



National and Kapodistrian University of Athens -1837

Department of Agricultural Development, Agrofood and Management of Natural Resources

Φυσική Περιβάλλοντος :

“Αρχές Φυσικής - Νόμοι Αερίων “

Καθ. Μιχάλης Γρ Βραχόπουλος

Δρ. Δήμητρα Παπαδάκη, συγγραφέας

Energy and Environmental Research Laboratory



Αέρια

Τα σώματα σε αέρια κατάσταση είναι η πιο διαδεδομένη μορφή σωμάτων που βρίσκονται στο περιβάλλον μας, στη Γη.

Η ατμόσφαιρα της Γης αποτελείται από

- άζωτο (περιεκτικότητα 78% v/v),
- οξυγόνο (περιεκτικότητα 21% v/v),

αλλά

- και αργό, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο κ.λπ.

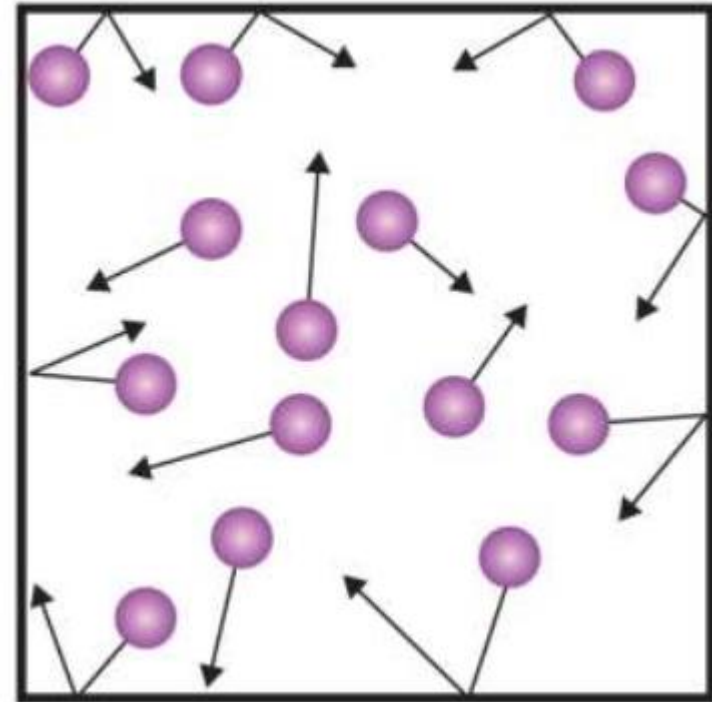
Χαρακτηριστικά των αερίων

Ένα αέριο αποτελείται από σωματίδια (μόρια ή άτομα).

Οι αποστάσεις μεταξύ των σωματιδίων είναι μεγάλες.

Οι δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων είναι πολύ μικρές.

Τα σωματίδια βρίσκονται σε διαρκή κίνηση και συγκρούονται μεταξύ τους ή με τα τοιχώματα του χώρου όπου μέσα βρίσκονται.



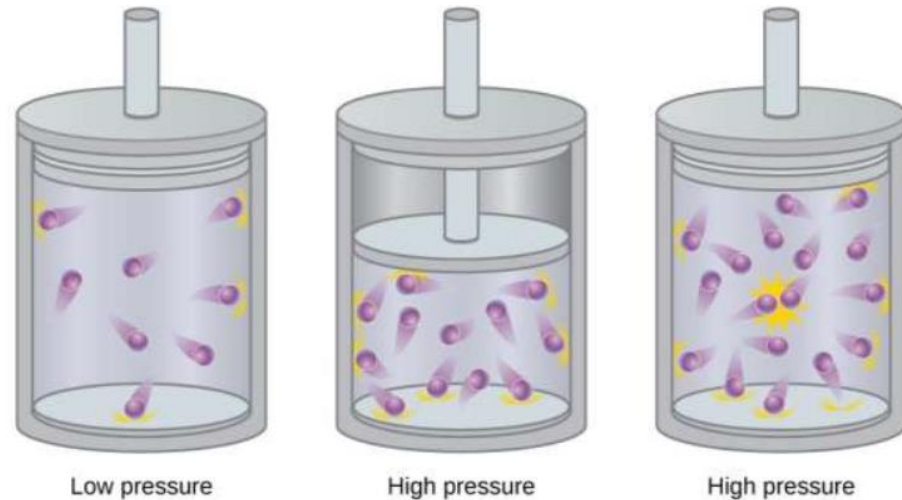
Παρουσιάζουν μεγάλη συμπιεστότητα.

Δεν έχουν σταθερό σχήμα και όγκο.

Η ταχύτητα των σωματιδίων και ο όγκος τους μεταβάλλονται με την μεταβολή της θερμοκρασίας τους.

Συνήθως έχουν χαμηλή πυκνότητα.

Αναμειγνύονται πολύ εύκολα.



Αντίθετα τα στερεά. ...

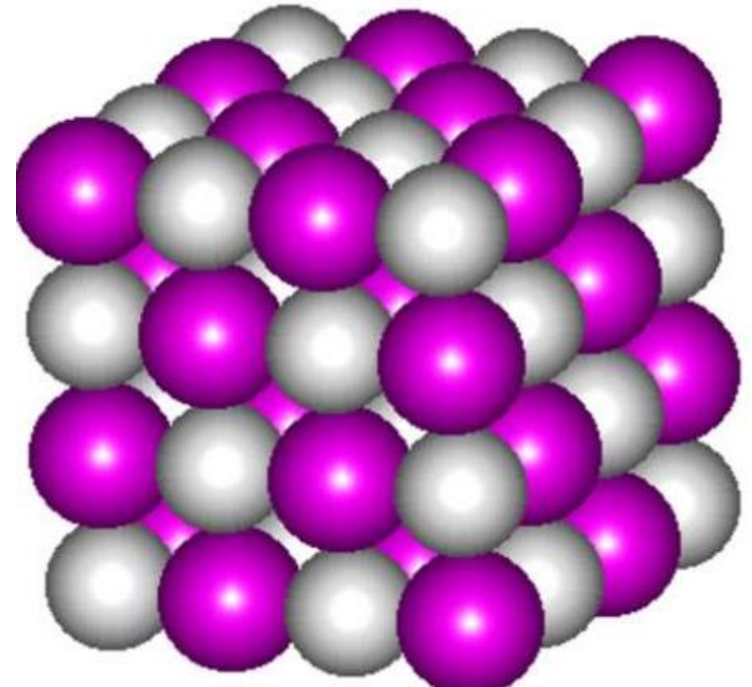
Παρουσιάζουν μεγάλο ιξώδες. (ένα μέτρο της αντίστασης που αυτό παρουσιάζει στη σταδιακή παραμόρφωσή του μετά από διατμητική ή εντατική τάση, που εκφράζεται επίσης και με την αντίσταση που προβάλλει κατά τη ροή του).

Για υγρά το ιξώδες...

ειδικότερα, αντιστοιχεί στην ιδιότητα της «πηκτότητας».

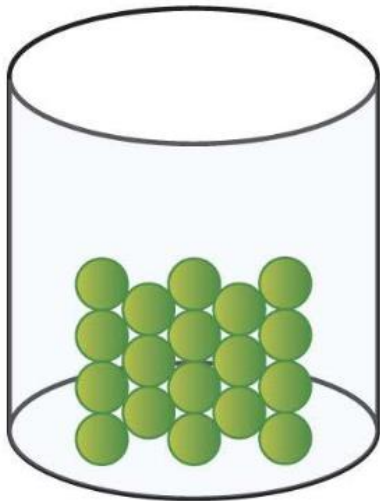
Τα σωματίδια των στερεών

βρίσκονται σε μικρή απόσταση
μεταξύ τους,
οι δυνάμεις που αναπτύσσονται
ανάμεσά τους είναι ισχυρές,
έχουν ορισμένο σχήμα και όγκο,
ταλαντώνονται και δεν
μετατοπίζονται.

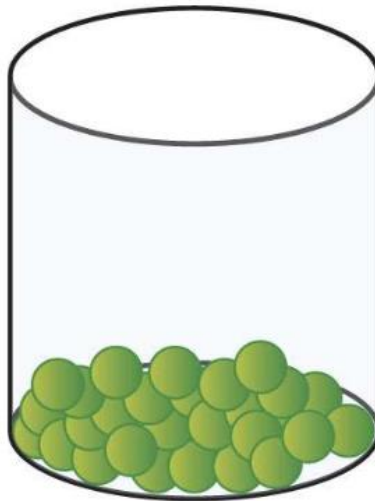


Τα σωματίδια των υγρών

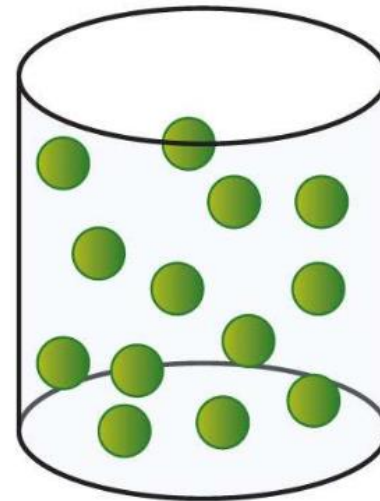
βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους,
οι δυνάμεις που αναπτύσσονται ανάμεσά τους είναι σημαντικές,
έχουν ορισμένο όγκο αλλά όχι δικό τους σχήμα.



Solid

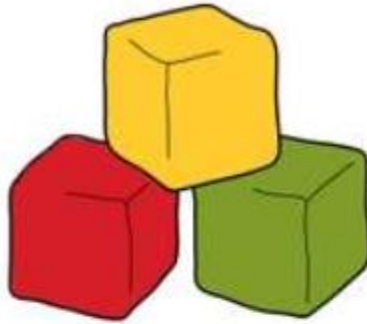


Liquid



Gas

Solids



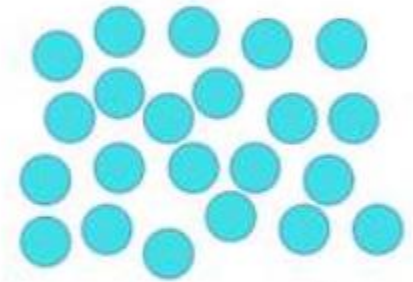
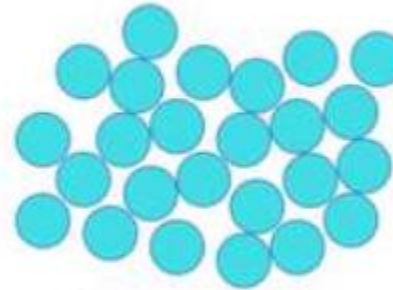
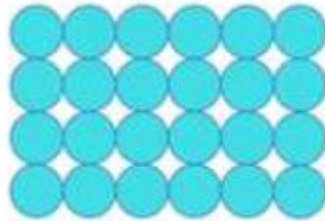
Liquids



Gasses



Diagram



Arrangement of particles

Close together and a regular pattern

Close together and a random arrangement

Far apart and a random arrangement

Movement of particles

Vibrate on the spot

Move around each other

Move quickly in all directions

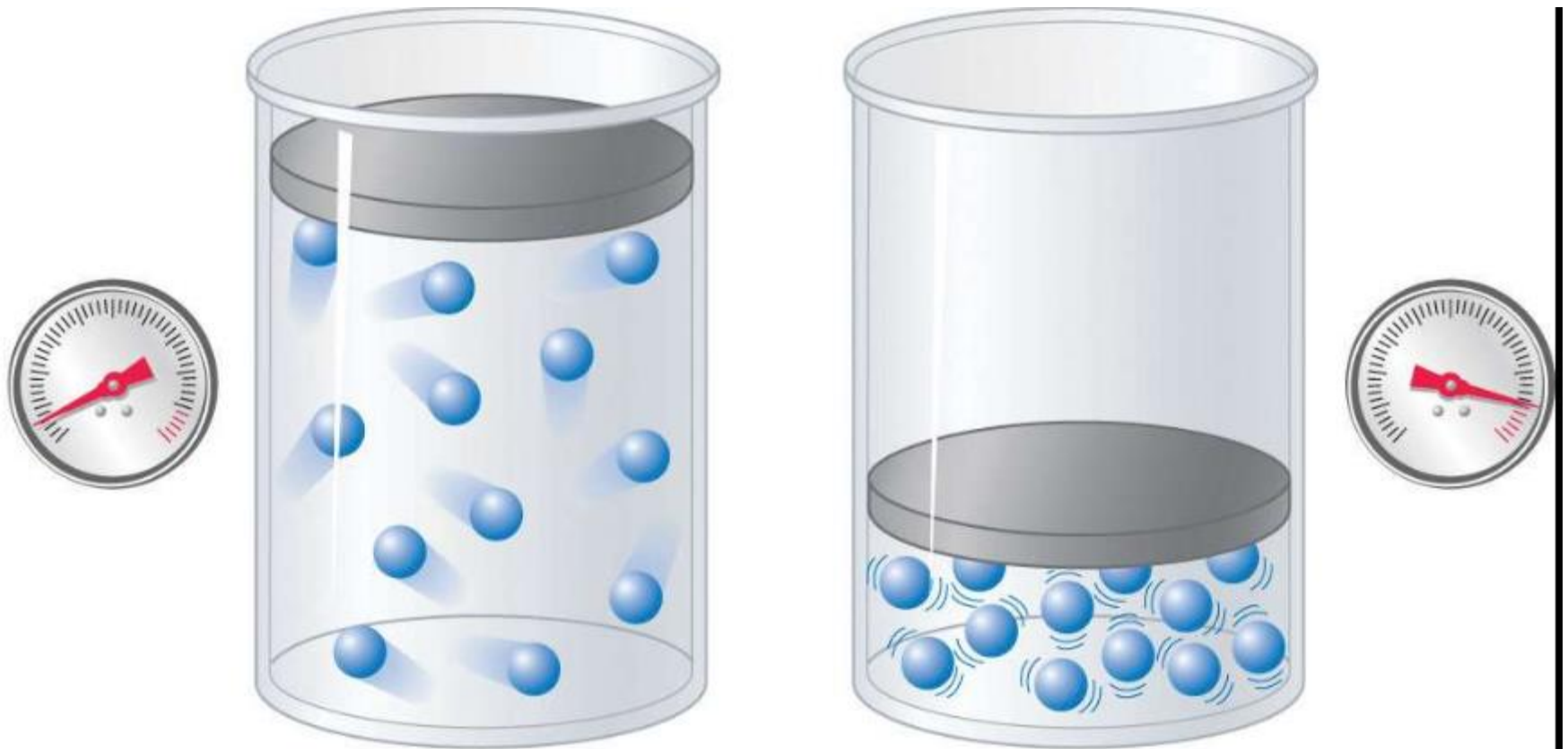
Energy

Low

Medium

High

αερια



(a) Low pressure

(b) High pressure

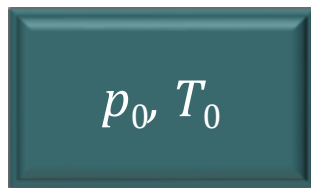
Νόμοι των αερίων

Για να περιγραφεί η συμπεριφορά μιας ποσότητας αερίου, χρειάζεται να γνωρίζουμε τις τιμές των φυσικών μεγεθών: **πίεση (p)**, **όγκος (V)**, **θερμοκρασία (T)**.

Τα μεγέθη αυτά είναι οι θερμοδυναμικές μεταβλητές του ιδανικού αερίου.

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R = C(\Sigma \text{ταθερό})$$

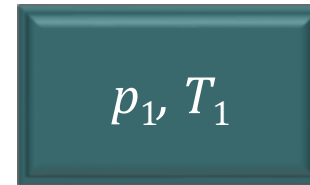
Ένα θερμοδυναμικό σύστημα είναι σε θερμοδυναμική ισορροπία, όταν οι θερμοδυναμικές μεταβλητές (p, V, T) που το περιγράφουν έχουν την ίδια τιμή σε όλη την έκταση του αερίου.



Κατάσταση
ισορροπίας
A



Κατάσταση
μη ισορροπίας



Κατάσταση
ισορροπίας
B

Reference:
www.merkopanas.blogspot.gr

Πίεση p είναι το μονόμετρο μέγεθος που υπολογίζεται από το πηλίκο του μέτρου της δύναμης F προς το εμβαδόν της επιφάνειας, που ασκείται κάθετα στην επιφάνεια A .

$$p = \frac{F}{A}$$

$$1\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$1\text{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{Pa} \approx 10^5 \text{Pa} = 1\text{Bar}$$

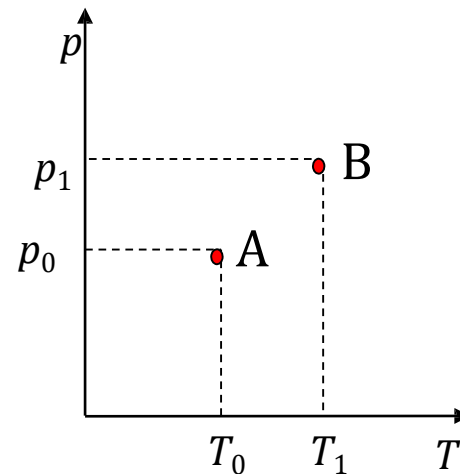
Μονάδα θερμοκρασίας στο SI **$T = 273 + \theta$ (K)**

Μονάδα όγκου στο S.I. είναι: 1m^3

$$1\text{m}^3 = 1000\text{Lit}$$

Η κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας ενός συστήματος μπορεί να παρασταθεί γραφικά στο επίπεδο με ένα σημείο.

$$\frac{p_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{p_B \cdot V_B}{T_B}$$

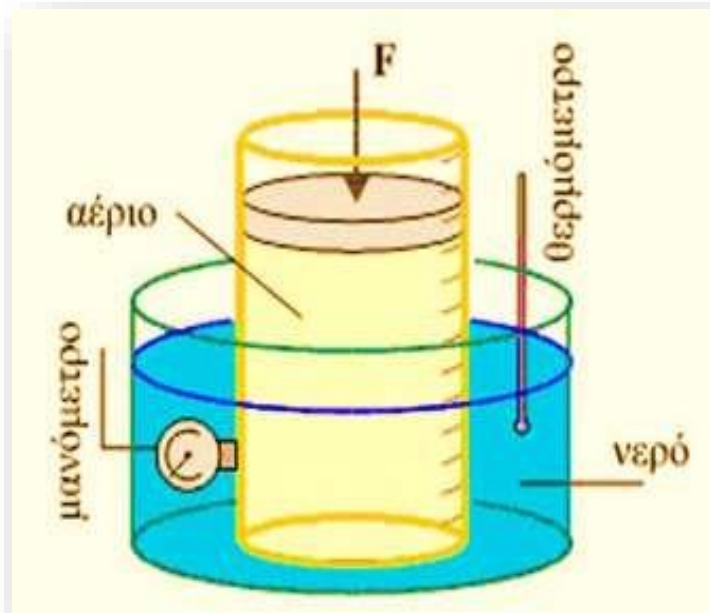


Ισόθερμη Μεταβολή

Νόμος του Boyle -Mariotte

Η πίεση ορισμένης ποσότητας αερίου, του οποίου η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, είναι αντίστροφα ανάλογη με τον όγκο του.

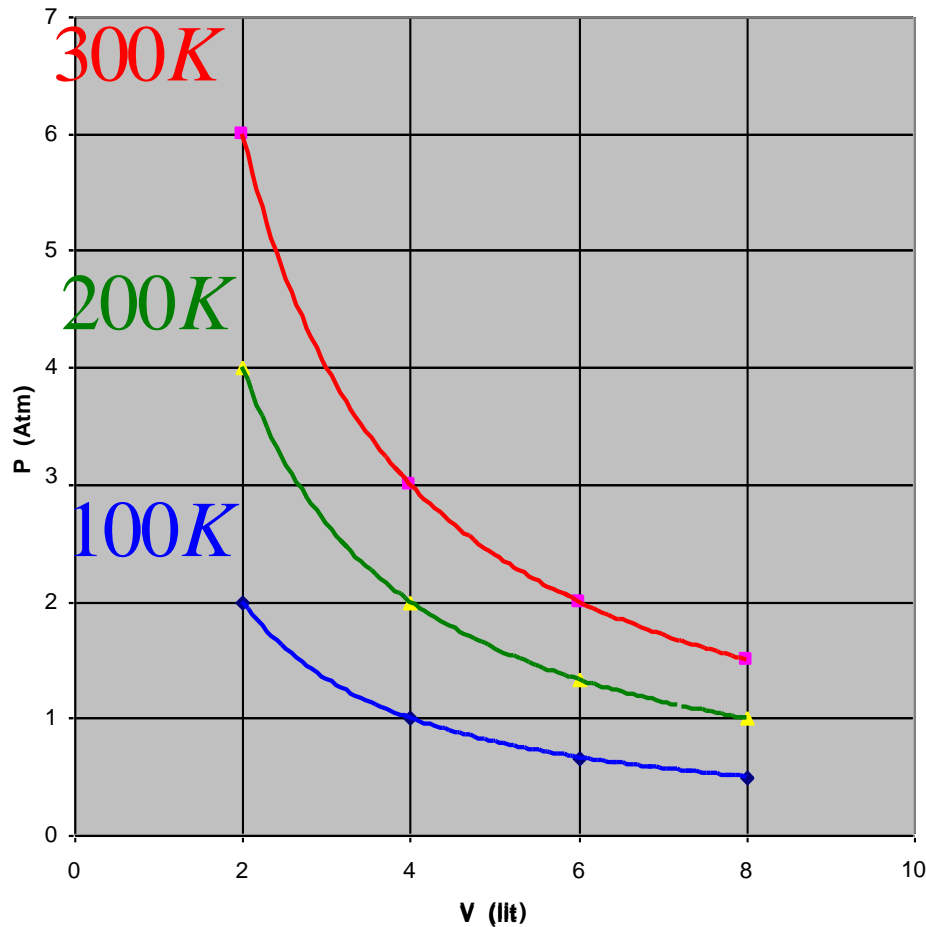
$$p \cdot V = \text{σταθ.}, \text{ όταν } T = \text{σταθ.}$$



Το αέριο βρίσκεται μέσα σε ογκομετρικό δοχείο. Το δοχείο με το αέριο περιβάλλεται από λουτρό με νερό, του οποίου η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.

Reference:
www.merkopanas.blogspot.gr

Διάγραμμα P-V



$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R = C (\text{\textit{\Sigma σταθερό}})$$

$$p \cdot V = \text{\textit{σταθερό}}$$

για, $T = \text{\textit{σταθερό}}$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

«Όταν η θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή τότε η πίεση είναι αντιστρόφως ανάλογη του όγκου.»

Μεταβολές

Άυξηση όγκου = **Εκτόνωση**

Αύξηση Πίεσης = **Συμπίεση**

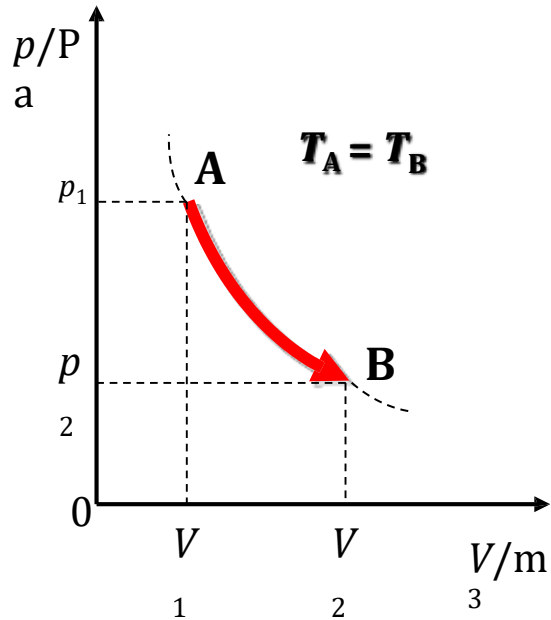
Άυξηση Θερμοκρασίας = **Θέρμανση**

Μείωση Θερμοκρασίας = **Ψύξη**

Άυξηση όγκου = **Εκτόνωση**, Αύξηση Πίεσης = **Συμπίεση**,

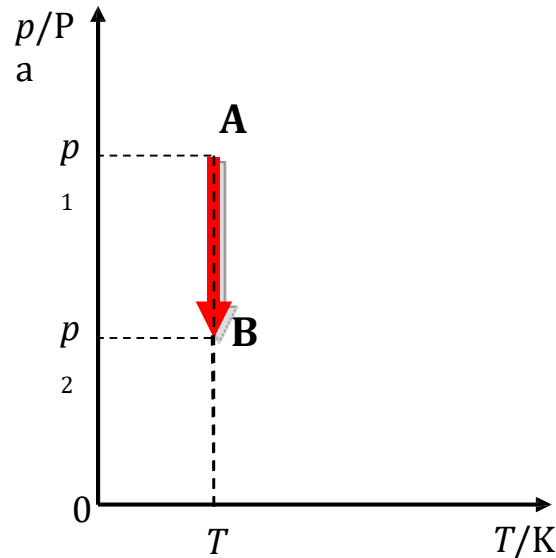
Άυξηση Θερμοκρασίας = **Θέρμανση**, Μείωση Θερμοκρασίας = **Ψύξη**

a. Πίεσης - Όγκου ($p - V$)



Ισοθερμη Εκτόνωση

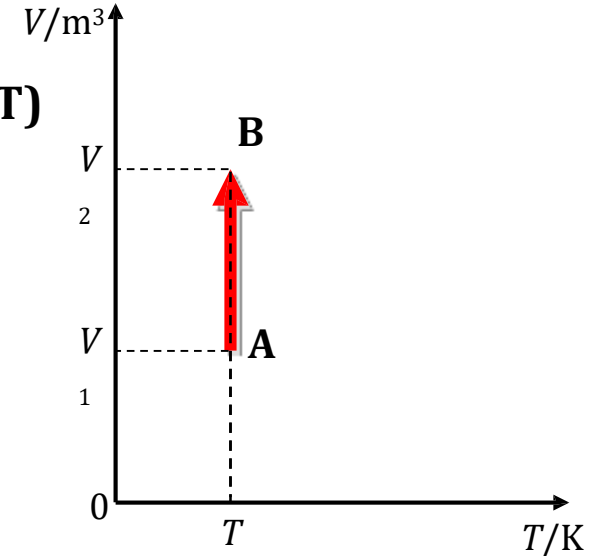
β. Πίεσης - Θερμοκρασίας ($p - T$)



Ισόθερμη εκτόνωση

($T = \text{σταθ.}$)

γ. Όγκου - Θερμοκρασίας ($V - T$)



Ισόθερμη εκτόνωση

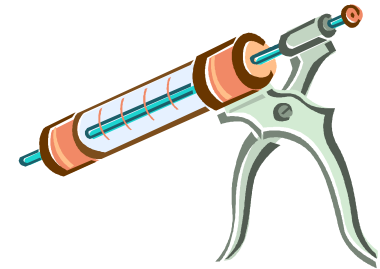
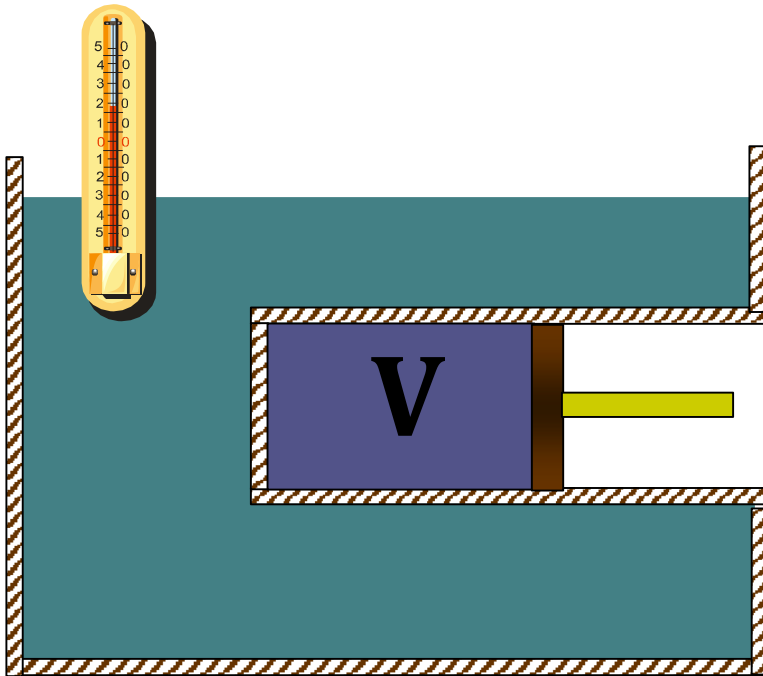
($T = \text{σταθ.}$)

Reference:

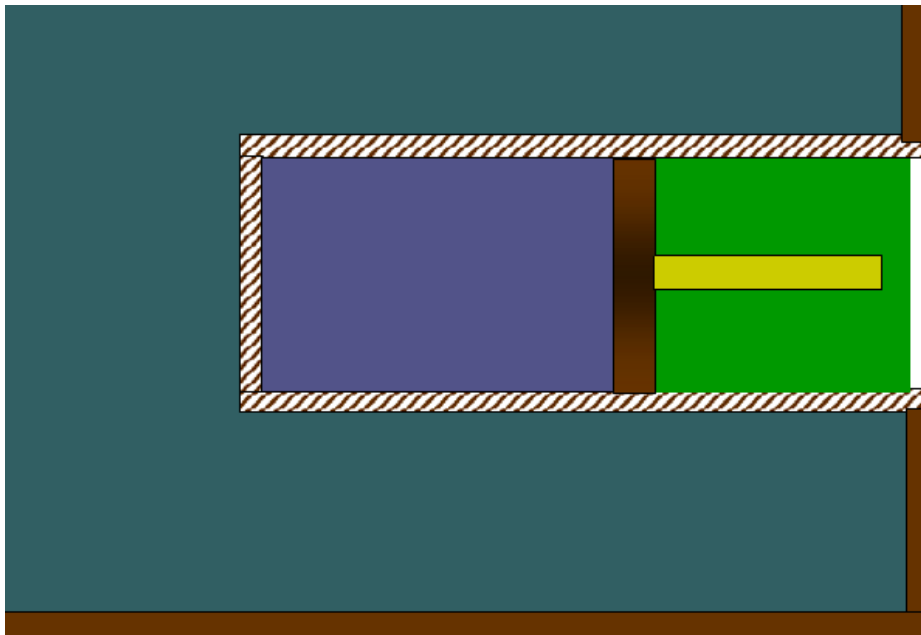
www.merkopanas.blogspot.gr

Αναλυτικά Διαγράμματα Ισόθερμων

Ισόθερμη

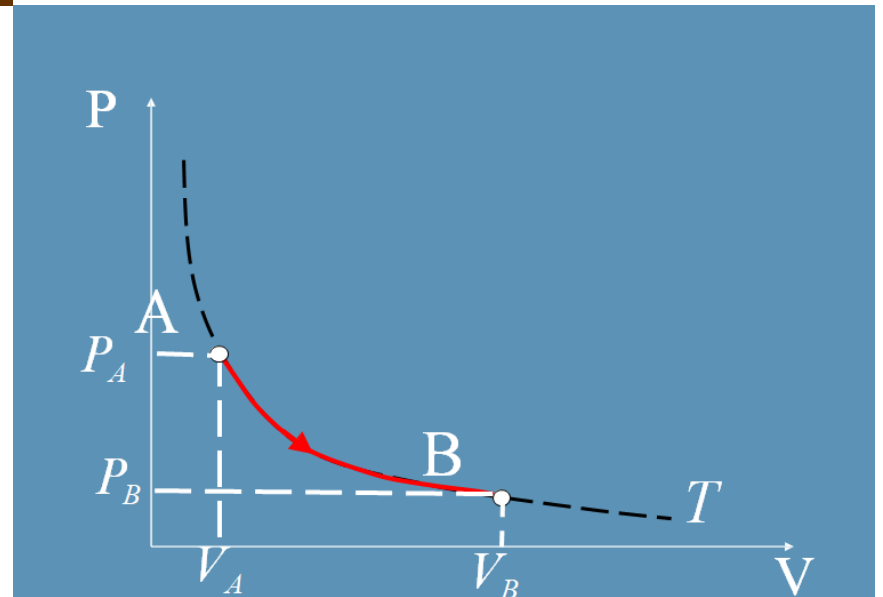


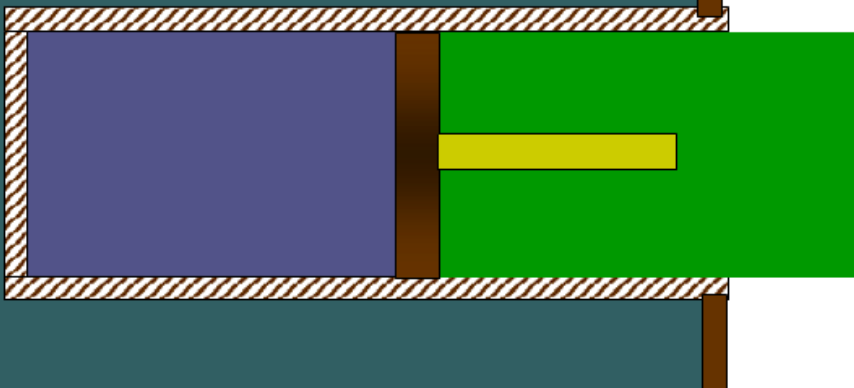
Παράδειγμα ...



$$p_A \cdot V_A = p_B \cdot V_B$$

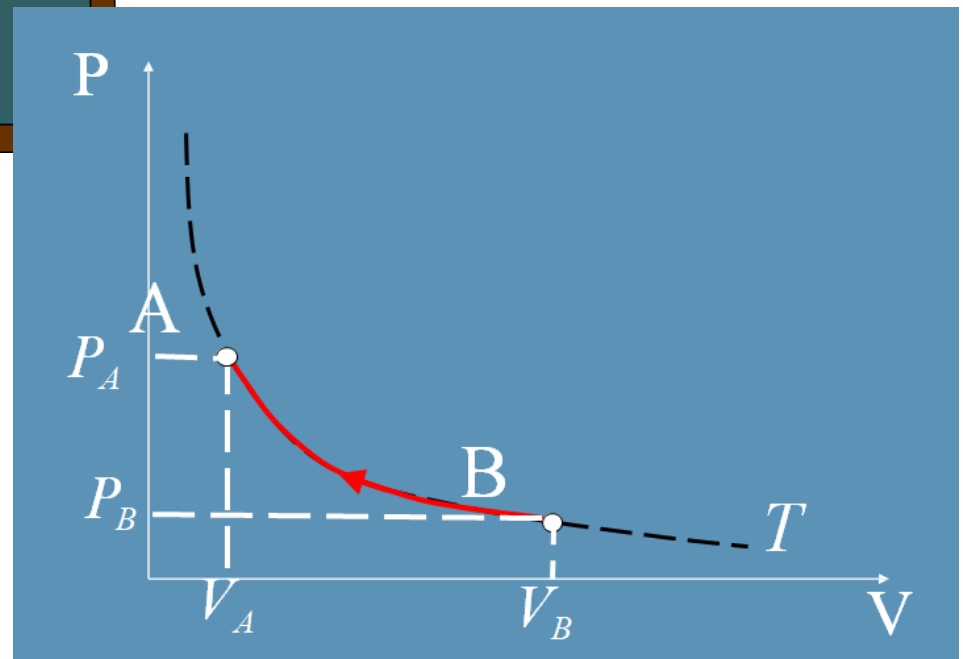
Κατά την εκτόνωση...

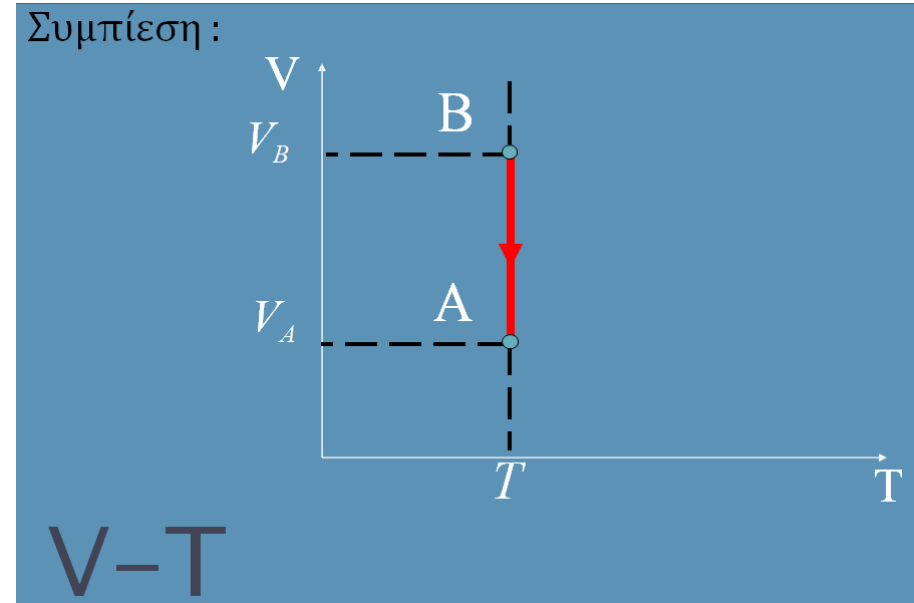
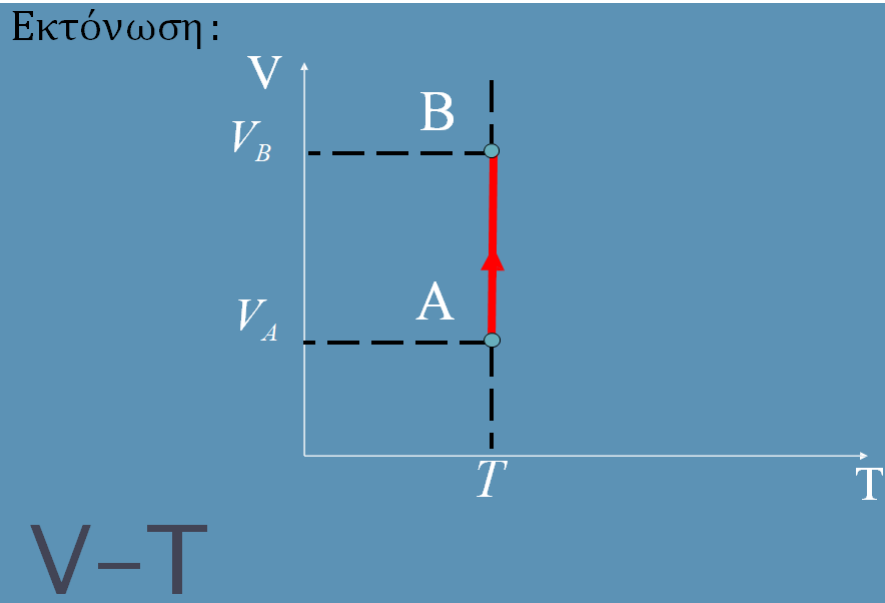
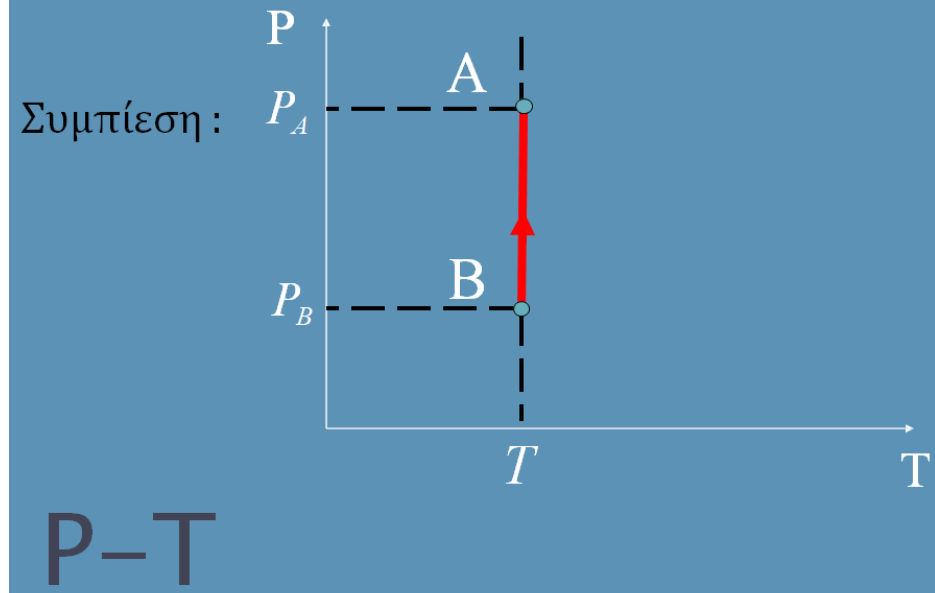
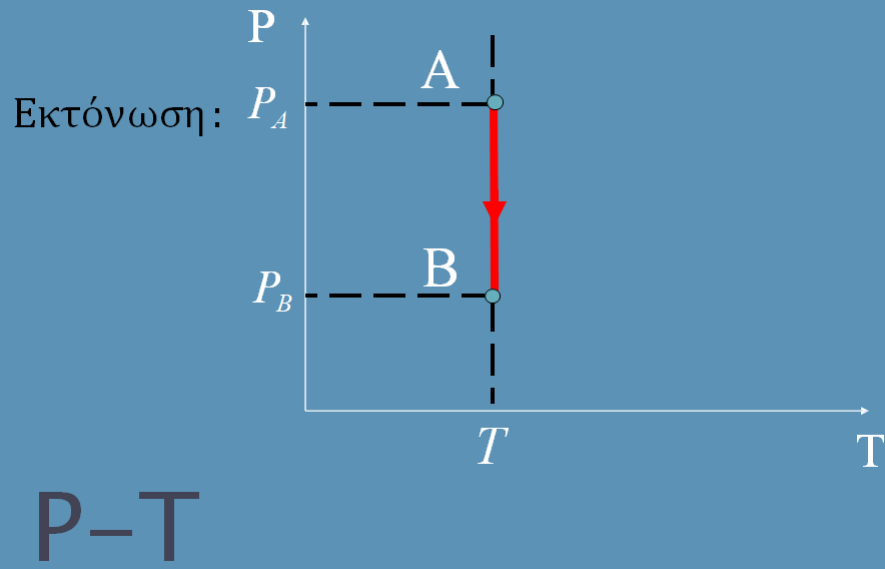




$$p_A \cdot V_A = p_B \cdot V_B$$

Κατά την συμπίεση...



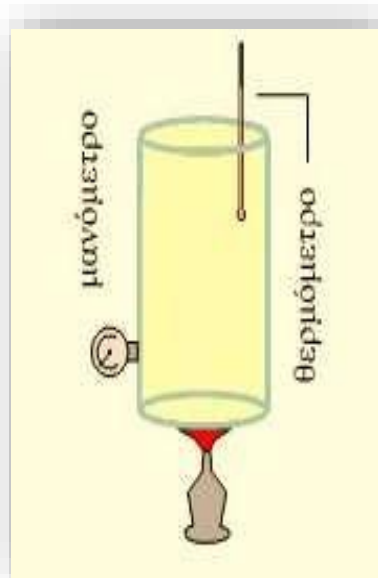


Ισόχωρη Μεταβολή

Νόμος του Charles

Η πίεση ορισμένης ποσότητας αερίου του οποίου ο όγκος διατηρείται σταθερός είναι ανάλογη με την απόλυτη θερμοκρασία του αερίου.

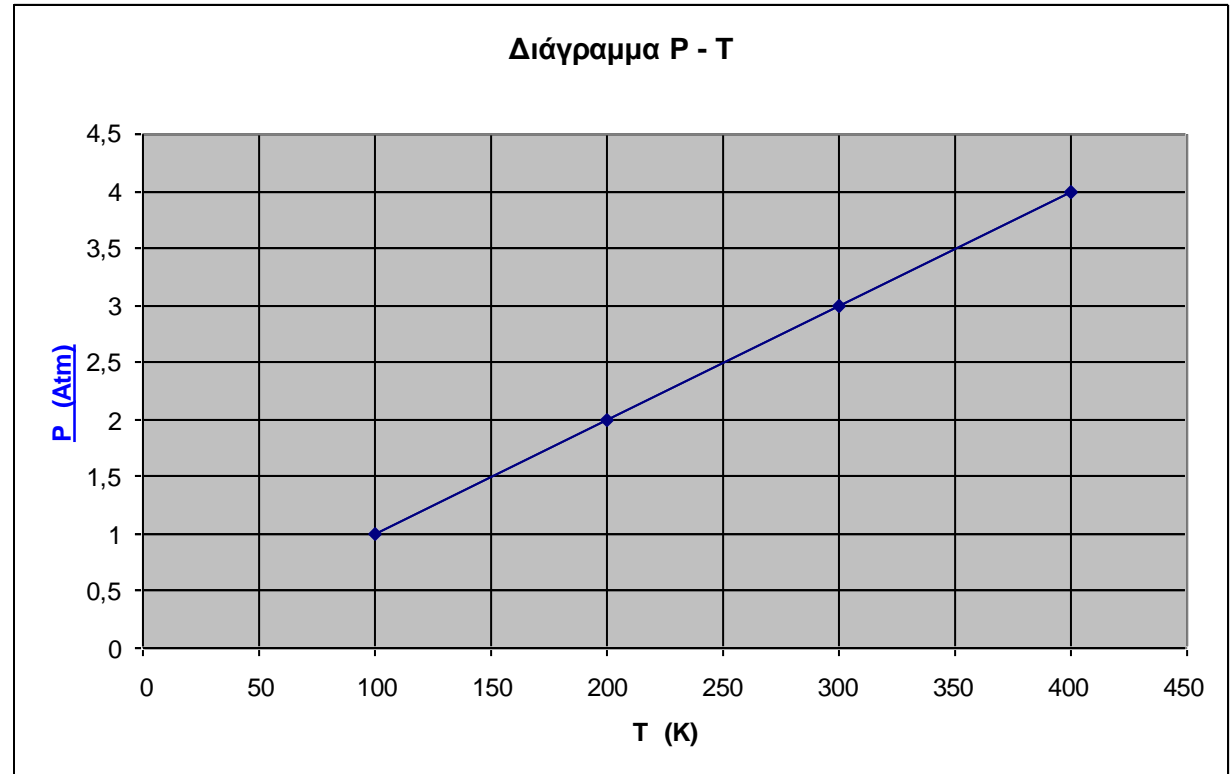
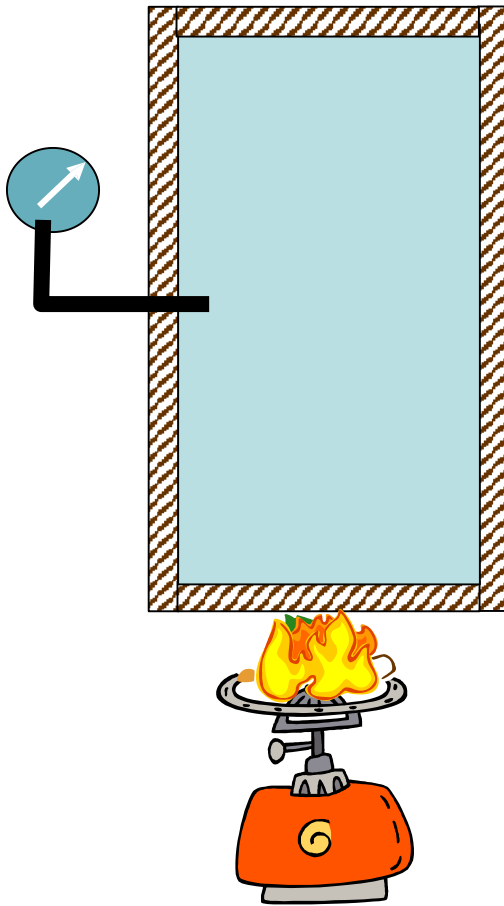
$$\frac{p}{T} = \text{σταθερό} \quad \text{όταν} \quad V = \text{σταθ.}$$



Το αέριο βρίσκεται μέσα σε δοχείο σταθερού όγκου. Καθώς θερμαίνεται αυξάνεται η πίεσή του.

Ισόχωρη

$$\frac{p}{T} = \Sigma \text{ταθερό}$$

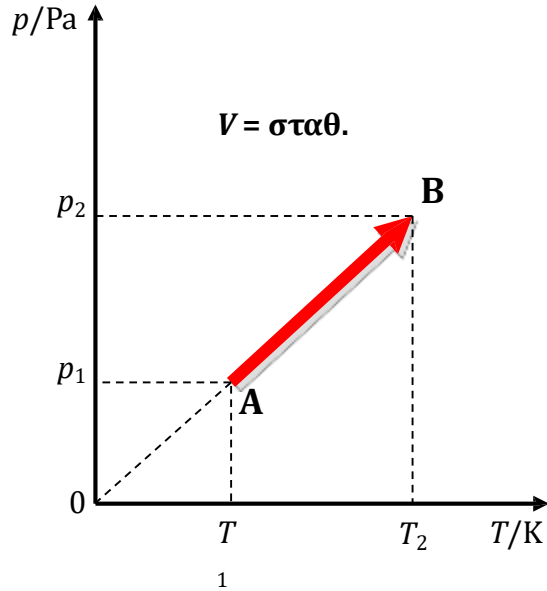


«Όταν ο όγκος του αερίου παραμένει σταθερός τότε η πίεση είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας.»

Αύξηση όγκου = **Εκτόνωση**, Αύξηση Πίεσης = **Συμπίεση**,
 Άυξηση Θερμοκρασίας = **Θέρμανση**, Μείωση Θερμοκρασίας = **Ψύξη**

α. Πίεσης - Θερμοκρασίας (p - T)

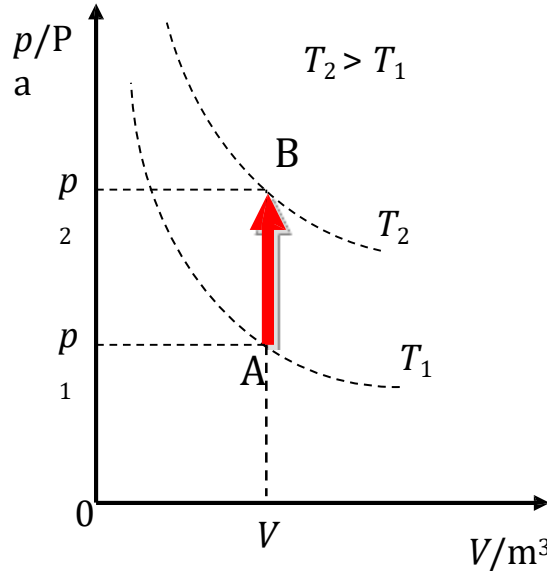
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$



Ισόχωρη θέρμανση

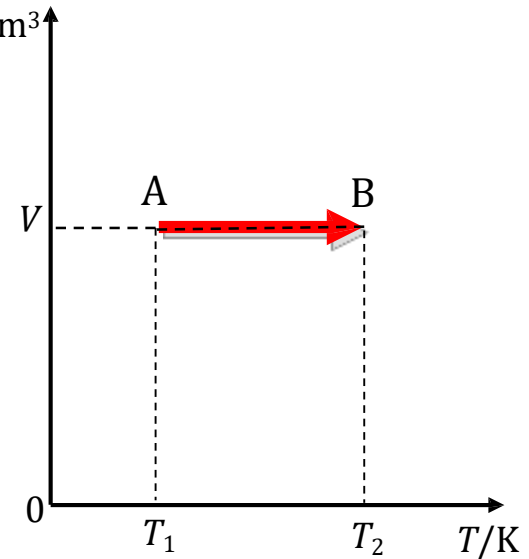
Οι καμπύλες είναι
 ισόθερμες
 ($V = \text{σταθ.}, p, T$)

β. Πίεσης - Όγκου



Ισόχωρη θέρμανση

γ. Όγκου - Θερμοκρασίας

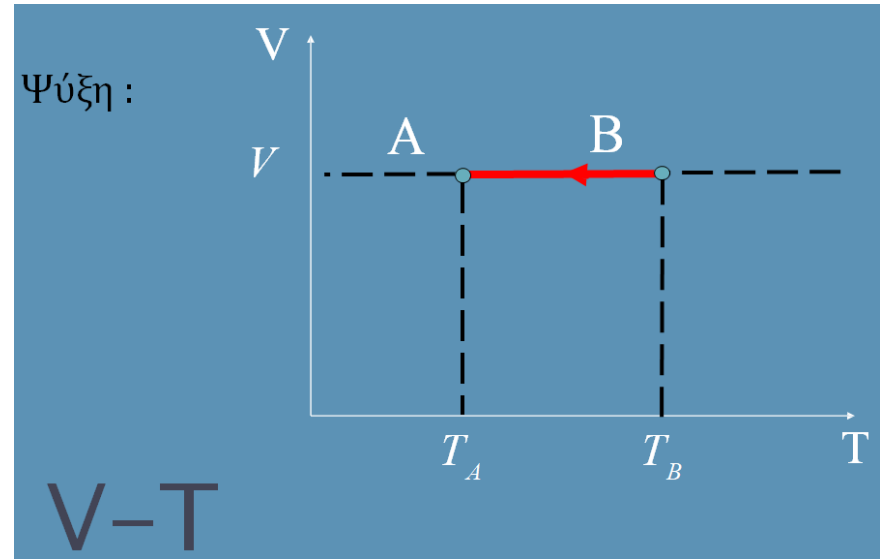
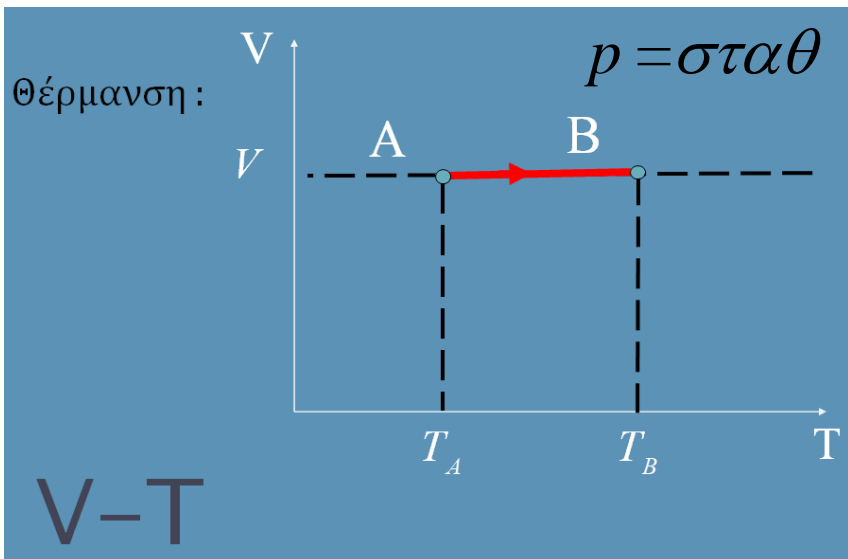
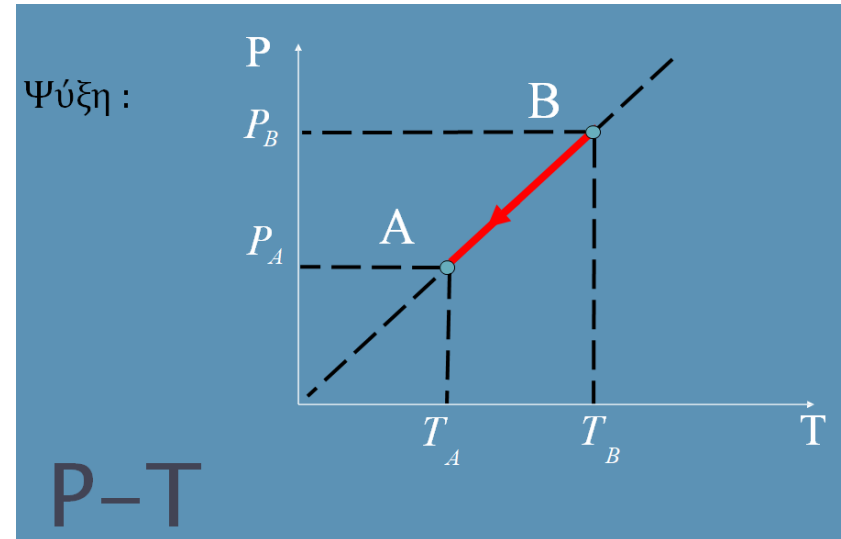
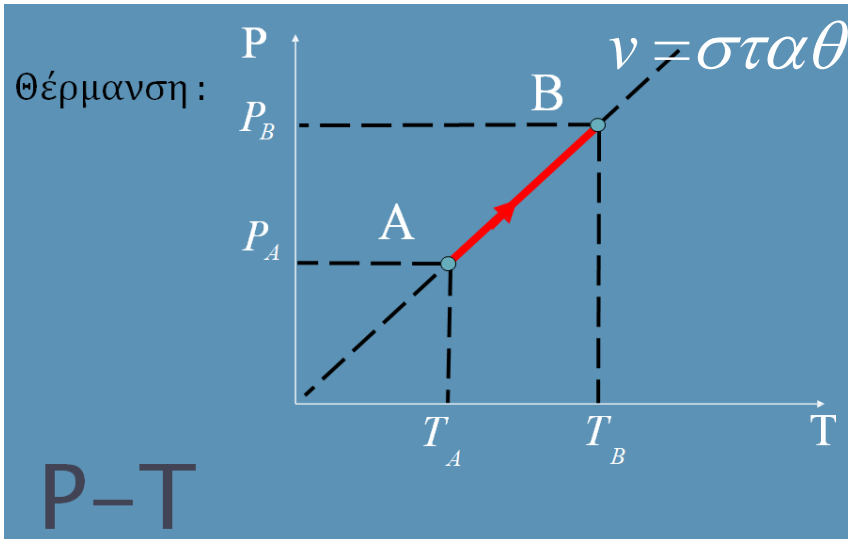


Ισόχωρη θέρμανση

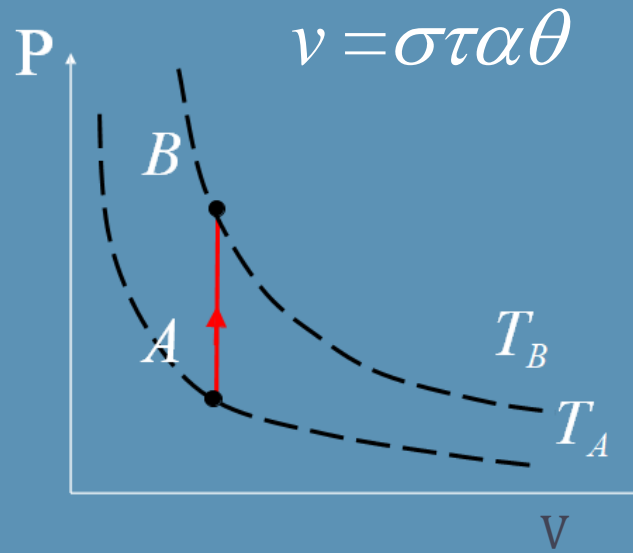
($V = \text{σταθ.}, T, p$)

Reference:
www.merkopanas.blogspot.gr

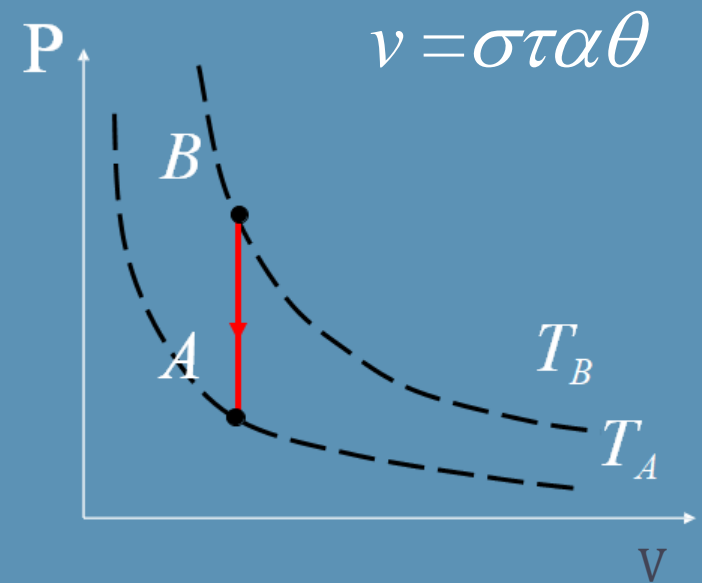
Αναλυτικά Διαγράμματα Ισόχωρων



Θέρμανση :



ψύξη :



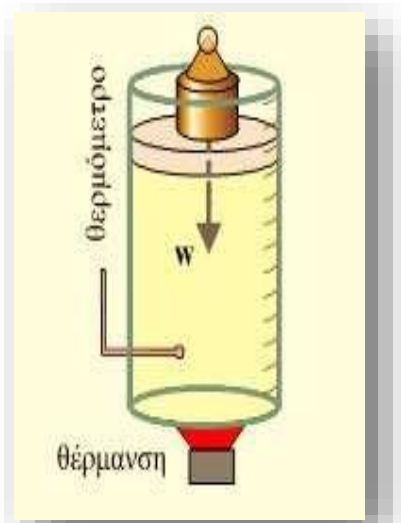
$$\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B}$$

Ισοβαρής Μεταβολή

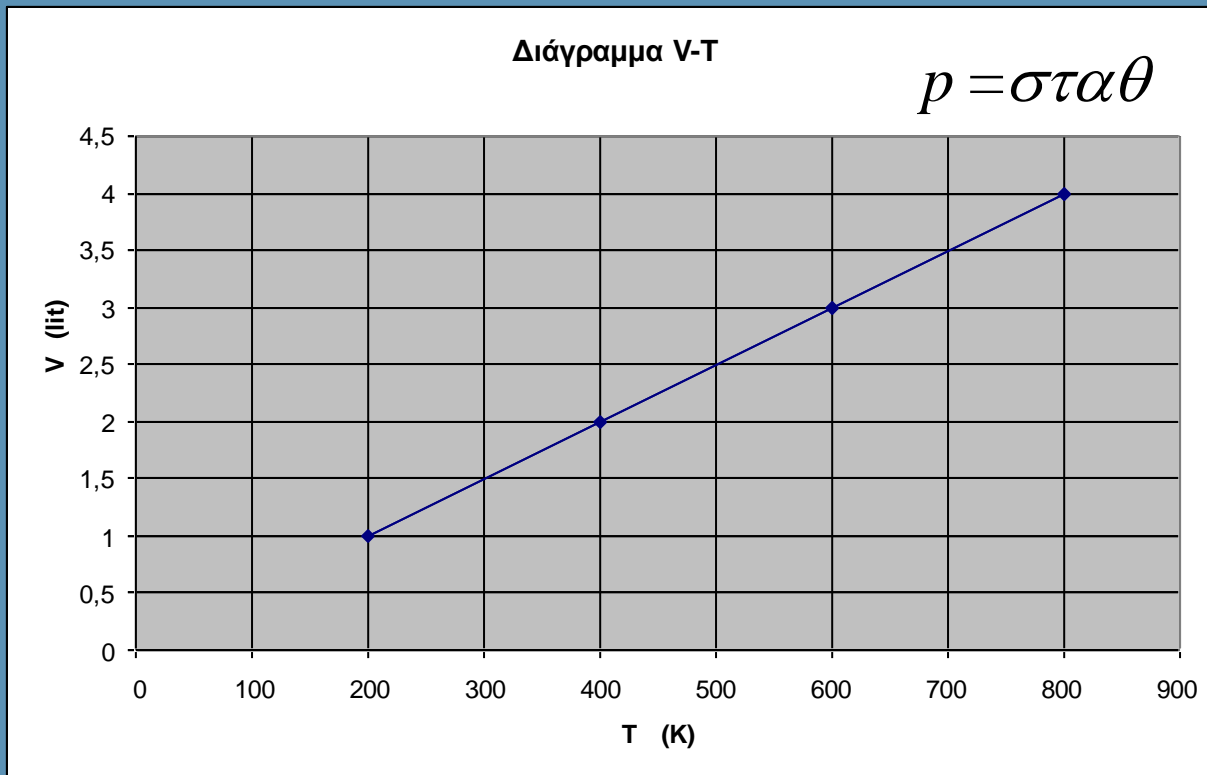
Νόμος του Gay-Lussac

Ο όγκος ορισμένης ποσότητας αερίου, όταν η πίεσή του διατηρείται σταθερή, είναι ανάλογος με την απόλυτη θερμοκρασία του.

$$\frac{V}{T} = \text{σταθερό όταν } P = \text{σταθ.}$$



Καθώς το αέριο θερμαίνεται ο όγκος του αυξάνεται. Η πίεση του αερίου διατηρείται σταθερή με ένα βάρος τοποθετημένο πάνω στο έμβολο.



«Όταν η πίεση του αερίου παραμένει σταθερή τότε ο όγκος του είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας του.»

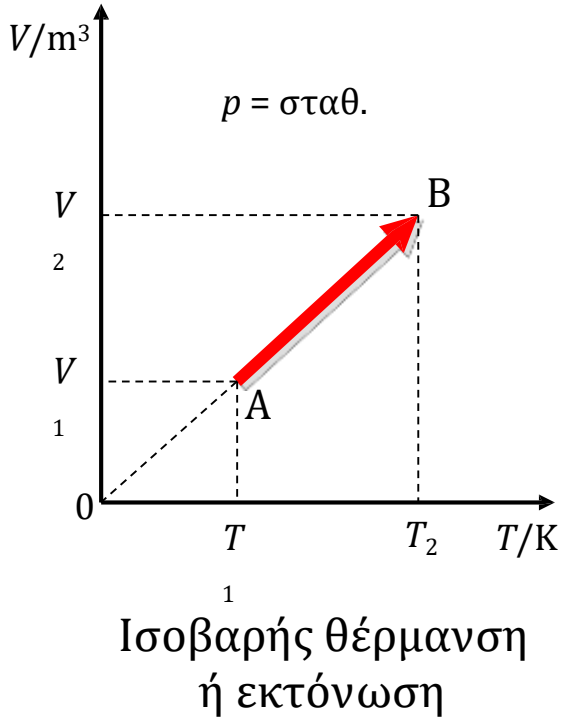
Γραφικές παραστάσεις του νόμου Gay-Lussac

$$p = \text{σταθ}$$

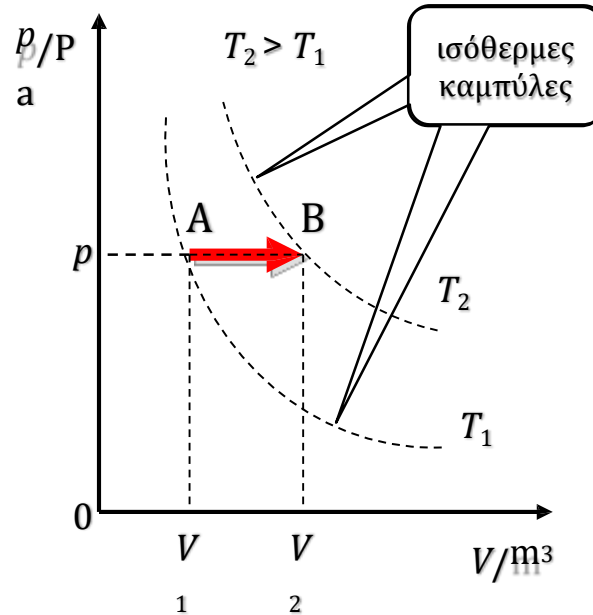
α. Όγκου - Θερμοκρασίας

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

γ. Πίεσης - Θερμοκρασίας

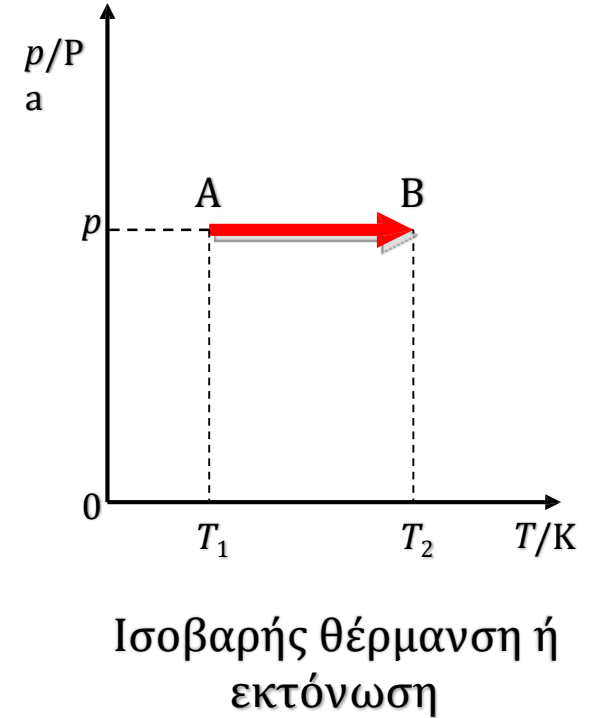


β. Πίεσης - Όγκου



Ισοβαρής θέρμανση ή εκτόνωση

$$(p = \text{σταθ.}, V \uparrow, T \uparrow)$$



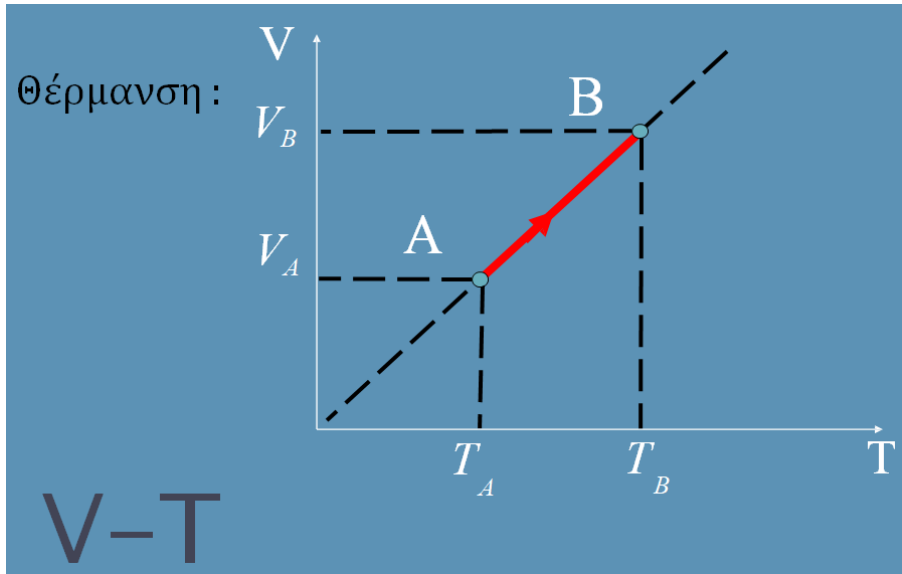
$$(p = \text{σταθ.}, T \uparrow, V \uparrow)$$

Reference:

www.merkopanas.blogspot.gr

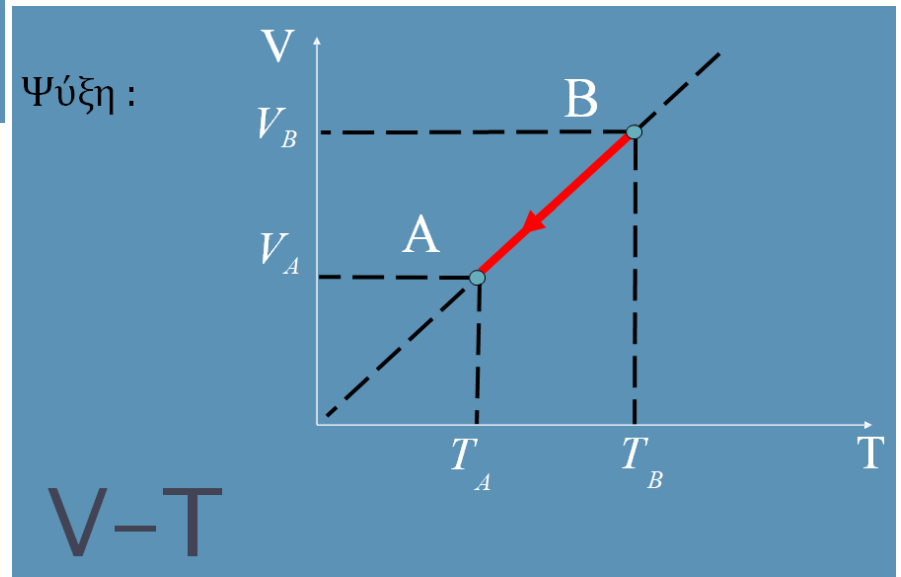
Αναλυτικά Διαγράμματα Ισοβαρών

$p = \text{σταθ}$

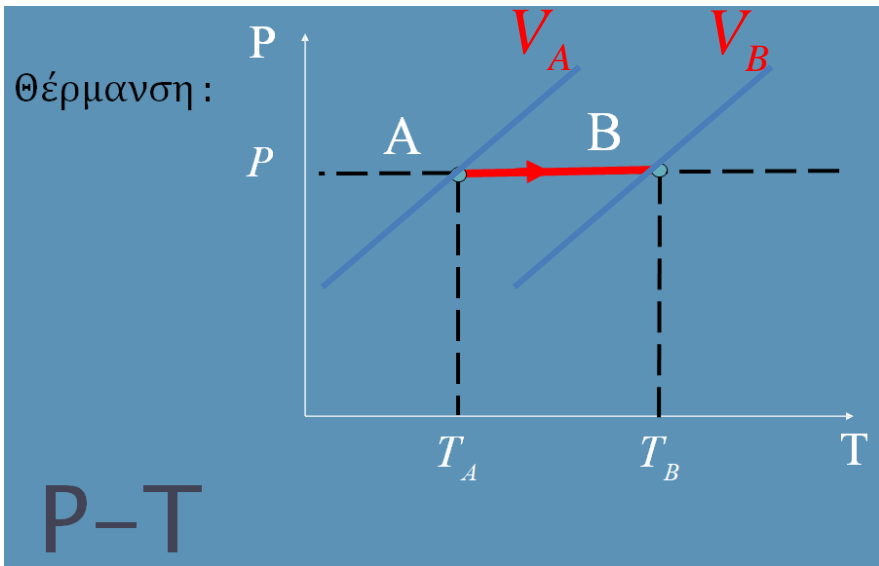


$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$$

$p = \text{σταθ}$

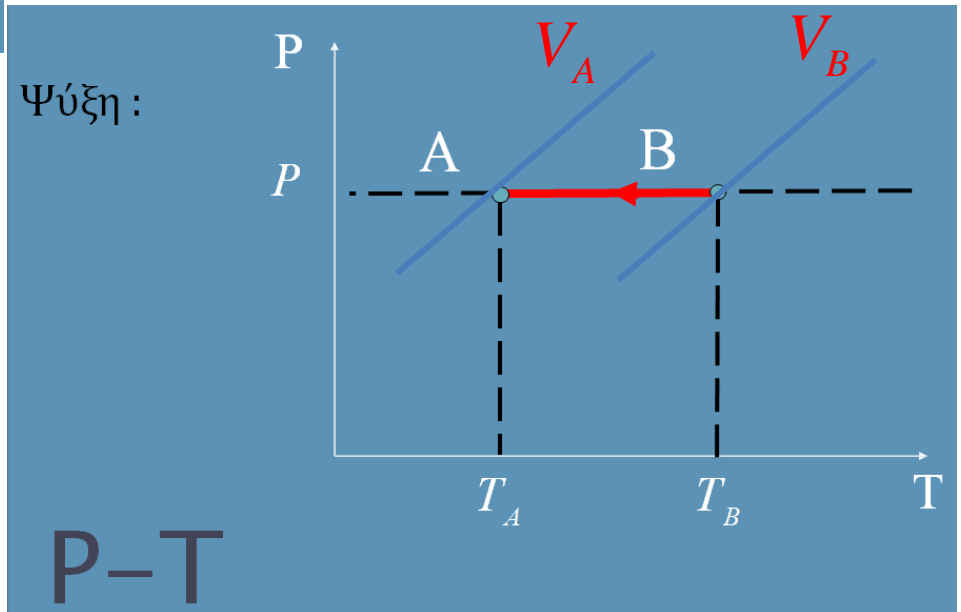


$$p = \text{σταθ}$$



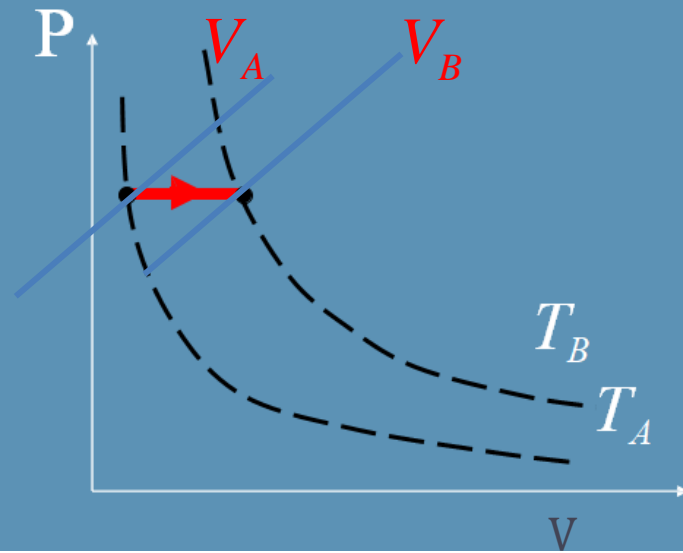
$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$$

$$p = \text{σταθ}$$



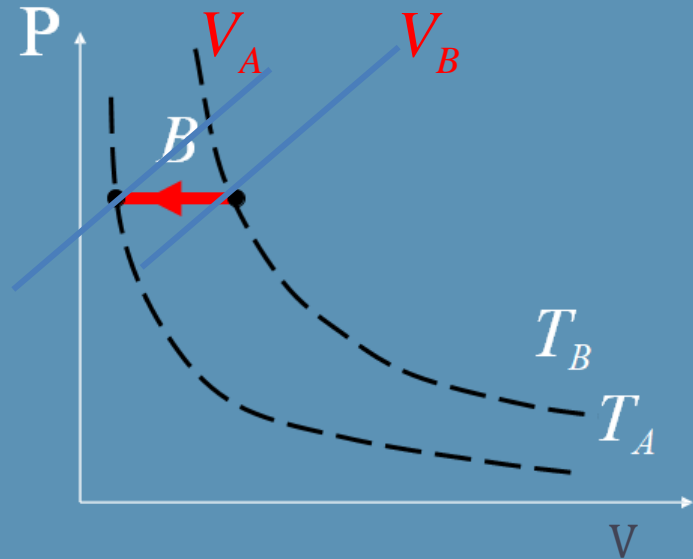
Θέρμανση :

$p = \text{σταθ}$



Ψύξη :

$p = \text{σταθ}$



ΙΣΟΘΕΡΜΗ

Όταν $T = \text{σταθ}$, τότε : $P*V = \text{σταθ}$.

ΙΣΟΧΩΡΗ

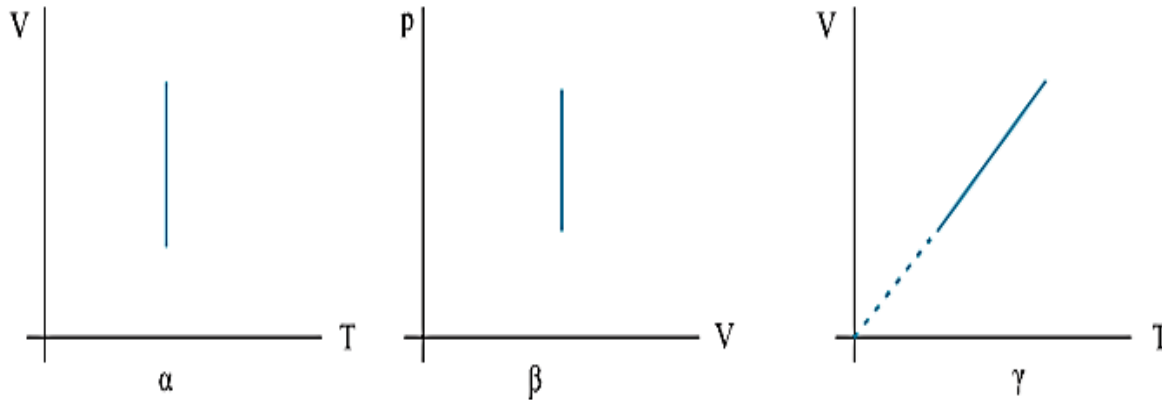
Όταν $V = \text{σταθ}$, τότε : $\frac{P}{T} = \text{σταθ}$.

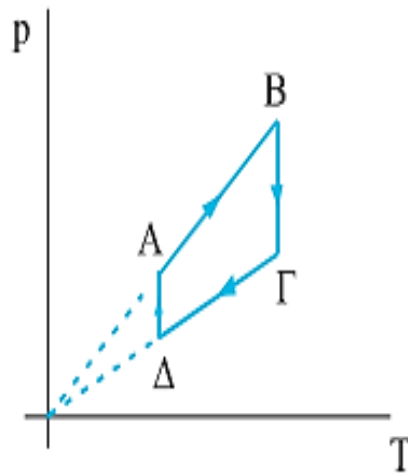
ΙΣΟΒΑΡΗΣ

Όταν $P = \text{σταθ}$, τότε : $\frac{V}{T} = \text{σταθ}$.

Ασκήσεις

1. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα αντιστοιχεί
1) σε ισοβαρή και 2) σε ισόθερμη μεταβολή;





2. Η μεταβολή ABΓΔ που παριστάνεται στο παραπάνω διάγραμμα αποτελείται:

- α) Από δύο ισόχωρες και δύο ισόθερμες μεταβολές.
- β) Από δύο ισοβαρείς και δύο ισόθερμες μεταβολές.
- γ) Από δύο ισοβαρείς και δύο ισόχωρες μεταβολές.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

3. Να αντιστοιχίσετε τις μεταβολές της αριστερής στήλης σε σχέσεις της

δεξιάς στήλης.

1) Ισόθερμη μεταβολή

2) Ισόχωρη μεταβολή

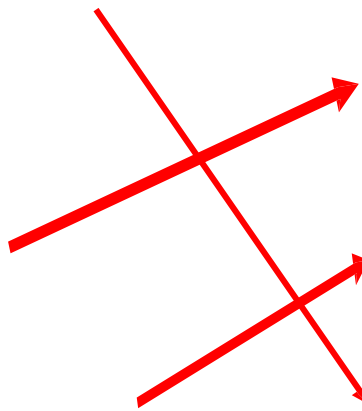
3) Ισοβαρής μεταβολή

α) $p/V = \text{σταθ.}$

β) $p/T = \text{σταθ.}$

γ) $V/T = \text{σταθ.}$

δ) $pV = \text{σταθ.}$



4. Κατά την εκτόνωση ενός αερίου υπό σταθερή θερμοκρασία

α. η πίεση του αερίου αυξάνεται.

β. η πίεση του αερίου ελαττώνεται.

γ. η γραφική παράσταση της μεταβολής σε διάγραμμα $p - V$ είναι ευθεία.

δ. ο όγκος του αερίου μεταβάλλεται ανάλογα με την πίεση.

5. Στην ισόχωρη θέρμανση ιδανικού αερίου

α. ο όγκος του παραμένει σταθερός.

β. η πίεσή του παραμένει σταθερή.

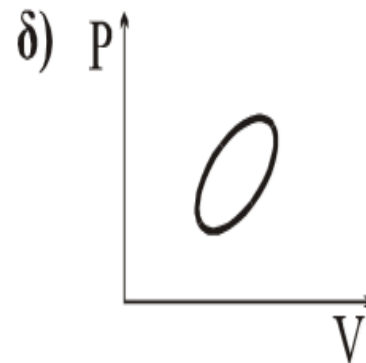
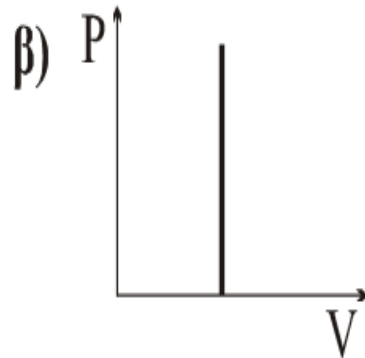
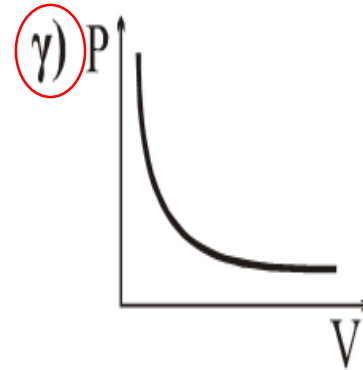
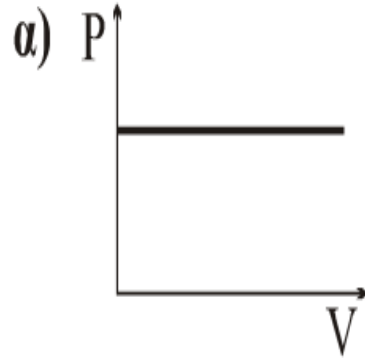
γ. η πίεσή του μειώνεται.

δ. η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή.

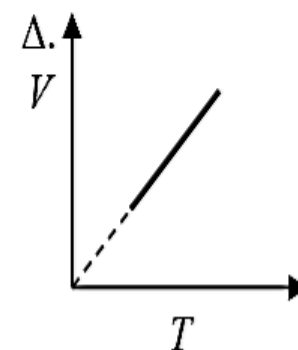
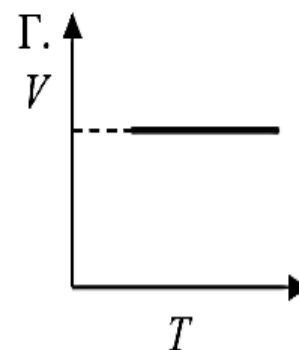
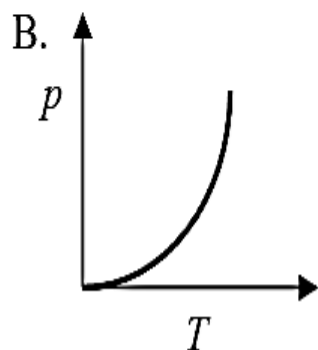
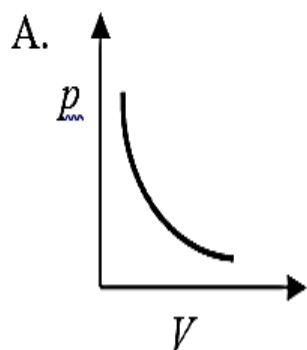
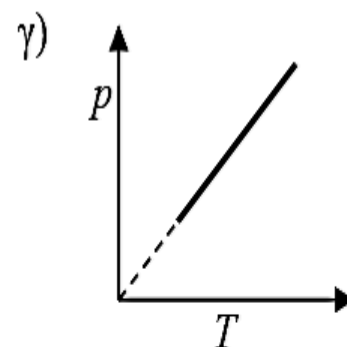
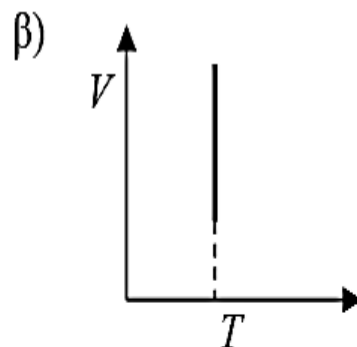
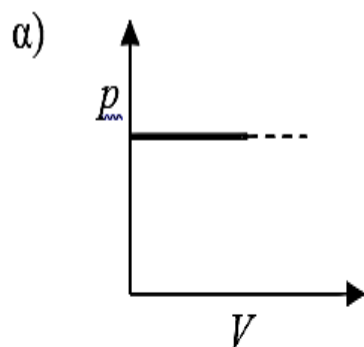
6. Δοχείο σταθερού όγκου περιέχει αέρα σε θερμοκρασία 27°C και πίεση 1atm . Θερμαίνουμε το δοχείο ώστε η θερμοκρασία του αερίου να γίνει 40°C . Πόση θα γίνει η πίεση;

7. Αέριο βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο. Το δοχείο κλείνεται με εφαρμοστό έμβολο, πάνω στο οποίο τοποθετούνται διάφορα σταθμά. Το αέριο βρίσκεται σε θερμοκρασία 27°C και καταλαμβάνει όγκο $0,20\text{m}^3$. Ψύχουμε το αέριο στους -3°C . Ποιος θα είναι ο νέος όγκος του αερίου;
($0,18\text{m}^3$)

8. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα αντιστοιχεί σε μια ισόθερμη μεταβολή;



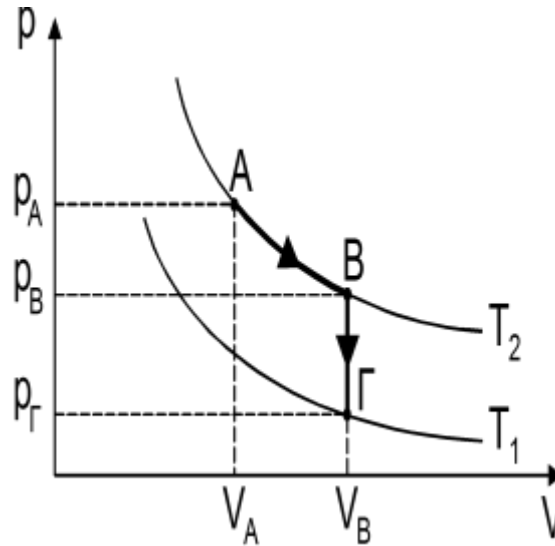
9. Δίνονται οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις:



i) Να χαρακτηρίσετε με το κατάλληλο όνομα κάθε μεταβολή που αντιστοιχεί στις γραφικές παραστάσεις (α), (β), (γ), της πρώτης σειράς.

ii) Στη συνέχεια, για κάθε μία από αυτές, να βρείτε την αντίστοιχη γραφική παράσταση της δεύτερης σειράς.

10. Στο παρακάτω πίεσης - όγκου ($p - V$) διάγραμμα παρίστανονται αντιστρεπτές μεταβολές ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου.



A. Να χαρακτηρίσετε τις μεταβολές $A \rightarrow B$ και $B \rightarrow \Gamma$, που υφίσταται το αέριο, αν $T_1 < T_2$.

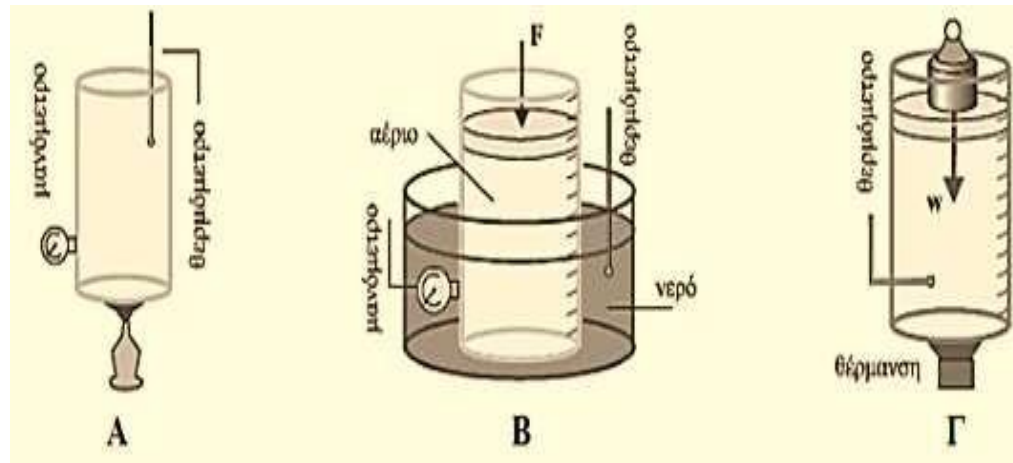
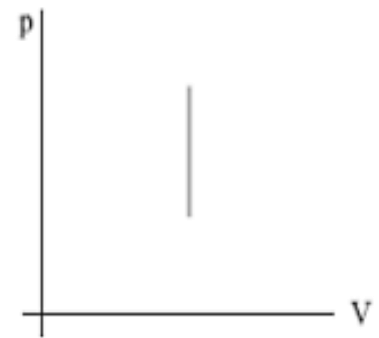
B. Να παραστήσετε ποιοτικά τις παραπάνω μεταβολές σε διάγραμμα πίεσης - θερμοκρασίας ($p - T$).

AB: ισόθερμη εκτόνωση, BΓ : ισόχωρη ψύξη

11. Δίνεται το διπλανό διάγραμμα το οποίο απεικονίζει μια μεταβολή ιδανικού αερίου.

A. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Ποια από τις πιο κάτω πειραματικές διατάξεις μπορεί να εκτελέσει μια μεταβολή σαν αυτή που παριστάνεται στο διάγραμμα;



α. η Α.

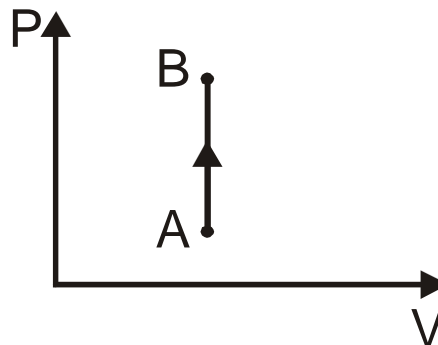
β. η Β.

γ. η Γ.

A. Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Η αντιστρεπτή θερμοδυναμική μεταβολή AB που παρουσιάζεται στο διάγραμμα πίεσης - όγκου ($p-V$) του σχήματος περιγράφει:

- α. ισόθερμη εκτόνωση.
- β. ισόχωρη ψύξη.
- γ. ισοβαρή συμπίεση.
- δ. ισόχωρη θέρμανση.**



2. Στην ισόχωρη θέρμανση ιδανικού αερίου:

- α. ο όγκος του παραμένει σταθερός.**
- β. η πίεση του παραμένει σταθερή.
- γ. η εσωτερική του ενέργεια παραμένει σταθερή.
- δ. η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή.

Thanks for your attention!

Prof. Mic.Gr.Vrachopoulos

Δρ. Δήμητρα Παπαδάκη, συγγραφέας



National and Kapodistrian University
of Athens - 1837

*Department of Agricultural Development, Agrofood and
Management of Natural Resources*