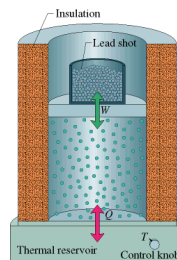
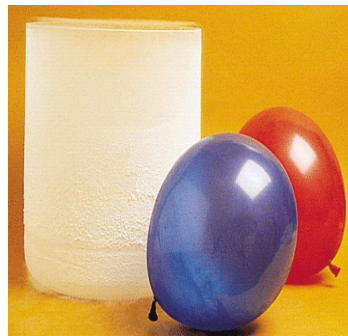


ΤΟ ΜΟΛ ΣΤΑ ΑΕΡΙΑ

Η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων



Ελένη Δανίλη, Χημικός, Msc., Ph.D

► Η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων

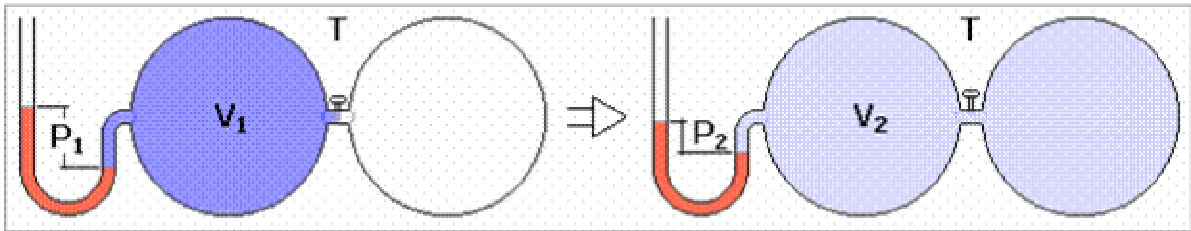
Έχεις ποτέ χρησιμοποιήσει τρόμπα για να φουσκώσεις το λάστιχο του ποδηλάτου σου; Αν ναι θα θυμάσαι ότι μπορούμε να συμπιέσουμε τα αέρια.

Η πίεση μέσα στα λάστιχα γίνεται μεγαλύτερη όσο περισσότερη ποσότητα αέρα βάζεις. Επίσης υπάρχει μία αντίστροφη σχέση μεταξύ της πίεσης ενός αερίου και του όγκου του. Για παράδειγμα όταν αυξάνεται η πίεση ενός αερίου τότε ο όγκος του μικραίνει.

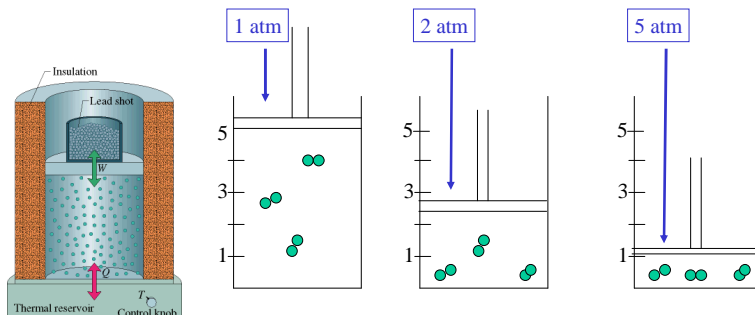
Σχέση Πίεσης - Όγκου ενός αερίου

Πρώτος ο Ιρλανδός Robert Boyle κατά τη δεκαετία του 1660, δουλεύοντας σε πειράματα με τη συσκευή που βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα διαπίστωσε ότι:

καθώς αυξάνεται ο όγκος ενός αερίου, η πίεση του ελαττώνεται - όχι με τυχαίο τρόπο αλλά - έτσι ώστε η τιμή του να είναι αντιστρόφως ανάλογη του όγκου, ή, με άλλα λόγια, ότι το «γινόμενο της πίεσης του αέρα επί τον όγκο του να διατηρείται σταθερό».



Effect of Pressure on Volume Boyle's Law



Στα πειράματα του ο Robert Boyle δεν έδωσε σημασία στη θερμοκρασία (τότε ακόμα δεν είχαν ανακαλυφτεί τα θερμόμετρα). Αυτό έγινε αργότερα όταν ο Γάλλος ιερέας και ερευνητής Edmé Mariotte, είπε για να ισχύει το $pV = \text{σταθερό}$ πρέπει, κατά τη διάρκεια της συμπίεσης, η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ του αέρα να είναι ΣΤΑΘΕΡΗ.

Σχέση Θερμοκρασίας - Όγκου ενός αερίου

Η παρακάτω φωτογραφία δείχνει ότι όταν ψύχεται μία συγκεκριμένη ποσότητα ενός αερίου και η πίεση του παραμένει ή ίδια τότε ο όγκος του μικραίνει. Δηλαδή όταν μικραίνει η θερμοκρασία ενός αερίου μικραίνει και ο όγκος του.



Μπορείς να εξηγήσεις αυτό το φαινόμενο σε σχέση με την κίνηση και την τοποθέτηση των μορίων του αερίου;

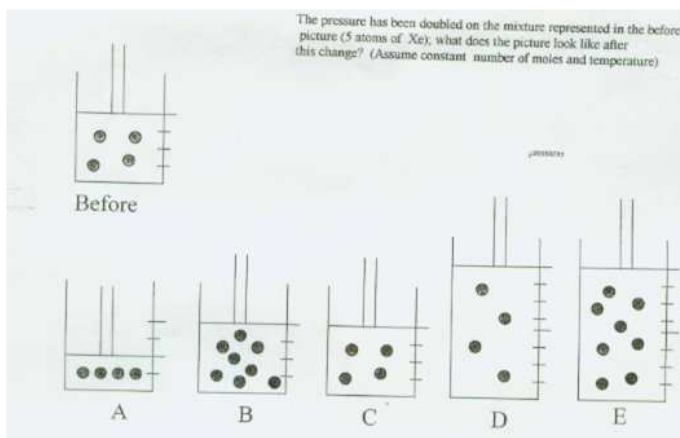
Ερωτήσεις κατανόησης:

Στις εικόνες βλέπουμε ένα δοχείο που περιέχει 5 άτομα Xe

Ερώτηση 1:

Η πίεση στο δοχείο διπλασιάζεται.

Ποια εικόνα αντιπροσωπεύει καλύτερα τώρα το αέριο;



Ερώτηση 2:

Η θερμοκρασία στο δοχείο αυξάνεται (η πίεση του παραμένει η ίδια).

Ποια εικόνα αντιπροσωπεύει τώρα το αέριο;

Which picture represents what the gas will look like when the moles of gas is doubled?
(Assume constant P, T)

Before

A B C D E

Η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων

Όλες τις παραπάνω παρατηρήσεις μπορούμε να τις συμπυκνώσουμε σε μία εξίσωση. Η εξίσωση που συνδέει όλα αυτά τα μεγέθη λέγεται **καταστατική εξίσωση** των ιδανικών αερίων (ιδανικά είναι τα αέρια που υπακούουν στην καταστατική εξίσωση για οποιαδήποτε τιμή πίεσης και θερμοκρασίας).

Η καταστατική εξίσωση με λόγια και με σύμβολα είναι:

$$\text{Παγκόσμια Σταθερά αερίων} = \frac{\text{Πίεση} \times \text{Όγκο}}{\text{Θερμοκρασία}}, \quad R = \frac{p \times V}{T}$$

ή

$$p V = n R T$$

p = πίεση σε atm

V = όγκος σε L (ή m³)

n = αριθμός moles

T = Θερμοκρασία σε Kelvin (T = 273 + θ⁰ C)

R = σταθερά των αερίων = 0,082 atm x L/mole x K

Προσοχή!!! στην καταστατική εξίσωση πρέπει να χρησιμοποιούμε για τα μεγέθη πάντα τις μονάδες που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα. Δηλαδή για την θερμοκρασία βαθμούς Kelvin, για την πίεση atm, και για τον όγκο L όταν η σταθερά δίνεται σε:

R= 0,082 atm x L/mole x K.

Όταν η σταθερά δίνεται σε 8,314 J /K. Mol τότε η πίεση θα πρέπει να είναι σε μονάδες N/m²

Συνοψίζοντας καταλαβαίνουμε ότι ο όγκος μίας ορισμένης ποσότητας ενός αερίου σώματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση του δοχείου στο οποίο βρίσκεται.

Οι έννοιες: **ποσότητα σωματιδίων, πίεση, θερμοκρασία και όγκος** συνδέονται με τέτοιο τρόπο που αν μεταβάλουμε ένα φυσικό μέγεθος μεταβάλλονται και τα άλλα μεγέθη.

Παράδειγμα 1:

Μία ποσότητα χλωρίου καταλαμβάνει όγκο 946 mL σε πίεση 726 mmHg. Ποια είναι η πίεση του αερίου (σε mmHg) αν ο όγκος του ελαττωθεί σε 154 mL;

<i>Δεδομένα:</i>	<i>Ζητούμενα</i>
$P_1 = 726 \text{ mmHg}$	$P_2 = ?$
$V_1 = 946 \text{ mL}$	
$V_2 = 154 \text{ mL}$	
$R = 0,082 \text{ atm} \times \text{L/mole} \times \text{K}$.	

Κάνουμε χρήση της μαθηματικής έκφρασης: $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

$$P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2}$$

$$P_2 = 726 \text{ mmHg} \times 946 \text{ mL} / 154 \text{ mL} = 4460 \text{ mmHg}$$

Παράδειγμα 2:

Το Αργό είναι ένα αδρανές αέριο που χρησιμοποιείται στους λαμπτήρες για να επιβραδύνεται η εξάχνωση του νήματος. Ένας λαμπτήρας περιέχει Αργό σε πίεση 1,20 atm και θερμοκρασία 18⁰C σε δεδομένο όγκο. Όταν ο λαμπτήρας θερμαίνεται στους 85⁰C ποια είναι η τελική πίεση του αργού στον λαμπτήρα (σε atm);

**Δεδομένα**

$$P1 = 1.20 \text{ atm}$$

$$T1 = 291 \text{ K}$$

$$T2 = 358 \text{ K}$$

Ζητούμενα

$$P2 = ?$$

Κάνουμε χρήση της καταστατικής εξίσωσης:

$$P1V = nRT1 \quad (1) \quad \text{αυτή η εξίσωση μπορεί να γραφτεί και ως}$$

$$P2V = nRT2 \quad (2)$$

$$n = \frac{P1 \times V}{R \times T1} = \frac{P2 \times V}{R \times T2}$$

Τα n, V και R είναι σταθερά. Διαιρούμε κατά μέλη τις εξισώσεις 1 και 2 και έχουμε

$$\frac{P1 \times V}{P2 \times V} = \frac{n \times R \times T1}{n \times R \times T2}$$

Άρα έχουμε

$$\frac{P1}{P2} = \frac{T1}{T2} \Leftrightarrow P2 = P1 \times T2 / T1 = 1.20 \text{ atm} \times 358 \text{ K} / 291 \text{ K} = \dots \text{ atm}$$

Παράδειγμα 3

Έχεις μία ποσότητα ενός αερίου που καταλαμβάνει όγκο 30,0 mL σε 25°C και πίεση 0,600 atm.
 Πόσα moles του αερίου έχεις;
 Ποιος είναι ο όγκος του αερίου αυτού σε STP συνθήκες;

<i>Δεδομένα:</i>	<i>Ζητούμενα</i>
V₁ = 30,0 mL = 0,03L	n = ;
P₁ = 0,600 atm.	V₀ = ; mL
T₁ = 273 + 25°C = 298 °K	
R = 0,082 atm x L/mole x K	
Σε STP συνθήκες	
P₀ = 1 atm.	
T₀ = 273 + 0°C = 273 K	

Κάνουμε χρήση της καταστατικής εξίσωσης: **PV = n R T (1)**

Εύρεση των moles:

Επιλύουμε την καταστατική εξίσωση (1) ως προς το n, αντικαθιστούμε τα δεδομένα μας (αφού προσέξουμε τις μονάδες) και βρίσκουμε τα moles του αερίου:

$$n = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{0,600 \times 0,03}{0,082 \times 298} = \dots \text{ moles}$$

Εύρεση του όγκου

Για να βρούμε τον όγκο του αερίου σε STP συνθήκες επιλύουμε την καταστατική εξίσωση ως προς τον όγκο:

$$P_0 V_0 = n R T_0 \quad \Leftrightarrow \quad V_0 = n R T_0 / P_0$$

Άσκηση

Μία ποσότητα αερίου καταλαμβάνει όγκο 20,0 mL σε θερμοκρασία 25°C και πίεση 1,00 atm.
 Τι όγκο θα καταλαμβάνει στην ίδια πίεση και σε θερμοκρασία 50°C;
 Αν ήταν μπαλόνι, τι θα συνέβαινε σε αυτό; Θα μεγάλωνε η θα μίκραινε;
 Θα ήταν διπλάσιο; Είναι η θερμοκρασία διπλάσια;

Χρήση της καταστατικής για την εύρεση της Πυκνότητας ή της Μοριακής μάζας ενός αερίου

Τρεις εξισώσεις σε μία

Γνωρίζουμε:

1. Την καταστατική εξίσωση, $PV = n R T$

2. Την εξίσωση της πυκνότητας

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

3. Την εξίσωση του mole

$$n = \frac{m}{M_r} \quad (m \text{ είναι η μάζα του αερίου σε g})$$

$(M_r \text{ είναι η Μοριακή μάζα του αερίου})$

Πως μπορούμε να έχουμε τρεις εξισώσεις σε μία ;

$$PV = n R T \Leftrightarrow P = \frac{n R T}{V} = \frac{\frac{m}{M_r} R T}{V} = \frac{m}{M_r V} R T = \frac{\rho R T}{M_r}$$

Έτσι η εξίσωση που δίνει την πυκνότητα διαμορφώνεται ως εξής:

$$\rho = \frac{P M_r}{R T} \quad (\rho \text{ είναι η πυκνότητα του αερίου σε g/L})$$

Ενώ η εξίσωση που δίνει το M_r διαμορφώνεται ως εξής:

$$M_r = \frac{\rho R T}{P}$$

Παράδειγμα 4: Εύρεση της πυκνότητας ενός αερίου

Πόση είναι η πυκνότητα του οξυγόνου (O_2) σε πίεση 8 atm και θερμοκρασία 273 °K;
(Ar O = 16)

Δεδομένα

$$P = 8 \text{ atm}$$

$$T = 273 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$Mr = 32$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \times \text{L/mole} \times \text{K}$$

Ζητούμενα

$$\rho = ? \text{ (σε g/L)}$$

$$\rho = \frac{P Mr}{R T} = \frac{8 \text{ atm} \times 32\text{g/mol}}{0,082 \times 273 \text{ }^\circ\text{K}} = 5,71 \text{ g/L}$$

Υπολόγισε την πυκνότητα N_2 σε g/L που βρίσκεται στους 25°C και σε πίεση 0.968 atm

Παράδειγμα 5: Εύρεση της Σχετικής Μοριακής μάζας ενός αερίου

A. Υπολόγισε την Σχετική Μοριακή Μάζα ενός αερίου που έχει πυκνότητα 1.782 g/L στους 27°C και σε πίεση 670 mm Hg.

B. 256 mL ενός άγνωστου αερίου ζυγίζουν 0,624g σε θερμοκρασία 298K και πίεση 101325 N/m²

(1 pascal (Pa) = 1 N/m², 1 atm = 101,325 Pa = 101,325 N/m²)