

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

Μακροσκοπική Μελέτη της Ύλης

Μακροσκοπική Μελέτη της Ύλης

1.1 Μορφές της ύλης – Φάσεις και μίγματα

Οτιδήποτε μπορεί κανείς να δει, να αγγίξει ή ακόμη και να αντιληφθεί, άμεσα ή με τη βοήθεια οργάνων, είναι ύλη. Η ύλη βρίσκεται παντού. Είναι το νερό, το χώμα, τα βιβλία, το ανθρώπινο σώμα, ο ατμοσφαιρικός αέρας κ.ά.

Η ύλη μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο κατηγορίες: τις **καθαρές ουσίες** και τα **μίγματα**.

Καθαρές είναι οι **ουσίες** που έχουν σταθερή, χαρακτηριστική σύσταση και σαφώς καθορισμένες ιδιότητες. Το νερό, το αλάτι, η ζάχαρη και το οξυγόνο αποτελούν παραδείγματα καθαρών ουσιών. Οι καθαρές ουσίες διαφέρουν μεταξύ τους στη σύσταση και μπορούν να αναγνωριστούν από την εμφάνιση, την οσμή, τη γεύση ή άλλες ιδιότητές τους.

Όταν αναμιχθούν δύο ή περισσότερες καθαρές ουσίες, προκύπτουν τα **μίγματα**.

Μίγματα ονομάζονται τα υλικά που αποτελούνται από δύο ή περισσότερες καθαρές ουσίες.

Στα μίγματα, οι καθαρές ουσίες διατηρούν τις ιδιότητές τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα

Το σκυρόδεμα (μπετόν) παρασκευάζεται με διάφορες αναλογίες των βασικών του συστατικών (τσιμέντο, νερό, άμμος και χαλίκι), ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται. Σε κάθε περίπτωση, όμως, το μίγμα των συστατικών αυτών ονομάζεται σκυρόδεμα.

μιγμάτων είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας, το γάλα, τα αναψυκτικά και το σκυρόδεμα. Τα περισσότερα υλικά στη φύση είναι μίγματα.

Οι καθαρές ουσίες που συνιστούν ένα μίγμα ονομάζονται **συστατικά** του μίγματος. Οι αναλογίες των συστατικών στα διάφορα μίγματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους, δηλαδή, ένα μίγμα μπορεί να παρασκευασθεί με διάφορες αναλογίες των συστατικών του.

Τα μίγματα διακρίνονται σε ομογενή και ετερογενή.

Ομογενές είναι το μίγμα, το οποίο έχει την ίδια σύσταση και τις ίδιες ιδιότητες σε όλη την έκτασή του. Συνήθως, τα ομογενή μίγματα ονομάζονται **διαλύματα**. Παραδείγματα ομογενών μιγμάτων είναι το θαλασσινό νερό, ο ατμοσφαιρικός αέρας, η βενζίνη και το ξίδι. Τα διαλύματα αποτελούνται από μία μόνο *φάση*.

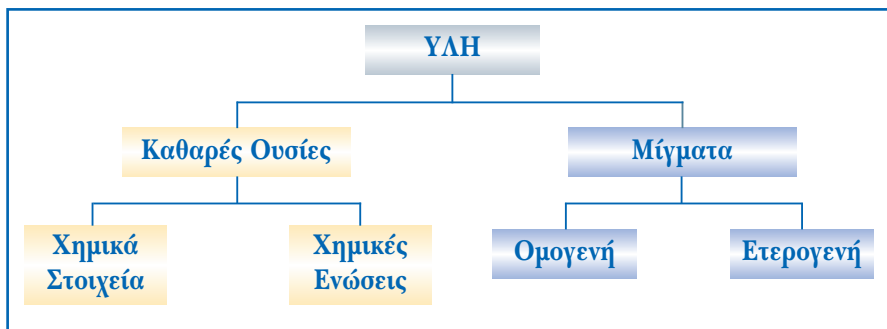
Φάση ονομάζεται ένα καθορισμένο τμήμα του μίγματος, το οποίο έχει ενιαίες ιδιότητες και σύσταση.

Για παράδειγμα, το καθαρό νερό αποτελείται από μία μόνο φάση, καθώς όλη η ποσότητά του έχει την ίδια ακριβώς σύσταση και τις ίδιες ιδιότητες. Νερό, όμως, με μερικά παγάκια, αποτελείται από δύο φάσεις: τη φάση του υγρού νερού και τη φάση του πάγου.

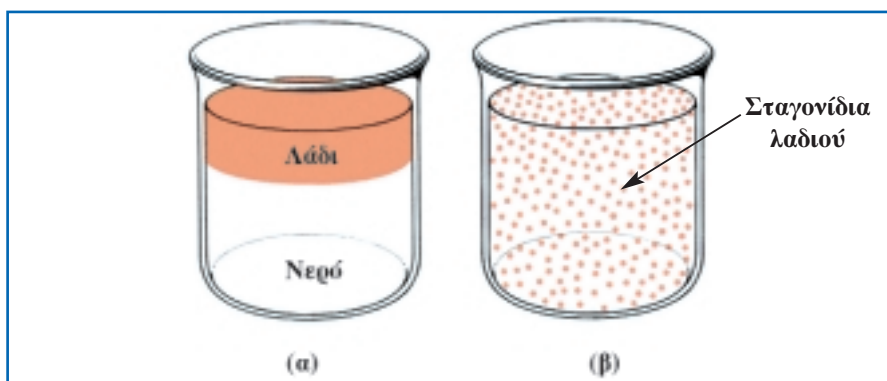
Κατά την ανάμιξη νερού και λαδιού σε ένα ποτήρι, το λάδι μένει στο πάνω μέρος του ποτηριού. Έτσι, προκύπτει και πάλι ένα μίγμα με δύο φάσεις.

Όταν ένα μίγμα αποτελείται από δύο ή περισσότερες φάσεις, ονομάζεται **ετερογενές**.

Ετερογενές μίγμα προκύπτει, για παράδειγμα, όταν αναμιχθεί άμμος με ρινίσματα σιδήρου.



Σχήμα 1.1: Ταξινόμηση των μορφών της ύλης



Σχήμα 1.2: Νερό και λάδι σχηματίζουν ετερογενές μίγμα. α) Σε ηρεμία, οι δύο φάσεις είναι σαφώς διαχωρισμένες. β) Μετά από έντονη ανάδευση, οι δύο φάσεις «ανακατεύονται», αλλά το νερό και τα σταγονίδια του λαδιού συνιστούν, ακόμη, δύο διαφορετικές φάσεις.

1.2 Χημικά στοιχεία και ενώσεις

Οι καθαρές ουσίες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τα **χημικά στοιχεία** και τις **χημικές ενώσεις**.

Χημικά στοιχεία ονομάζονται οι καθαρές ουσίες, οι οποίες δεν μπορούν να διασπασθούν σε απλούστερες με χημικές μεθόδους. Μέχρι σήμερα είναι γνωστά 112 χημικά στοιχεία, από τα οποία

τα 90 υπάρχουν στη φύση, ενώ τα υπόλοιπα έχουν δημιουργηθεί στα εργαστήρια ως *προϊόντα πυρηνικών αντιδράσεων*.

Κάθε χημικό στοιχείο σημειώνεται με μία συντομογραφία, η οποία ονομάζεται **χημικό σύμβολο**. Πρόκειται για το πρώτο γράμμα ή για συνδυασμό του πρώτου γράμματος με ένα από τα υπόλοιπα γράμματα, συνήθως της λατινικής ή της αγγλικής ονομασίας του χημικού στοιχείου. Το πρώτο γράμμα είναι πάντα κεφαλαίο και το δεύτερο μικρό. Στον πίνακα 1.1 δίνονται τα κυριότερα χημικά στοιχεία με τα σύμβολά τους.

Οι **χημικές ενώσεις** είναι σύνθετες ουσίες, που προκύπτουν από συνδυασμούς χημικών στοιχείων. Οι χημικές ενώσεις αποτελούνται από δύο ή περισσότερα χημικά στοιχεία, ενωμένα μεταξύ τους με σταθερές αναλογίες μαζών. Η πρόταση αυτή είναι γνωστή και ως *νόμος των σταθερών λόγων του Proust (Πroust)*.

Σε αντίθεση, λοιπόν, με τα μίγματα, οι χημικές ενώσεις έχουν καθορισμένη σύσταση. Για παράδειγμα, 18g νερού αποτελούνται πάντα από 2g υδρογόνου και 16g οξυγόνου, ανεξάρτητα από τον τρόπο παρασκευής και την προέλευση του νερού.

Κατ' αναλογία με τα χημικά στοιχεία, οι χημικές ενώσεις σημειώνονται με τους **χημικούς τύπους**. Στον πίνακα 1.2 αναφέρονται γνωστές χημικές ενώσεις με τους χημικούς τους τύπους, καθώς και «καθημερινές» (εμπειρικές) ονομασίες για μερικές από αυτές.

Πίνακας 1.1
Χημικά στοιχεία και τα χημικά τους σύμβολα

Στοιχείο	Σύμβολο	Στοιχείο	Σύμβολο	Στοιχείο	Σύμβολο
Άζωτο	N	Ιώδιο	I	Ουράνιο	U
Άνθρακας	C	Κάλιο	K	Πυρίτιο	Si
Αργίλιο	Al	Κασσίτερος	Sn	Σίδηρος	Fe
Αργό	Ar	Κοβάλτιο	Co	Υδράργυρος	Hg
Άργυρος	Ag	Λευκόχρυσος	Pt	Υδρογόνο	H
Ασβέστιο	Ca	Λίθιο	Li	Φθόριο	F
Βάριο	Ba	Μαγγάνιο	Mn	Φωσφόρος	P
Βολφράμιο	W	Μαγνήσιο	Mg	Χαλκός	Cu
Βόριο	B	Μόλυβδος	Pb	Χλώριο	Cl
Βρώμιο	Br	Νάτριο	Na	Χρυσός	Au
Ήλιο	He	Νικέλιο	Ni	Χρόμιο	Cr
Θείο	S	Οξυγόνο	O	Ψευδάργυρος	Zn

Πίνακας 1.2
Μερικές χημικές ενώσεις

Χημικός Τύπος	Χημική Ονομασία	Εμπειρική Ονομασία	Χημικός Τύπος	Χημική Ονομασία	Εμπειρική Ονομασία
NaCl	Χλωριούχο νάτριο	Αλάτι	CaCO ₃	Ανθρακικό ασβέστιο	Κιμωλία
H ₂ O	Νερό	Νερό	Fe ₂ O ₃	Οξείδιο του σιδήρου ΙΙΙ	Αιματίτης
CaO	Οξείδιο του ασβεστίου	Ασβέστης	HNO ₃	Νιτρικό οξύ	Ακουαφόρτε
H ₂ SO ₄	Θεικό οξύ	Βιτριόλι	H ₂ O ₂	Υπεροξείδιο του υδρογόνου	Οξυζενέ

1.3 Μάζα – Βάρος - Όγκος

Η μάζα αποτελεί το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος. Αδράνεια ονομάζεται η ιδιότητα της ύλης να αντιστέκεται σε κάθε αίτιο που προσπαθεί να μεταβάλλει την κινητική της κατάσταση.

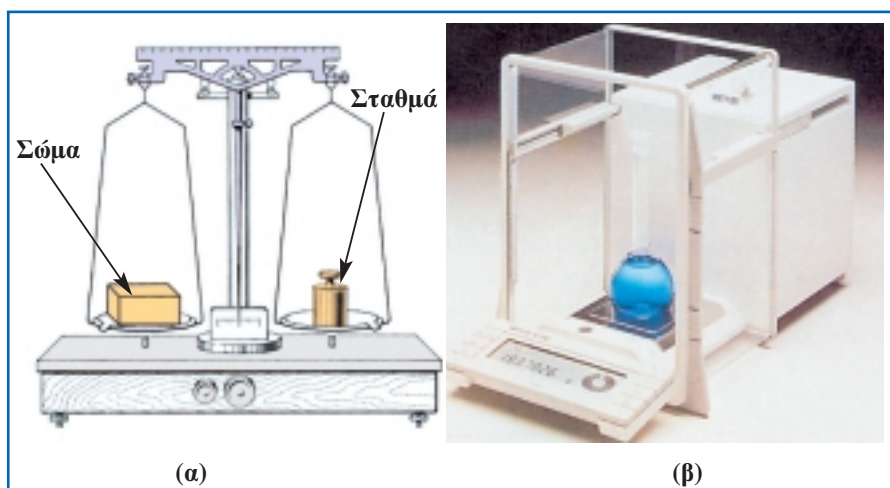
$$1\text{kg} = 1000\text{g}$$

Η μάζα και το βάρος είναι δύο εντελώς διαφορετικά μεγέθη. Παρόλα αυτά, στην πράξη, δε γίνεται συνήθως διάκριση μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει, επειδή στον ίδιο τόπο σώματα με ίση μάζα έχουν και ίσο βάρος. Έτσι, συγκρίνοντας τα βάρη δύο σωμάτων, συγκρίνονται έμμεσα και οι μάζες τους.

Μάζα (m) ενός σώματος ορίζεται η ποσότητα της ύλης που έχει αυτό το σώμα.

Η μάζα των σωμάτων προσδιορίζεται με τη βοήθεια των ζυγών. Η μονάδα μέτρησης της μάζας στο Διεθνές Σύστημα (SI) είναι το χιλιόγραμμα (kg). Χρησιμοποιείται, επίσης, και το γραμμάριο (g).

Βάρος (B) ενός σώματος είναι η ελκτική δύναμη που ασκείται στο σώμα από τη Γη.



Σχήμα 1.3: α) Παλαιού τύπου ζυγός. Στον αριστερό δίσκο είναι τοποθετημένο το σώμα του οποίου μετράται η μάζα, ενώ στο δεξί δίσκο τοποθετούνται «σταθμά» γνωστής μάζας. Αν τα βάρη των σωμάτων στους δίσκους είναι ίδια, θα είναι ίδιες και οι μάζες τους. β) Αναλυτικός ηλεκτρονικός ζυγός, ακρίβειας 0,0001 g.

Το βάρος εξαρτάται από τη μάζα του σώματος και από την απόστασή του από το κέντρο της Γης. Η μονάδα μέτρησης του βάρους στο SI είναι το Newton (N).

Το βάρος ενός σώματος είναι μεγαλύτερο στους πόλους σε σύγκριση με τον Ισημερινό, λόγω του σχήματος της Γης. Επίσης, είναι μεγαλύτερο στο επίπεδο της θάλασσας απ' ό,τι στην κορυφή ενός βουνού. Αντίθετα, η μάζα του σώματος είναι πάντα σταθερή.

Όγκος (V) ενός σώματος είναι ο χώρος που αυτό καταλαμβάνει.

Η μονάδα μέτρησης του όγκου στο SI είναι το κυβικό μέτρο (m^3). Άλλες μονάδες όγκου, που χρησιμοποιούνται συχνά, είναι το λίτρο (L) και το χιλιοστόλιτρο (mL).

$$\begin{aligned} 1\text{m}^3 &= 1000\text{L} \\ 1\text{L} &= 1\text{dm}^3 = 1000\text{ml} \\ 1\text{mL} &= 1\text{cm}^3 \end{aligned}$$

1.4 Πυκνότητα

Πυκνότητα (ρ) ονομάζεται το πηλίκο της μάζας ενός σώματος προς τον όγκο τον οποίο καταλαμβάνει.

Η πυκνότητα ενός σώματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Η μονάδα μέτρησης της πυκνότητας στο SI είναι το χιλιόγραμμα ανά κυβικό μέτρο (kg/m^3). Η μονάδα αυτή είναι εξαιρετικά μεγάλη για τις περισσότερες χημικές εφαρμογές. Έτσι, πιο συχνά χρησιμοποιούνται το γραμμάριο ανά κυβικό εκατοστό (g/cm^3) ή η ισοδύναμή της μονάδα, γραμμάριο ανά χιλιοστόλιτρο (g/mL). Χρησιμοποιείται, επίσης, και το γραμμάριο ανά λίτρο (g/L).

Στους 20°C , η μάζα 1cm^3 νερού είναι 1g, ενώ ο ίδιος όγκος υδραργύρου έχει μάζα 13,6g.

Όμοια, η μάζα 1cm^3 σιδήρου είναι 7,87g, ενώ 1cm^3 αλουμινίου (αργιλίου) έχει μάζα 2,7g (20°C).

Η μάζα και ο όγκος εξαρτώνται από την ποσότητα της ύλης που εξετάζεται. Αντίθετα, η πυκνότητα είναι ανεξάρτητη από την ποσότητα της ύλης. Κάθε καθαρή χημική ουσία, σε ορισμένες συνθήκες, έχει σταθερή πυκνότητα. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, η πυκνότητα χρησιμοποιείται συχνά για τη διάκριση διάφορων καθαρών χημικών ουσιών.

1.5 Καταστάσεις της ύλης

Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, η ύλη βρίσκεται με τη μορφή πλάσματος (τέταρτη κατάσταση της ύλης).

Οι διάφορες ουσίες συναντώνται σε στερεή, υγρή ή αέρια μορφή. Αυτές οι τρεις μορφές ονομάζονται **καταστάσεις της ύλης**. Το νερό υπάρχει στο περιβάλλον και στις τρεις φυσικές καταστάσεις. Στην ατμόσφαιρα υπάρχουν υδρατμοί, δηλαδή, νερό σε αέρια κατάσταση. Το νερό των ποταμών, των λιμνών και της θάλασσας είναι υγρό, ενώ το χιόνι και ο πάγος είναι νερό σε στερεά κατάσταση (σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.4: Οι φυσικές καταστάσεις του νερού πολλές φορές συνυπάρχουν.

Τα αέρια διακρίνονται από τα υγρά και τα στερεά με βάση δύο χαρακτηριστικές τους ιδιότητες:

- δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα,
- δεν έχουν ορισμένο όγκο, αλλά καταλαμβάνουν ολόκληρο τον όγκο του δοχείου στο οποίο τοποθετούνται. Εάν ασκηθεί πίεση στα αέρια, ο όγκος τους ελαττώνεται.

Τα υγρά παίρνουν το σχήμα του δοχείου στο οποίο τοποθετούνται, ενώ τα στερεά έχουν σταθερό σχήμα. Τα υγρά και τα στερεά είναι ελάχιστα συμπιεστά, σε αντίθεση με τα αέρια δηλαδή, έχουν πρακτικά σταθερό όγκο, ανεξάρτητα από την πίεση που ασκείται σε αυτά.

Γενικά, τα υγρά και τα στερεά έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από τα αέρια.

Τα υγρά και τα αέρια χαρακτηρίζονται από την ιδιότητά τους να ρέουν. Για το λόγο αυτό ονομάζονται και **ρευστά**.

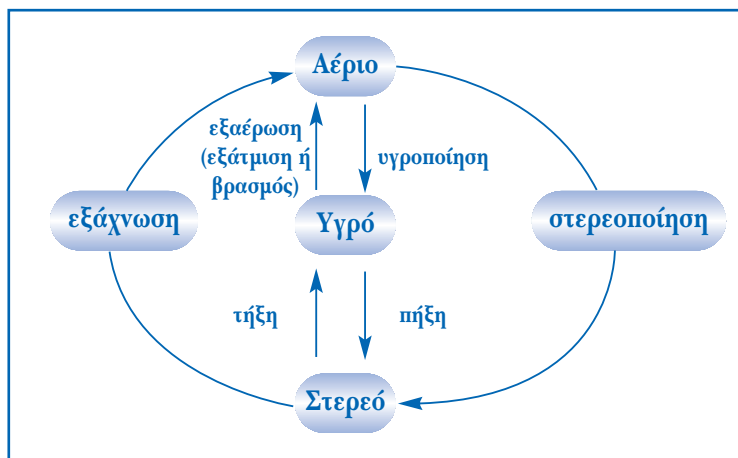
1.6 Μεταβολές των καταστάσεων της ύλης

Τα υγρά, όταν ψυχθούν, πήζουν και μεταπίπτουν στη στερεά κατάσταση. Αντίθετα, όταν θερμανθούν, εξαερώνονται (με εξάτμιση ή βρασμό) και μεταπίπτουν στην αέρια κατάσταση.

Κατά τρόπο ανάλογο, όταν τα στερεά θερμανθούν τείνουν να λιώσουν και να μεταπέσουν στην υγρή κατάσταση. Τα αέρια όταν ψυχθούν τείνουν να υδροποιηθούν και να μεταπέσουν στην υγρή κατάσταση. Στο σχήμα 1.5 περιγράφονται οι δυνατές αλλαγές καταστάσεων και οι όροι που χρησιμοποιούνται για να τις περιγράψουν.

Ένα υγρό μπορεί να σχηματιστεί είτε με **τήξη** ενός στερεού είτε με **υδροποίηση** ενός αερίου. Η αντίστροφη διαδικασία της τήξης, η μετατροπή, δηλαδή, ενός υγρού σε στερεό ονομάζεται **πήξη**.

Η εξάτμιση των υγρών είναι ένα φαινόμενο που συναντάται πολύ συχνά στην καθημερινή ζωή. Όταν για παράδειγμα χυθεί βενζίνη, αυτή εξατμίζεται και μεταπίπτει στην αέρια κατάσταση. Το ίδιο συμβαίνει και με το νερό: μετά από μια καλοκαιρινή μπόρα, οι βρεγμένοι δρόμοι στεγνώνουν γρήγορα, γιατί το νερό εξατμίζεται.



Σχήμα 1.5: Οι δυνατές αλλαγές καταστάσεων.

Μια ουσία, η οποία, σε συνήθεις συνθήκες, βρίσκεται φυσιολογικά στην αέρια κατάσταση, χαρακτηρίζεται ως αέριο. Ο όρος *ατμός* χρησιμοποιείται για να περιγράψει την αέρια κατάσταση μιας ουσίας, η οποία σε συνήθεις συνθήκες βρίσκεται φυσιολογικά στη στερεά ή υγρή κατάσταση. Έτσι, στους 25°C και 1 atm, χρησιμοποιούνται οι όροι *αέριο οξυγόνο* και *ατμοί νερού* (υδρατμοί).

Η μετατροπή των στερεών σε αέρια, χωρίς προηγουμένως να μεταπέσουν στην υγρή κατάσταση, ονομάζεται **εξάχνωση**. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της ναφθαλίνης ή της καμφοράς, δύο ουσιών οι οποίες εξαχνώνονται και προσατεύουν από το σκόρο τα μάλλινα ρούχα.

1.7 Σημείο βρασμού Σημείο τήξης - πήξης

Όταν η θερμοκρασία των υγρών αυξηθεί μέχρι μιας ορισμένης τιμής, χαρακτηριστικής για κάθε υγρό, εκδηλώνεται το φαινόμενο του **βρασμού**. Κατά το βρασμό, σχηματίζονται φυσαλίδες

αερίου σε όλη την έκταση του υγρού, ενώ η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή.

Το **σημείο βρασμού** μιας ουσίας είναι η θερμοκρασία στην οποία εκδηλώνεται το φαινόμενο του βρασμού.

Το σημείο βρασμού εξαρτάται από τη φύση της ουσίας και την εξωτερική πίεση. Με αύξηση της εξωτερικής πίεσης αυξάνεται και το σημείο βρασμού. Στην περίπτωση που η εξωτερική πίεση είναι ίση με 1 atm, χρησιμοποιείται ο όρος *κανονικό σημείο βρασμού*.

Κατά τη διάρκεια της τήξης μιας ουσίας η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. **Σημείο τήξης** μιας στερεάς ουσίας ονομάζεται η θερμοκρασία στην οποία εκδηλώνεται το φαινόμενο της τήξης.

Κατά τρόπο ανάλογο, ονομάζεται **σημείο πήξης** ενός υγρού η θερμοκρασία στην οποία το υγρό μετατρέπεται σε στερεό. Η τήξη και η πήξη μιας ουσίας πραγματοποιούνται στην ίδια θερμοκρασία.

Τα σημεία πήξης και τήξης των διάφορων ουσιών παραμένουν πρακτικά ανεπηρέαστα από τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Το σημείο βρασμού και το σημείο πήξης είναι χαρακτηριστικά για κάθε ουσία. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση και τον έλεγχο της καθαρότητας των χημικών ουσιών.

Το νερό βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία στην κορυφή ενός βουνού σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας. Για παράδειγμα στο Everest, το υψηλότερο βουνό του κόσμου, το νερό βράζει στους 70°C. Αυτό συμβαίνει διότι η εξωτερική πίεση στην κορυφή του βουνού είναι μικρότερη σε σχέση με την πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας.

Η *χύτρα ταχύτητας* είναι ένα σφραγισμένο δοχείο, το οποίο δεν επιτρέπει στους ατμούς να διαφεύγουν, παρά μόνο όταν η πίεση στο δοχείο υπερβεί μια ορισμένη τιμή. Η πίεση μέσα στη χύτρα είναι το άθροισμα της ατμοσφαιρικής πίεσης και της πίεσης που οφείλεται στους ατμούς.

Έτσι, το νερό βράζει σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 100°C και το φαγητό μαγειρεύεται πιο γρήγορα.

Πίνακας 1.3

Σημεία βρασμού και τήξης μερικών γνωστών χημικών ουσιών
(σε ατμοσφαιρική πίεση)

Χημική ουσία	Σημείο τήξης (°C)	Σημείο βρασμού (°C)
Αιθανόλη ή οινόπνευμα (C_2H_5OH)	-114,6	78,5
Βενζόλιο (C_6H_6)	5,5	80,2
Νερό (H_2O)	0	100
Οξυγόνο (O_2)	-218	-183
Υδράργυρος (Hg)	-38,9	357
Υδρογόνο (H_2)	-259	-253
Χλωριούχο νάτριο (NaCl)	801	1465

1.8 Φυσικά και χημικά φαινόμενα

Η ύλη μπορεί να υποστεί διάφορες μεταβολές, οι οποίες διακρίνονται σε *φυσικές* και *χημικές*.

Μεταβολές οι οποίες δε συνοδεύονται από σχηματισμό νέων ουσιών ονομάζονται **φυσικά φαινόμενα**.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα φυσικών φαινομένων είναι η κίνηση των σωμάτων και οι αλλαγές φυσικής κατάστασης των διάφορων ουσιών, όπως η τήξη του σιδήρου και ο σχηματισμός πάγου κατά την ψύξη του νερού.

Μεταβολές οι οποίες συνοδεύονται από σχηματισμό νέων ουσιών ονομάζονται **χημικά φαινόμενα** (σχήμα 1.6).

Όταν αφεθεί ένα σιδερένιο καρφί στη βροχή, εκδηλώνεται ένα χημικό φαινόμενο κατά το οποίο ο σίδηρος σκουριάζει. Ο σίδηρος ενώνεται με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και σταδιακά μετατρέπεται σε μία νέα ουσία, το οξείδιο του σιδήρου (σκουριά). Άλλα παραδείγματα χημικών φαινομένων είναι η καύση του ξύλου, το ξίνισμα του γάλακτος, η αποσύνθεση των τροφίμων, η έκρηξη του δυναμίτη και το ψήσιμο του ψωμιού.



Σχήμα 1.6: Η καύση είναι ένα χημικό φαινόμενο.

1.9 Νόμοι της χημείας

Ο Γάλλος χημικός A. Lavoisier (Λαβουαζιέ) απέδειξε πειραματικά, το 1774, ότι το άθροισμα των μαζών των σωμάτων που συμμετέχουν σε ένα χημικό φαινόμενο παραμένει σταθερό πριν και μετά την εκδήλωση του χημικού φαινομένου.

Αυτή η παρατήρηση αποτέλεσε τη βάση για τη διατύπωση του **νόμου της αφθαρσίας της ύλης ή διατήρησης της μάζας**:

Η μάζα ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται κατά τη διάρκεια ενός χημικού φαινομένου.

Τα αποτελέσματα του Lavoisier υπήρξαν η αφετηρία για τη διεξαγωγή πολλών πειραμάτων σχετικά με τα ποσοτικά αποτελέσματα των χημικών φαινομένων. Οι παρατηρήσεις αυτές οδήγησαν στη διατύπωση, από τον J. L. Proust, το 1799, του **νόμου των σταθερών λόγων**:

Ο λόγος των μαζών, με τις οποίες δύο ή περισσότερα στοιχεία ενώνονται για να σχηματίσουν μία χημική ένωση, είναι πάντοτε σταθερός.

Σύμφωνα δηλαδή, με το νόμο του Proust, στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) ο λόγος των μαζών του άνθρακα (C) και του οξυγόνου (O) έχει την ίδια πάντα τιμή, ανεξάρτητα από την πηγή απ' όπου προέρχεται ή από τον τρόπο με τον οποίο παρασκευάστηκε.

Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794).

Γάλλος χημικός. Ασχολήθηκε με το φαινόμενο της καύσης και αναγνώρισε τη σπουδαιότητα της ακρίβειας στις ποσοτικές μετρήσεις. Όρισε το σκοπό της χημείας ως εξής: «*Η χημεία πειραματιζόμενη με τα διάφορα σώματα της φύσης έχει σκοπό να τα διασπάσει, έτσι ώστε να είναι σε θέση να εξετάσει ξεχωριστά τις διαφορετικές ουσίες που συμμετέχουν στη σύνθεσή τους*». Στοιχειώδης Πραγματεία της Χημείας (Traité élémentaire de chimie 1789)

Joseph Louis Proust

(1754-1826). Γάλλος χημικός. Ήταν ο πρώτος που πέτυχε να απομονώσει ζάχαρη από σταφύλια.

1.10 Νόμοι των αερίων

Η συστηματική μελέτη των αερίων οδήγησε στη διαπίστωση ότι όλες οι ουσίες στην αέρια κατάσταση συμπεριφέρονται κατά τον ίδιο, περίπου, τρόπο όταν μεταβάλλεται η πίεση, ο όγκος ή η θερμοκρασία τους.

Το πρώτο αέριο που μελετήθηκε συστηματικά ήταν ο ατμοσφαιρικός αέρας και μάλιστα πολύ πριν γίνει γνωστό ότι πρόκειται για μείγμα διάφορων χημικών στοιχείων και ενώσεων.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας, αν και μίγμα αερίων, συμπεριφέρεται ως ένα αέριο.

Η κατάσταση ενός αερίου μπορεί να περιγραφεί με βάση τις ακόλουθες *παραμέτρους*:

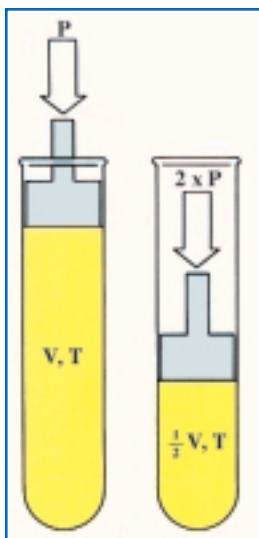
- τη μάζα (m),
- τον όγκο (V),
- την πίεση (P) και
- τη θερμοκρασία (T).

Κάθε συνδυασμός τιμών των παραμέτρων αυτών καθορίζει μια συγκεκριμένη *κατάσταση ισορροπίας* ενός αερίου. Η κατάσταση ισορροπίας μπορεί να μεταβληθεί όταν μεταβάλλονται δύο ή περισσότερες από αυτές τις παραμέτρους.

Η μελέτη της συμπεριφοράς μιας ορισμένης μάζας του αερίου πραγματοποιείται, συνήθως, διατηρώντας σταθερή μία από τις παραπάνω παραμέτρους, ενώ οι υπόλοιπες μεταβάλλονται.

Οι μεταβολές, οι οποίες πραγματοποιούνται διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία, ονομάζονται **ισόθερμες**. Οι μεταβολές, οι οποίες πραγματοποιούνται υπό σταθερή πίεση, ονομάζονται **ισοβαρείς** και οι μεταβολές, που πραγματοποιούνται υπό σταθερό όγκο, ονομάζονται **ισόχωρες**.

Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν μαθηματικές σχέσεις μεταξύ των παραπάνω παραμέτρων, οι οποίες είναι γνωστές ως **νόμοι των αερίων**.



Σχήμα 1.7: Πειραματική επαλήθευση του νόμου του Boyle. Ο δοκιμαστικός σωλήνας περιέχει ορισμένη μάζα αερίου, ο όγκος της οποίας μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την εξωτερική πίεση.

1.10.1 Νόμος του Boyle (Ισόθερμη μεταβολή)

Ο R. Boyle (Μπόιλ) παρατήρησε καταρχήν ότι, όταν διπλασιαστεί η πίεση που ασκείται σε ορισμένη μάζα ενός αερίου, υπό σταθερή θερμοκρασία, ο όγκος του υποδιπλασιάζεται (σχήμα 1.7). Επαναλαμβάνοντας τα πειράματά του με διαφορετικά αέρια και σε διάφορες πιέσεις, διατύπωσε τον ακόλουθο νόμο, ο οποίος ισχύει για όλα τα συνήθη αέρια και είναι γνωστός ως **νόμος του Boyle**:

Το γινόμενο της πίεσης επί τον όγκο μιας ορισμένης μάζας αερίου είναι σταθερό, όταν η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

$$P \cdot V = \text{σταθερό} \quad (T, m \text{ σταθερά})$$

Δηλαδή, ο όγκος που καταλαμβάνει μια ορισμένη μάζα αερίου είναι αντιστρόφως ανάλογος της πίεσης, όταν η θερμοκρασία παραμένει σταθερή:

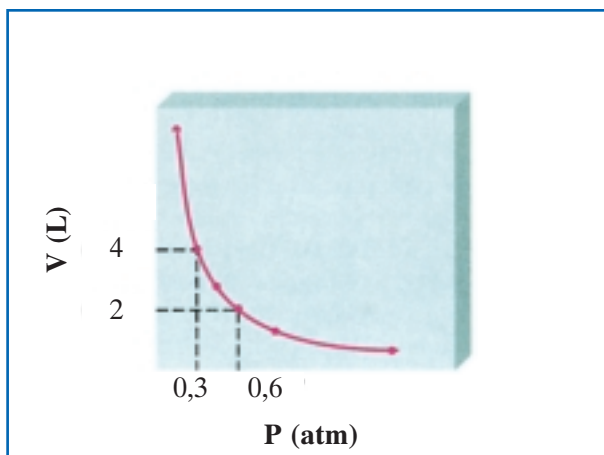
$$V \propto \frac{1}{P}$$

Το διάγραμμα του σχήματος 1.8 δείχνει τη μεταβολή του όγκου μιας ορισμένης μάζας αερίου σε συνάρτηση με την πίεση, όταν η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

Όταν η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, δύο διαφορετικές καταστάσεις ισορροπίας ορισμένης μάζας ενός αερίου συνδέονται με την ακόλουθη μαθηματική διατύπωση του νόμου του Boyle:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

όπου: P_1, V_1 και P_2, V_2 η πίεση και ο όγκος του αερίου στις δύο διαφορετικές καταστάσεις ισορροπίας.

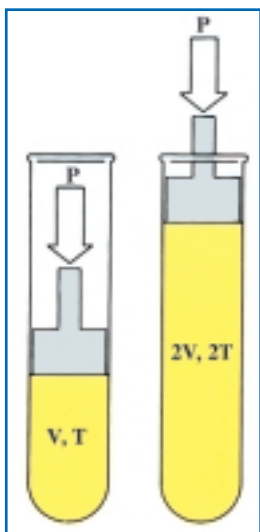


Σχήμα 1.8: Γραφική παράσταση της μεταβολής του όγκου ενός αερίου σε συνάρτηση με την πίεσή του, υπό σταθερή θερμοκρασία.

Το απόλυτο μηδέν αντιπροσωπεύει το σημείο μηδέν της κλίμακας θερμοκρασίας του Kelvin (κλίμακα απόλυτων θερμοκρασιών). Η σχέση μεταξύ των κλιμάκων θερμοκρασίας Kelvin και Celsius είναι η εξής:

$$T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273.15$$

Για την απλοποίηση των υπολογισμών προστίθεται ο αριθμός 273.



Σχήμα 1.9: Πειραματική επαλήθευση του νόμου του Charles. Ο δοκιμαστικός σωλήνας περιέχει ορισμένη μάζα αερίου, ο όγκος της οποίας μεταβάλλεται ανάλογα με την απόλυτη θερμοκρασία.

1.10.2 Νόμος του Charles (Ισοβαρής μεταβολή)

Ο J. A. Charles (Σαρλ), μελέτησε τη μεταβολή του όγκου των αερίων σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, όταν η πίεση παραμένει σταθερή.

Ο Charles διαπίστωσε ότι αύξηση της θερμοκρασίας του αερίου κατά $1^{\circ}C$ προκαλεί αύξηση του όγκου του κατά $\frac{1}{273} \cdot V_0$, όπου V_0 ο όγκος που καταλαμβάνει η συγκεκριμένη μάζα του αερίου στους $0^{\circ}C$.

Αντίθετα, όταν το αέριο ψύχεται κατά $1^{\circ}C$, ο όγκος του μειώνεται κατά $\frac{1}{273} \cdot V_0$.

Επομένως, ο όγκος των αερίων πρέπει να μηδενίζεται στους $-273^{\circ}C$. Η θερμοκρασία των $-273^{\circ}C$ (για ακρίβεια $-273,15^{\circ}C$) ονομάζεται *απόλυτο μηδέν* και θεωρείται η ελάχιστη θερμοκρασία που μπορεί να επιτευχθεί.

Το 1787 ο Charles διατύπωσε τον ακόλουθο νόμο, ο οποίος είναι γνωστός ως νόμος του Charles:

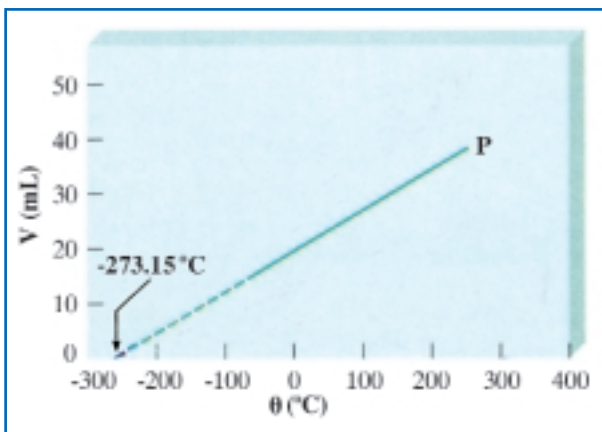
Ο όγκος μιας ορισμένης μάζας αερίου είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας του, όταν η πίεση παραμένει σταθερή.

$$V \propto T$$

ή

$$\frac{V}{T} = \text{σταθερό} \quad (m, P \text{ σταθερά})$$

Το διάγραμμα του σχήματος 1.10 δείχνει τη μεταβολή του όγκου μιας ορισμένης μάζας αερίου σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, όταν η πίεση παραμένει σταθερή.



Σχήμα 1.10: Γραφική παράσταση της μεταβολής του όγκου ενός αερίου σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του, υπό σταθερή πίεση.

1.10.3 Νόμος του Gay – Lussac (Ισόχωρη μεταβολή)

Ο J. Gay-Lussac (Γκέι-Λουσάκ), σύγχρονος του Charles, παρατήρησε πρώτος ότι η πίεση ορισμένης μάζας αερίου είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας του, όταν ο όγκος του διατηρείται σταθερός. Η πρόταση αυτή είναι γνωστή ως **νόμος του Gay-Lussac** και μαθηματικά διατυπώνεται ως εξής:

$$P \propto T$$

ή

$$\frac{P}{T} = \text{σταθερό} \quad (m, V \text{ σταθερά})$$

1.10.4 Συνδυασμένος νόμος των αερίων

Οι μαθηματικές σχέσεις που προέκυψαν από τους νόμους των Boyle, Charles και Gay - Lussac

Δύο διαφορετικές καταστάσεις ισορροπίας ορισμένης μάζας ενός αερίου συνδέονται με τις ακόλουθες μαθηματικές διατυπώσεις των νόμων των Charles και Gay – Lussac, για σταθερή πίεση και όγκο αντίστοιχα:

Νόμος Charles:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Νόμος Gay - Lussac:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

όπου: P_1, V_1 η πίεση και ο όγκος του αερίου σε θερμοκρασία T_1 και P_2, V_2 η πίεση και ο όγκος του αερίου σε θερμοκρασία T_2 .

μπορούν να συγχωνευθούν στην παρακάτω σχέση, η οποία είναι γνωστή ως συνδυασμένος νόμος των αερίων:

$$\frac{P \cdot V}{T} = \text{σταθερό} \quad (n \text{ σταθερό})$$

Όπως οι επιμέρους νόμοι, έτσι και ο συνδυασμένος ισχύει **μόνο όταν** η μάζα του αερίου παραμένει σταθερή.

Επειδή ο όγκος μιας ορισμένης μάζας αερίου μεταβάλλεται τόσο με την πίεση, όσο και με τη θερμοκρασία, δεν είναι αρκετό να αναφέρεται μόνο η τιμή του, αλλά και οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας υπό τις οποίες μετρήθηκε.

Για να είναι συγκρίσιμοι οι όγκοι των αερίων, ανάγονται, συνήθως, στις **πρότυπες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης (STP)**, οι οποίες καθορίστηκαν ως εξής:

0°C (273,15K) και 1 atm (760 mm Hg).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Η ύλη μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο κατηγορίες: τις καθαρές ουσίες και τα μίγματα.

Τα μίγματα διακρίνονται σε ομογενή (ή διαλύματα) και σε ετερογενή, ενώ οι καθαρές ουσίες διακρίνονται σε χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις. Τα χημικά στοιχεία σημειώνονται με χημικά σύμβολα, ενώ οι χημικές ενώσεις με χημικούς τύπους.

Μάζα (m) ενός σώματος ορίζεται η ποσότητα της ύλης που έχει το σώμα.

Βάρος (B) ενός σώματος είναι η ελκτική δύναμη που ασκείται στο σώμα από τη Γη και εξαρτάται από τη μάζα του. Η μάζα ενός σώματος παραμένει σταθερή, ενώ το βάρος του μεταβάλλεται.

Όγκος (V) ενός σώματος είναι ο χώρος που αυτό καταλαμβάνει.

Πυκνότητα (ρ) ονομάζεται το πηλίκο της μάζας ενός σώματος προς τον όγκο τον οποίο καταλαμβάνει. Η πυκνότητα είναι ανεξάρτητη από την ποσότητα της ύλης που εξετάζεται.

Οι διάφορες ουσίες συναντώνται σε στερεή, υγρή ή αέρια μορφή, οι οποίες ονομάζονται καταστάσεις της ύλης.

Η ύλη μπορεί να υποστεί διάφορες μεταβολές. Αν οι μεταβολές δε συνοδεύονται από σχηματισμό νέων ουσιών, ονομάζονται φυσικά φαινόμενα, ενώ αν σχηματίζονται νέες ουσίες ονομάζονται χημικά φαινόμενα.

Η κατάσταση ισορροπίας ενός αερίου μπορεί να περιγραφεί με βάση τη μάζα, τον όγκο, την πίεση και τη θερμοκρασία του. Οι νόμοι των αερίων περιγράφουν μεταβολές των καταστάσεων ισορροπίας.

Οι πρότυπες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης (STP) ορίζονται ως 0°C ($273,15\text{K}$) και 1 atm (760 mm Hg).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Να δοθούν οι ορισμοί των λέξεων: α) ύλη, β) μάζα, γ) βάρος, δ) καθαρή ουσία και ε) μίγμα.
2. Να γίνει η αντιστοίχιση των σωμάτων της στήλης (I) με την κατηγορία σωμάτων της στήλης (II):

(I)	(II)
αποσταγμένο νερό	ετερογενές μίγμα
θαλασσινό νερό	διάλυμα
ράβδος χρυσού	χημική ένωση
λάσπη	στοιχείο
ατμοσφαιρικός αέρας	
βενζίνη	
ψαρόσουπα	

3. Να συμπληρωθούν τα κενά στον ακόλουθο πίνακα:

Χημικό στοιχείο	Άργυρος		Νάτριο				Χλώριο	Χρόμιο
Χημικό σύμβολο		He		Ca	Ni	Fe		

4. Να γίνει η αντιστοίχιση των μονάδων μέτρησης της στήλης (I) με το μέγεθος που αυτή μετράει στη στήλη (II):

(I)	(II)
1N	μάζα
1mL	βάρος
1kg	όγκος
1kg/m ³	πυκνότητα
1dm ³	
1L	
1g/L	

5. α) Το νερό έχει πυκνότητα 1 g/mL στους 20°C . Ποια είναι η μάζα του νερού που περιέχεται σε ένα μπουκάλι νερό $1,5 \text{ L}$, στους 20°C ;
- β) Η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε συνθήκες πίεσης 1 atm και θερμοκρασίας 25°C είναι $1,19 \text{ g/L}$. Πόση μάζα αέρα (σε kg) περιέχεται σε ένα δωμάτιο διαστάσεων $5\text{m} \times 5\text{m} \times 4\text{m}$;
6. Πυκνόμετρο είναι ένα γυάλινο δοχείο που μπορεί να γεμίζει πάντα με τον ίδιο ακριβώς όγκο υγρού και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της πυκνότητας των υγρών. Ένα πυκνόμετρο, όταν είναι άδειο ζυγίζει $25,3 \text{ g}$. Γεμάτο με νερό στους 20°C , ζυγίζει $35,3 \text{ g}$. Το πυκνόμετρο γεμίζει με ένα άγνωστο υγρό και βρίσκεται ότι ζυγίζει $33,8 \text{ g}$, στους 20°C .
- α) Ποιος είναι ο όγκος του πυκνόμετρου σε mL ;
- β) Ποια είναι η πυκνότητα του άγνωστου υγρού σε g/mL , στους 20°C ;
- Η πυκνότητα του νερού στους 20°C είναι 1 g/mL .

7. Να γίνει η αντιστοίχιση των παρατηρήσεων της στήλης (I) με το φαινόμενο της στήλης (II):

(I)	(II)
<ul style="list-style-type: none"> • Το χειμώνα, που ξαναφορούνται τα μάλλινα ρούχα, η ναφθαλίνη που είχε τοποθετηθεί σε αυτά δεν υπάρχει. 	τήξη
<ul style="list-style-type: none"> • Το καλοκαίρι, στην επιφάνεια των βράχων που βρέχονται από τη θάλασσα σχηματίζεται ένα στρώμα αλατιού. 	πήξη
<ul style="list-style-type: none"> • Τα κρύα πρωινά του χειμώνα τα τζάμια του αυτοκινήτου θαμπώνουν. 	υγροποίηση
<ul style="list-style-type: none"> • Το χειμώνα στις βόρειες χώρες το νερό στις περισσότερες λίμνες των πάρκων είναι παγωμένο. 	εξάτμιση
<ul style="list-style-type: none"> • Όταν προστεθεί ένα παγάκι σε ένα ποτήρι νερό, μετά από λίγο «εξαφανίζεται». 	εξάχνωση
<ul style="list-style-type: none"> • Αν αφεθεί στο αναμμένο μάτι της κουζίνας ένα μπρίκι με νερό, μετά από λίγο ελευθερώνονται στην επιφάνεια φυσαλίδες. 	βρασμός

8. Τρία δοχεία Α, Β και Γ περιέχουν νερό που βράζει και βρίσκονται αντίστοιχα σε μια παραλιακή πόλη, στην κορυφή του Έβερεστ και στην κορυφή του Ολύμπου. Να επιλεγεί η σχέση που συνδέει τις θερμοκρασίες θ_A , θ_B και θ_Γ του νερού στο καθένα από τα τρία δοχεία, αντίστοιχα:
- α. $\theta_A < \theta_B < \theta_\Gamma$ γ. $\theta_B < \theta_\Gamma < \theta_A$
β. $\theta_A = \theta_B = \theta_\Gamma$ δ. $\theta_B > \theta_\Gamma > \theta_A$.
9. Μία σιδερένια βέργα λιώνει, σκουριάζει ή λυγίζει. Ένα κομμάτι καμφοράς θρυμματίζεται ή εξαχνώνεται. Ένα ξύλινο σανίδι πριονίζεται, καίγεται ή σαπίζει. Ποιες από τις παραπάνω μεταβολές είναι φυσικά και ποιες χημικά φαινόμενα; Να δικαιολογηθεί η απάντηση.
10. Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχεται ορισμένη ποσότητα ενός αερίου, θερμοκρασίας T και πίεσης P . Αν αυξηθεί η θερμοκρασία του αερίου, η πίεσή του:
- α. δε θα μεταβληθεί
β. θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί ανάλογα με το είδος του αερίου
γ. θα αυξηθεί
δ. θα ελαττωθεί.
- Να επιλεγεί η σωστή απάντηση.
11. α) Το φυσικό αέριο (μεθάνιο) καίγεται παρουσία οξυγόνου και σχηματίζεται νερό και διοξείδιο του άνθρακα. Βρέθηκε πειραματικά ότι 4 g φυσικού αερίου αντιδρούν με 16 g οξυγόνου και παράγονται 9 g νερού. Είναι αυτές οι πληροφορίες αρκετές για να υπολογιστεί η μάζα του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται; Αν ναι, ποια είναι αυτή;
- β) Το κυκλοπροπάνιο, ένα ισχυρό αναισθητικό, είναι μια χημική ένωση που αποτελείται από άνθρακα και υδρογόνο ενωμένα με αναλογία: 1 g υδρογόνου προς 6 g άνθρακα. Εάν μία συγκεκριμένη ποσότητα κυκλοπροπανίου βρέθηκε ότι περιέχει 24 g υδρογόνου, πόσα g άνθρακα θα περιέχει;
12. α) Ένα μετεωρολογικό μπαλόνι γεμίζει με υδρογόνο και αποκτά όγκο 150 L σε πίεση 1 atm. Ποιος θα είναι ο όγκος του μπαλονιού όταν ανέλθει σε ύψος 2500 m, όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι 0,75 atm; Υποθέτουμε ότι η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

β) Ένα μπαλόνι γεμίζει με ήλιο και αποκτά όγκο 1,6 L σε πίεση 1 atm και θερμοκρασία 25°C. Ποιος θα είναι ο όγκος του μπαλονιού εάν αυτό ψυχθεί στους -196°C; Υποθέτουμε ότι η πίεση παραμένει σταθερή.

γ) Το ελαστικό ενός αυτοκινήτου έχει σταθερό όγκο και η πίεση του αέρα που περιέχει είναι 2,5 atm σε θερμοκρασία 20°C. Ποια θα είναι η πίεση του ελαστικού σε θερμοκρασία 40°C και -5°C.

13. Ένα αέριο καταλαμβάνει όγκο 10 L στους 25°C και σε πίεση 850 mm Hg. Ποιος θα είναι ο όγκος του αερίου σε STP;