνουμε ότι η πίεση δεν έχει μεταβληθεί. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι μετά από κάθε σύγκρουση τα μόρια κινούνται τόσο έντονα όσο και πριν από αυτήν. Με την πάροδο του χρόνου η σφοδρότητα των συγκρούσεων δε μεταβάλλεται. Άρα η πίεση μένει σταθερή.

Τέλος, αν θερμάνουμε ένα αέριο, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του, παρατηρούμε ότι η πίεση αυξάνεται. Πράγματι, όταν η θερμοκρασία αυξάνεται τα μόρια κινούνται έντονα και οι συγκρούσεις τους με το τοίχωμα είναι σφοδρότερες.

Η ατμοσφαιρική πίεση

Η ατμόσφαιρα είναι στρώμα αέρα γύρω από τη Γη. Έχει πάχος περίπου 30 km και ασκεί πίεση σε κάθε αντικείμενο το οποίο βρίσκεται μέσα σε αυτή. Η πίεση αυτή δεν οφείλεται μόνον στην κίνηση των μορίων. Οφείλεται επίσης στο βάρος του αέρα. Την πίεση της ατμόσφαιρας που είναι αποτέλεσμα του βάρους του αέρα την ονομάζουμε ατμοσφαιρική. Επειδή η πυκνότητα της ατμόσφαιρας ελαττώνεται με το ύψος, η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο.



Στον ένα δίσκο ζυγού τοποθετήστε ένα ξεφουσκωτό μπαλόνι και στον άλλο δίσκο κατάλληλα σταθμά ώστε ο ζυγός να ισορροπεί.

Φουσκώστε το μπαλόνι και τοποθετήστε το πάλι επάνω στο δίσκο.

Τι παρατηρείτε;

Να ερμηνεύσετε την παρατήρησή σας.

Πίεση και όγκος

Για να ελαττώσουμε τον όγκο ενός αερίου πρέπει να ελαττώσουμε την απόσταση μεταξύ των τοιχωμάτων του δοχείου στο οποίο περιέχεται. Ο χρόνος, λοιπόν, μεταξύ δύο διαδοχικών συγκρούσεων ενός μορίου με τα τοιχώματα επίσης ελαττώνονται. Άρα τα μόρια συγκρούονται συχνότερα με τα τοιχώματα και η πίεση αυξάνεται. Δηλαδή, όσο ο όγκος ενός αερίου ελαττώνεται η πίεση αυξάνεται. Αυτή η διαπίστωση ισχύει βεβαίως με την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία μένει σταθερή διότι, όπως γνωρίζουμε η μεταβολή της θερμοκρασίας επηρεάζει την πίεση.

Η σχέση μεταξύ της πίεσης και του όγκου ενός αερίου για πρώτη φορά προσδιορίστηκε το 1662 από τον Ιρλανδό φυσικό Μπούλ (Boyle) και ανεξάρτητα από αυτόν, το 1676 από το Γάλλο φυσικό Μαριότ (Mariotte). Γι' αυτό το λόγο η σχέση μεταξύ του όγκου και της πίεσης ενός αερίου, όταν η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή, ονομάζεται νόμος του Μπούλ και του Μαριότ.

Πίεση και αριθμός μορίων

Όταν με μια αντλία αυξήσουμε την ποσότητα του αέρα που περιέχεται στο λάστιχο ενός αυτοκινήτου, η πίεση του αέρα αυξάνεται. Σε αυτή τη διαδικασία τόσο η θερμοκρασία όσο και ο όγκος του αερίου μένουν σταθερά. Γιατί, λοιπόν, η πίεση αυξάνεται;

Όταν αέρας εισάγεται στο λάστιχο, ο αριθμός των μορίων αυξάνεται. Έτσι, ο αριθμός των συγκρούσεων των μορίων με τα τοιχώματα, επίσης αυξάνεται. Επομένως αυξάνεται η πίεση. Δηλαδή, όταν η θερμοκρασία και ο όγκος ενός αερίου είναι σταθερά, η πίεση είναι ανάλογη με τον αριθμό των μορίων του αερίου.

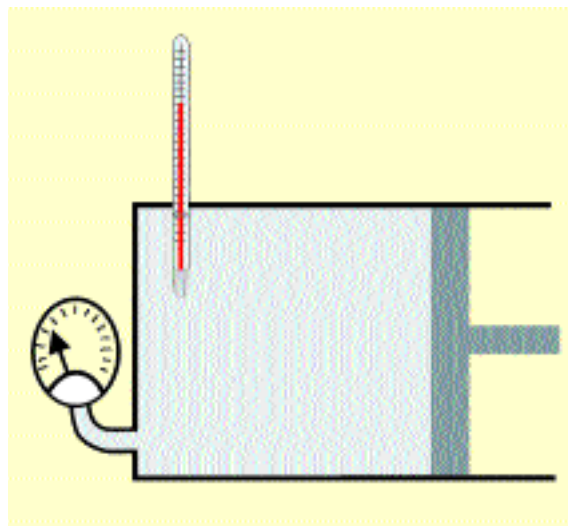
Ερμηνεία της θερμικής διαστολής των αερίων

Είδαμε ότι όταν η θερμοκρασία ενός αερίου αυξάνεται, τότε και η πίεση αυξάνεται. Είδαμε, επίσης, ότι όταν ο όγκος αυξάνεται, η πίεση ελαττώνεται. Άρα όταν η πίεση μένει σταθερή, ενώ η θερμοκρασία αυξάνεται, συγχρόως αυξάνεται και ο όγκος.

Πράγματι, σε αυτή την περίπτωση τα μόρια κινούνται εντονότερα αλλά σε μεγαλύτερο χώρο. Άρα αν και η σφοδρότητα των συγκρούσεων είναι μεγαλύτερη, τα μόρια δεν συγκρούονται πλέον τόσο συχνά με τα τοιχώματα. Συμπεραίνουμε ότι όταν η θερμοκρασία ενός αερίου αυξάνεται, ενώ η πίεσή του μένει σταθερή, ο όγκος του αερίου αυξάνεται: το αέριο διαστέλλεται.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Τι είναι και πώς ερμηνεύεται η κίνηση Μπράουν;
2. Πώς κινούνται τα μόρια ενός υγρού και πώς ενός αερίου; Γιατί ένα αέριο καταλαμβάνει όλο το χώρο μέσα στον οποίο βρίσκεται, ενώ ένα υγρό έχει συγκεκριμένο όγκο;
3. Περιγράψτε ένα απλό πείραμα με τη βοήθεια του οποίου μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα αέρια έχουν βάρος.
4. Γνωρίζουμε ότι η πυκνότητες των αερίων είναι πολύ μικρότερες από αυτές των υγρών. Σε ποίο συμπέρασμα μπορούμε να οδηγηθούμε -με βάση το δεδομένο αυτό- για τις αποστάσεις μεταξύ των μορίων των υγρών και των αερίων, αντίστοιχα;
5. Με δεδομένο ότι τα αέρια αποτελούνται από μόρια που κινούνται ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση, προσπαθήστε να ερμηνεύσετε τις ακόλουθες ιδιότητες των αερίων:
 - α) Τα αέρια ασκούν πίεση στα τοιχώματα των δοχείων μέσα στα οποία περιέχονται.
 - β) Η πίεση είναι η ίδια σε όλα τα τοιχώματα του δοχείου.
 - γ) Όταν θερμάνουμε ένα αέριο που βρίσκεται μέσα σε ένα δοχείο σταθερού όγκου, η πίεση που ασκεί το αέριο στα τοιχώματα του δοχείου αυξάνεται.
 - δ) Με μια αντλία αυξάνουμε την ποσότητα του αέρα που περιέχεται σε ένα κλειστό δοχείο, χωρίς να μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία του. Τότε η πίεση που ασκεί ο αέρας στα τοιχώματα του δοχείου αυξάνεται.
6. Ένα αέριο βρίσκεται μέσα σε ένα κυλινδρικό δοχείο, που κλείνει με ένα κινητό έμβολο (βλ. σχήμα).



- α) Πώς θα μεταβληθεί η πίεση του αερίου αν μετακινήσουμε το έμβολο προς τα αριστερά, διατηρώντας τη θερμοκρασία σταθερή;
 - β) Πώς θα μετακινηθεί το έμβολο αν θερμάνουμε το αέριο, και αυξηθεί η θερμοκρασία του, ενώ η πίεσή του διατηρείται σταθερή;
 - γ) Κρατάμε το έμβολο σε σταθερή θέση και αυξάνουμε τη θερμοκρασία του αερίου. Πώς θα μεταβληθεί η πίεσή του;
7. Τι ονομάζουμε ατμοσφαιρική πίεση; Που οφείλεται;
 8. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι μεγαλύτερη κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, απ' ότι στην κορυφή ενός βουνού. Πώς ερμηνεύεται το γεγονός αυτό;

5.5 Δομή και ιδιότητες των στερεών

Κρυσταλλικά στερεά

Γιατί τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα;

Οι "δομικοί λίθοι" των στερεών (άτομα ή ιόντα) πάλλονται γύρω από συγκεκριμένες θέσεις. Συνήθως αυτές οι θέσεις επαναλαμβάνονται με τάξη (Εικ. 5.15). Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται ένα κρυσταλλικό πλέγμα. Τα περισσότερα στερεά είναι, επομένως, κρυσταλλικά.

Σε κάθε κρυσταλλικό πλέγμα διακρίνουμε μικροσκοπικές κυψελίδες οι οποίες είναι όμοιες μεταξύ τους και επαναλαμβάνονται με κανονικό τρόπο. Κάθε κυψελίδα έχει συγκεκριμένο γεωμετρικό σχήμα και περιέχει καθορισμένο είδος και αριθμό "δομικών λίθων". Λόγου χάρη, στο χλωριούχο νάτριο κάθε κυψελίδα έχει κυβικό σχήμα και αποτελείται από ιόντα νατρίου και χλωρίου (Εικ. 5.16).

Σε ορισμένα ορυκτά η κρυσταλλική δομή είναι ορατή με γυμνό μάτι. Στα περισσότερα όμως, μπορούμε να τη διακρίνουμε μόνον με μικροσκόπιο.

Με τη βοήθεια ακτίνων Χ διαπιστώνουμε ότι οι θέσεις των "δομικών λίθων" απέχουν μεταξύ τους λίγα δισεκατομμυριοστά του cm, δηλαδή όσο είναι η διάμετρος ενός ατόμου.

Άμορφα στερεά

Υπάρχουν στερεά, όπως είναι το γυαλί, στα οποία οι κυψελίδες δεν επαναλαμβάνονται με κανονικό τρόπο. Αυτά τα στερεά ονομάζονται άμορφα.

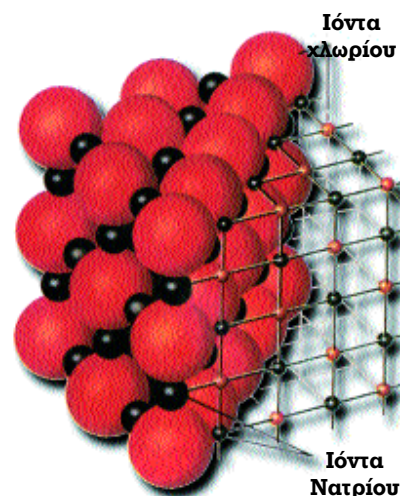
Ορισμένες ιδιότητες των άμορφων στερεών είναι διαφορετικές από τις αντίστοιχες ιδιότητες των κρυσταλλικών. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της τήξης των κρυσταλλικών στερεών η θερμοκρασία μένει σταθερή. Αντιθέτως, κατά την τήξη των άμορφων η θερμοκρασία μεταβάλλεται συνεχώς. Γενικά, η συμπεριφορά των άμορφων στερεών μοιάζει με τη συμπεριφορά των υγρών.

Διαμάντι και γραφίτης: δυο όψεις του άνθρακα

Για να ερμηνεύσουμε τις ιδιότητες ενός υλικού δεν αρκεί να γνωρίζουμε το είδος των ατόμων από τα οποία αποτελείται: Τόσο το διαμάντι όσο και ο γραφίτης αποτελούνται από άτομα άνθρακα. Όμως, έχουν διαφορετικές ιδιότητες. Γιατί υπάρχουν αυτές οι διαφορές;

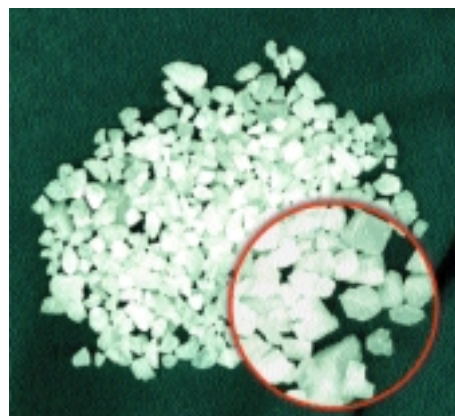
Το διαμάντι σχηματίστηκε όταν στο εσωτερικό της Γης επικρατούσε πολύ υψηλή θερμοκρασία και πίεση.

Σε αυτές τις συνθήκες τα άτομα του άνθρακα ενώνονται ισχυρά μεταξύ τους και σχηματίζουν κυβικές κυψελίδες



Εικόνα 5.15

Η κρυσταλλική δομή του χλωριούχου νατρίου.



Εικόνα 5.16

Κρύσταλλοι χλωριούχου νατρίου



Εικόνα 5.17

Ο κρύσταλλος του διαμαντιού

δες (Εικ. 5.18). Έτσι, δημιουργείται ένας πολύ σκληρός, διαυγής κρύσταλλος ιδιαίτερα σπάνιος και πολύτιμος.

Αντιθέτως, στον γραφίτη τα άτομα του άνθρακα σχηματίζουν εξαγωγικές κυψελίδες οι οποίες με τη σειρά τους σχηματίζουν στρώματα (Εικ. 5.20).

Τα στρώματα συνδέονται μεταξύ τους χαλαρά με αποτέλεσμα να αποχωρίζονται εύκολα μεταξύ τους με τριβή. Χρησιμοποιούμε, λοιπόν, τον γραφίτη για να γράφουμε και να σχεδιάζουμε ή ως λιπαντικό.

Όταν στον άνθρακα υπάρχουν προσμίξεις δημιουργείται άμορφος άνθρακας, όπως είναι ο λιθάνθρακας και ο λιγνίτης.

Κρύσταλλοι ιόντων

Επειδή ο δεσμός μεταξύ ιόντων είναι ισχυρός, σε συνηθισμένη θερμοκρασία οι ιοντικές ενώσεις είναι στερεά και έχουν κρυσταλλική δομή. Ωστόσο, αν και αυτές οι ενώσεις αποτελούνται από ιόντα δεν είναι αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος.

Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε πολύ εύκολα. Συνδέουμε μια μπαταρία με ένα λαμπάκι έτσι ώστε το λαμπάκι να ανάβει (Εικ. 5.21). Κατόπιν, σε κάποιο σημείο κόβουμε το σύρμα σύνδεσης και βυθίζουμε τα ελεύθερα άκρα του σε μαγειρικό αλάτι (Εικ. 5.21). Τότε το λαμπάκι δεν ανάβει. Συμπεραίνουμε ότι το μαγειρικό αλάτι -το οποίο είναι ένωση ιόντων χλωρίου και νατρίου- δεν είναι αγωγός του ηλεκτρισμού.

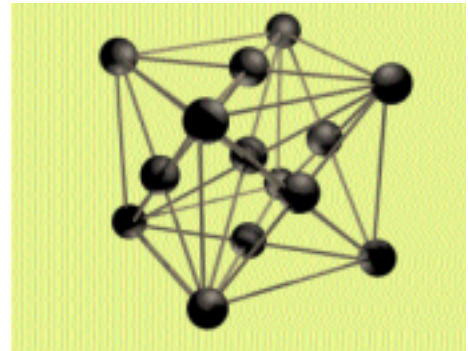
Όταν διαλύσουμε το αλάτι σε νερό και επαναλάβουμε το προηγούμενο πείραμα παρατηρούμε ότι το λαμπάκι ανάβει (Εικ. 5.21). Το διάλυμα του χλωριούχου νατρίου είναι αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος.

Με παρόμοιο τρόπο διαπιστώνουμε ότι το καθαρό νερό δεν άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Σε τι οφείλεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος του χλωριούχου νατρίου;

Όταν το χλωριούχο νάτριο διαλύεται σε νερό, μόρια νερού παρεμβάλλονται μεταξύ των ιόντων του κρυσταλλικού πλέγματος του χλωριούχου νατρίου. Έτσι ο κρύσταλλος καταστρέφεται και τα ιόντα του χλωρίου και του νατρίου κινούνται ελεύθερα μέσα στο διάλυμα. Στη συνέχεια, τα θετικά ιόντα του νατρίου έλκονται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο και τα αρνητικά ιόντα του χλωρίου από το θετικό ηλεκτρόδιο. Οι ελκτικές δυνάμεις προκαλούν κίνηση των ιόντων προς τα ηλεκτρόδια και στο διάλυμα δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα.

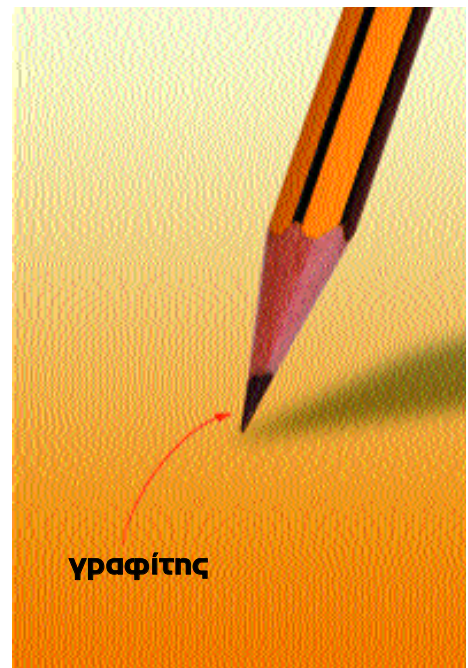
Ηλεκτρόλυση

Συγχρόνως με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το διάλυμα του χλωριούχου νατρίου, χημικές μεταβολές συμβαίνουν στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων: Φυσαλίδες αερίου εμφανίζονται στο αρνητικό ηλεκτρόδιο ενώ το



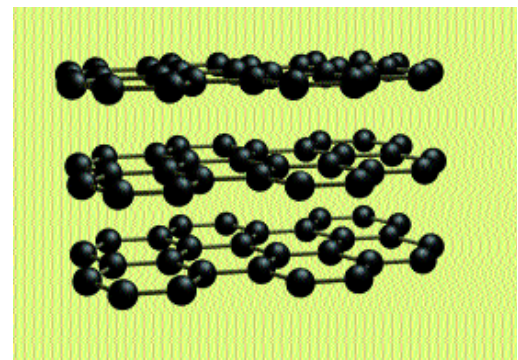
Εικόνα 5.18

Σχηματική απεικόνιση του κρυστάλλου του διαμαντιού.



Εικόνα 5.19

Τα παράλληλα στρώματα του κρυστάλλου αποχωρίζονται εύκολα. Έτσι χρησιμοποιούμε γραφίτη στην κατασκευή μολυβιών.



Εικόνα 5.20

Κρυσταλλική δομή του γραφίτη

διάλυμα κοντά στο θετικό ηλεκτρόδιο θολώνει. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ηλεκτρόλυση.

Μέταλλα και ελεύθερα ηλεκτρόνια

Γιατί τα μέταλλα έχουν μεγάλη ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα;

Τα μέταλλα είναι κρυσταλλικά. Επίσης, από τα άτομα του μετάλλου έχουν αποσπασθεί ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια της εξωτερικής τροχιάς. Τα ηλεκτρόνια αυτά μπορούν να κινούνται χαοτικά οπουδήποτε, μέσα σε όλη την έκταση του μετάλλου. Γι' αυτό τα ονομάζουμε *ελεύθερα ηλεκτρόνια*. Άρα ο κρύσταλλος ενός μετάλλου αποτελείται από ένα πλέγμα θετικών ιόντων και από ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Επειδή τα ιόντα είναι θετικά ηλεκτρισμένα, μεταξύ τους αναπτύσσονται απωστικές δυνάμεις. Συγχρόνως, αναπτύσσονται ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των ιόντων και των ελεύθερων ηλεκτρονίων.

Οι Τόλμαν και Στιούαρτ είχαν ανακαλύψει ότι αρνητικά ηλεκτρισμένα σωματίδια μπορούν να μετακινούνται από μια περιοχή ενός μετάλλου σε άλλη (βλέπε κεφάλαιο 4-ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ). Αντιλαμβανομαστε τώρα, ότι αυτά τα σωματίδια όντως υπάρχουν. Είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια.

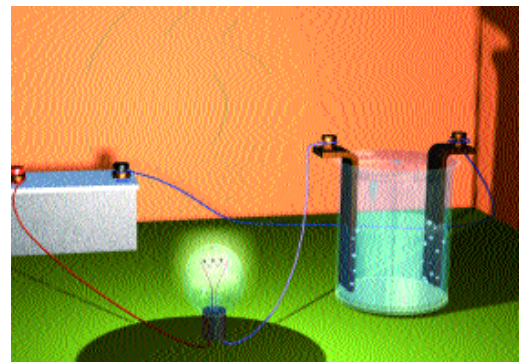
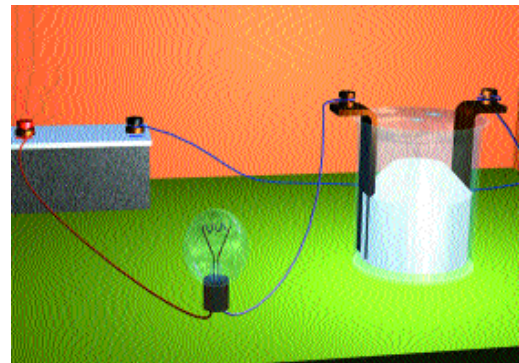
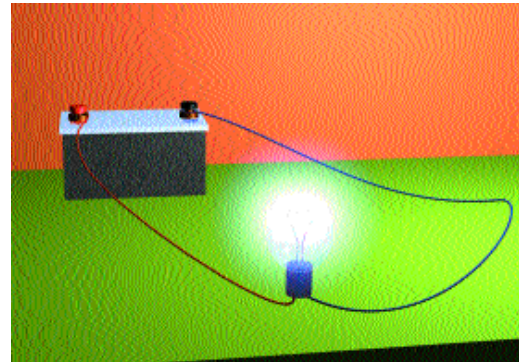
Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων

Όταν ένα κομμάτι μέταλλο βρεθεί μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο, ηλεκτρική δύναμη ασκείται επάνω στα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Η κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων προσανατολίζεται από την κατεύθυνση της δύναμης και στο μέταλλο εμφανίζεται ηλεκτρικό ρεύμα. Επειδή αυτά τα ηλεκτρόνια κινούνται με ευκολία, τα μέταλλα έχουν μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Η θερμική αγωγιμότητα των μετάλλων

Όταν σε μια περιοχή ενός μετάλλου η θερμοκρασία αυξηθεί, η κίνηση των ιόντων και των ελεύθερων ηλεκτρονίων που περιέχονται σ' αυτήν γίνεται εντονότερη.

Τα ηλεκτρόνια αυτά συγκρούονται με τα υπόλοιπα ιόντα του πλέγματος και τα αναγκάζουν να κινηθούν εντονότερα. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρις ότου η εντονότερη κίνηση διαδοθεί σε όλα τα ιόντα του πλέγματος. Με αυτό τον τρόπο η θερμοκρασία σε κάθε περιοχή του μετάλλου αυξάνεται. Όστε η ύπαρξη των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι ο σημαντικότερος παράγοντας διάδοσης της θερμότητας με αγωγή μέσα στα μέταλλα.



Εικόνα 5.21

Το στερεό χλωριούχο νάτριο δεν είναι αγωγίμο. Αντίθετα, το διάλυμα του χλωριούχου νατρίου στο νερό, επιτρέπει τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Συμπληρώστε τις ακόλουθες προτάσεις:
Τα δομικά σωματίδια των στερεών είναι ή Σε αντίθεση με τα αέρια και τα υγρά, οι των στερεών ελάχιστα γύρω από θέσεις. Όταν οι θέσεις αυτές σχηματίζουν γεωμετρικά σχήματα που επαναλαμβάνονται στο χώρο, λέμε ότι σχηματίζεται ένα Υπάρχουν ωστόσο και στερεά στα οποία δεν μπορούμε να διακρίνουμε καμιά κανονικότητα στις θέσεις γύρω από τις οποίες ταλαντώνονται οι δομικοί λίθοι. Αυτά τα στερεά ονομάζονται
Κατά την τήξη των στερεών η θερμοκρασία παραμένει σταθερή μέχρις ότου τακεί ολόκληρη η ποσότητα του στερεού. Αντίθετα, κατά την τήξη των στερεών η θερμοκρασία
2. Να περιγράψετε μια πειραματική διαδικασία με την οποία να μπορούμε να συμπεράνουμε ότι:
α) το στερεό χλωριούχο νάτριο δεν είναι αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος,
β) το διάλυμα χλωριούχου νατρίου στο νερό είναι αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος.
Προσπαθήστε να ερμηνεύσετε το αποτέλεσμα του 2ου πειράματος.
3. Ποιά είναι η μικροσκοπική δομή ενός μετάλλου; Ποιές δυνάμεις είναι υπεύθυνες για τη σταθερότητα του κρυσταλλικού πλέγματος των μετάλλων;
4. Πώς εξηγούνται: α) η μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα και β) η μεγάλη θερμική αγωγιμότητα των μετάλλων.

5.6 Η ανάγκη δημιουργίας μοντέλων στη Φυσική

Τα φυσικά φαινόμενα που επιδιώκουμε να ερμηνεύσουμε, είναι συνήθως σύνθετα ή/και απρόσιτα στην άμεση παρατήρηση, όπως συμβαίνει για παράδειγμα, με τα ατομικά φαινόμενα. Σε αυτές τις περιπτώσεις για να μπορέσουμε να τα κατανοήσουμε, δημιουργούμε απλοποιημένες αναπαραστάσεις της Φυσικής πραγματικότητας που τις ονομάζουμε μοντέλα ή πρότυπα. Έτσι, για να ερμηνεύσουμε τη σχέση της τήξης ή του βρασμού με τη θερμοκρασία χρησιμοποιήσαμε την απλή εικόνα των μορίων.

Για να ερμηνεύσουμε τη διαστολή των στερεών χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο των ελατηρίων. Φανταστήκαμε, δηλαδή, ότι τα μόρια συνδέονται μεταξύ τους με ελατήρια. Στην πραγματικότητα ωστόσο, μεταξύ των ιόντων του κρυσταλλικού πλέγματος αναπτύσσονται πολύπλοκες ηλεκτρικές δυνάμεις. Αυτές τις δυνάμεις τις αναπαριστούμε με απλούστερες δυνάμεις ελατηρίων. Αρα κάθε μοντέλο είναι προσεγγιστικό. Δηλαδή, κατά την επινόησή του δε λαμβάνουμε υπόψη μας όλα τα στοιχεία της φυσικής πραγματικότητας.

Με το μοντέλο των κινούμενων μορίων (όπως αυτό προέκυψε από τη μελέτη της κίνησης Brown) μπορέσαμε να προβλέψουμε το νόμο των Μπόιλ και Μαριότ. Χρησιμοποιούμε τα μοντέλα, λοιπόν, όχι μόνο για να ερμηνεύουμε γνωστά φαινόμενα αλλά και για να προβλέπουμε νέα.

Επειδή διαθέτουμε ελάχιστες εικόνες της δομής της ύλης, σε αυτή την περιοχή της φυσικής τα μοντέλα είναι απολύτως απαραίτητα. Έτσι, αρχικά το πρότυπο του Ράδερφορντ και κατόπιν το πρότυπο του Μπορ βοήθησαν σημαντικά στη μελέτη της δομής του ατόμου.

Το πρότυπο του Ράδερφορντ αντικαταστάθηκε από το πρότυπο του Μπορ. Αλλά και αυτό το πρότυπο είναι ατελές. Με βάση τις σύγχρονες γνώσεις μας για τη δομή της ύλης η εικόνα του ατόμου είναι πιο σύνθετη από αυτήν που περιγράφει το πρότυπο του Μπορ.

Η μετακίνηση των ηλεκτρονίων και η ηλεκτρίση των στερεών

Για να ερμηνεύσουμε την ηλεκτρίση ενός στερεού χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο των ηλεκτρισμένων σωματιδίων. Θεωρήσαμε ότι όταν τρίβουμε μια ράβδο με μάλλινο ύφασμα, αρνητικά σωματίδια μετακινούνται από τη ράβδο στο ύφασμα.

Αυτή η εικόνα ωστόσο είναι προσεγγιστική. Στη συνέχεια γνωρίσαμε ότι αυτά τα ηλεκτρισμένα σωματίδια είναι τα ηλεκτρόνια. Πώς, λοιπόν, μπορούμε να ερμηνεύσουμε με περισσότερη ακρίβεια την ηλεκτρίση με τριβή;

Η δύναμη με την οποία συγκρατούνται τα ηλεκτρόνια στην εξωτερική τροχιά ενός ατόμου ποικίλει ανάλογα με το είδος του ατόμου. Στο μάλλινο ύφασμα αυτή η δύναμη είναι μεγαλύτερη από όσο είναι στο γυαλί. Αρα τα ηλεκτρόνια αποσπώνται ευκολότερα από τη γυάλινη ράβδο παρά από το μάλλινο ύφασμα και μετακινούνται από τη ράβδο στο ύφασμα.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Τι είναι ένα φυσικό μοντέλο; Ποιός είναι ο ρόλος του στη μελέτη της φύσης;
2. Να αναφέρετε παραδείγματα από τα οποία να φαίνεται ότι:
 - α) Κάθε μοντέλο είναι προσεγγιστικό.
 - β) Με τη βοήθεια των μοντέλων έχουμε τη δυνατότητα πρόβλεψης νέων φαινομένων.
 - γ) Τα φυσικά μοντέλα εξελίσσονται.
3. Πώς ερμηνεύεται το φαινόμενο της ηλεκτρισμού με τριβή με τη βοήθεια του ατομικού μοντέλου;

Περίληψη

Τα μόρια αποτελούνται από άλλα μικρότερα σωματίδια, τα άτομα. Σύμφωνα με το πρότυπο του Ράδερφορντ, στο κέντρο του ατόμου υπάρχει ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο, ο πυρήνας. Γύρω από τον πυρήνα περιφέρονται αρνητικά φορτισμένα σωματίδια, τα ηλεκτρόνια.

Σύμφωνα με το πρότυπο του Μπορ, τα ηλεκτρόνια κινούνται σε απολύτως καθορισμένες τροχιές. Όταν ένα άτομο απορροφά ή εκπέμπει ενέργεια, τα ηλεκτρόνια του μεταβαίνουν από μια επιτρεπόμενη τροχιά σε μια άλλη. Η ακτινοβολία απορροφάται ή εκπέμπεται με τη μορφή «πακέτων ενέργειας», που ονομάζονται φωτόνια.

Όταν από ένα άτομο αφαιρεθούν ηλεκτρόνια, μετατρέπεται σε θετικό ιόν. Αν προστεθούν, τότε μετατρέπεται σε αρνητικό ιόν.

Το μαγνητικό πεδίο του ατόμου οφείλεται στο σπιν και στην περιστροφή των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα.

Κάθε σώμα αποτελείται από συνδυασμούς 92 διαφορετικών μεταξύ τους ατόμων. Τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους με κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων και σχηματίζουν μόρια. Τα ιόντα συγκρατούνται αμοιβαία με ηλεκτρικές έλξεις.

Στα υγρά τα μόρια κινούνται συνεχώς σαν να γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο.

Οι ιδιότητες των αερίων ερμηνεύονται από την κίνηση των μορίων τους και την αλληλεπίδρασή τους με τα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο περιέχονται.

Τα περισσότερα στερεά είναι κρυσταλλικά. Οι δομικοί τους λίθοι (άτομα ή ιόντα) πάλλονται γύρω από συγκεκριμένες θέσεις που επαναλαμβάνονται με τάξη.

Επειδή ο δεσμός μεταξύ ιόντων είναι ισχυρός, σε συνηθισμένες θερμοκρασίες, οι ιοντικές ενώσεις είναι κρυσταλλικά στερεά. Τα στερεά αυτά δεν είναι αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος. Ωστόσο το διάλυμά τους στο νερό, είναι αγωγός και ηλεκτρολύεται.

Η ηλεκτρική και η θερμική αγωγιμότητα των μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια τα οποία υπάρχουν μεταξύ των ιόντων του μεταλλικού πλέγματος.

Η κατασκευή απλοποιημένων αναπαραστάσεων της φυσικής πραγματικότητας, είναι απαραίτητη για την ερμηνεία και τη μελέτη σύνθετων φαινομένων, είτε φαινομένων που είναι απρόσιτα στην άμεση παρατήρηση.

Περιεχόμενα

Πρόλογος

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1	Γιατί διδάσκεται η Φυσική;	5
1.2	Η ιστορία των Φυσικών επιστημών	6
1.3	Τι μελετά η Φυσική	11
1.4	Πως ανακρίνουμε τη φύση	13
1.5	Γνωριμία με το εργαστήριο - Μετρήσεις	16
1.6	Οι φυσικές επιστήμες ομιλούν τη γλώσσα των μαθηματικών	26
	Περίληψη	30

Κεφάλαιο 2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

2.1	Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας	33
2.2	Θερμότητα: μια μορφή ενέργειας	38
2.3	Πώς μετράμε τη θερμότητα;	42
2.4	Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος	46
2.5	Θερμική διαστολή και συστολή	51
2.6	Αλλαγές κατάστασης	58
2.7	Εξάτμιση και συμπύκνωση	64
2.8	Πώς άγεται η θερμότητα	67
2.9	Θερμότητα και ρεύματα μεταφοράς	70
2.10	Θερμότητα και ακτινοβολία	73
	Περίληψη	76

Κεφάλαιο 3 ΟΠΤΙΚΗ

3.1	Φως: όραση και ενέργεια	79
3.2	Πώς διαδίδεται το φως;	83
3.3	Η ταχύτητα του φωτός: Παγκόσμιο ρεκόρ ταχύτητας	86
3.4	Το φως επιστρέφει: ανάκλαση	90
3.5	Το φως μέσα στην ύλη: διάθλαση	97
3.6	Φακοί: Ένας γυάλινος κόσμος.	102
3.7	Το μάτι. - Οπτικά όργανα	105
3.8	Χρώματα κρυμμένα στο λευκό φως: Ανάλυση του φωτός	109
3.9	Γιατί ο Κόσμος δεν είναι ασπρόμαυρος;	112
3.10	Ένας αόρατος κόσμος	116
	Περίληψη	118

Κεφαλαίο 4 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Μαγνητισμός

4.1 Γνωριμία με τη μαγνητική δύναμη	121
4.2 Πώς περιγράφουμε τη μαγνητική δύναμη;	124
4.3 Μαγνήτιση	128

Ηλεκτρισμός

4.4 Από το κεχριμπάρι ¹ στον ηλεκτρονικό υπολογιστή	132
4.5 Οι δύο αντίθετες καταστάσεις των ηλεκτρισμένων σωμάτων	135
4.6 Τρόποι ηλέκτρισης	136
4.7 Ένας κόσμος ηλεκτρισμένων σωματιδίων, ο Κόσμος μας!	139
4.8 Ένα χρήσιμο μέγεθος: το ηλεκτρικό φορτίο	144
4.9 Δύο σημαντικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου	146
4.10 Περισσότερα στοιχεία για την ηλεκτρική δύναμη	147
4.11 Πώς περιγράφουμε την ηλεκτρική δύναμη; Το ηλεκτρικό πεδίο	149
4.12 Ηλεκτρικό ρεύμα και ηλεκτρικό κύκλωμα	151
4.13 Ηλεκτρικό ρεύμα και μετατροπές ενέργειας.....	156

Ηλεκτρομαγνητισμός

4.14 Το πείραμα του Έρστεντ	159
4.15 Ο ηλεκτρομαγνήτης	161
4.16 Εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητικών.....	164
<i>Περίληψη</i>	166

Κεφαλαίο 5 Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

5.1 Μόρια και άτομα.....	168
5.2 Άτομο και φως.....	172
5.3 Σύνδεση μεταξύ ατόμων και μεταξύ ιόντων	176
5.4 Δομή και ιδιότητες των ρευστών	178
5.5 Δομή και ιδιότητες των στερεών	182
5.6 Η ανάγκη δημιουργίας μοντέλων στη Φυσική.....	186
<i>Περίληψη</i>	190