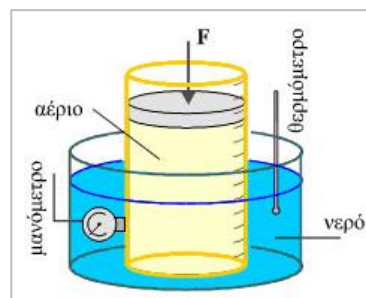


# Θερμοδυναμική των ιδανικών αερίων

Η **θερμοδυναμική** εξετάζει τα ενεργειακά ζητήματα που αφορούν ένα αέριο σύστημα. Το αέριο θερμοδυναμικό σύστημα (α.θ.σ.) **ανταλλάσσει** ενέργεια με το περιβάλλον του είτε μέσω έργου ( $W$ ), είτε μέσω θερμότητας ( $Q$ ).

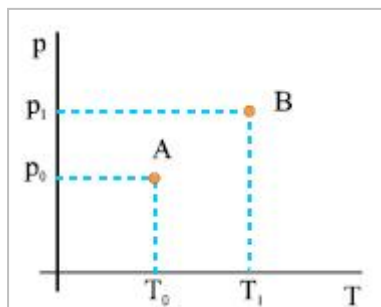
Ένα αέριο σύστημα μπορεί να **κατέχει** ενέργεια υπό μορφή εσωτερικής ενέργειας ( $U$ ).

**Αέριο σύστημα** : Έτσι λέμε μια περιοχή ύλης η οποία μας ενδιαφέρει και την οποία αποκόπτουμε με πραγματικά ή νοερά όρια από ό,τι την περιβάλλει. Η ύλη που υπάρχει έξω από το σύστημα, αλλά μπορεί να αλληλεπιδρά με αυτό, αποτελεί το περιβάλλον.



Στη διπλανή εικόνα περιβάλλον είναι η ατμόσφαιρα, που ασκεί την δύναμη  $F$  στο έμβολο. Επιπλέον περιβάλλον είναι και η δεξαμενή νερού η οποία εξασφαλίζει σταθερή θερμοκρασία στο περιεχόμενο του δοχείου.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ** : Ένα σύστημα αερίου, που μας ενδιαφέρει ενεργειακά, θα λέγεται **θερμοδυναμικό** και εφεξής θα αναφερόμαστε σε αυτό με τα γράμματα α.θ.σ. Για τα συστήματα αυτά θα εφαρμόσουμε τους νόμους της θερμοδυναμικής...



## Κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας

Αν οι τιμές της πίεσης ( $P$ ), της θερμοκρασίας ( $T$ ) και της πυκνότητας ( $\rho$ ) παραμένουν οι ίδιες σε όλη την έκταση του όγκου του αερίου, τότε λέμε ότι το αέριο βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας.

Η κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας ενός συστήματος μπορεί να παρασταθεί γραφικά με ένα σημείο στα ( $P$ - $V$ ), ( $P$ - $T$ ) και ( $V$ - $T$ ). Ένα σύστημα που δε βρίσκεται σε ισορροπία δεν παριστάνεται γραφικά.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ** : Η κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας είναι μια ήρεμη κατάσταση. Δεν υπάρχουν τάσεις να ρυθμιστούν μέσα στο σύστημα διαφοροποιημένες θερμοκρασίες ή κινήσεις τμημάτων αερίου (δίνες) ώστε να αποκατασταθεί ισομερής κατανομή του υλικού. Η εικόνα που έχω είναι «σαν πουπουλένιο σύννεφο»...

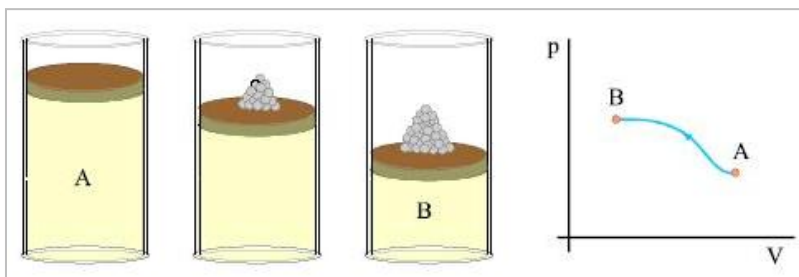


## Αντιστρεπτές και μη αντιστρεπτές μεταβολές

Προσθέτουμε στο έμβολο αργά κόκκους άμμου μέχρι το αέριο να φτάσει στην τελική κατάσταση B.

Το αέριο μεταβαίνει από την κατάσταση A

στη B μέσω διαδοχικών καταστάσεων που μπορούν να θεωρηθούν καταστάσεις ισορροπίας.

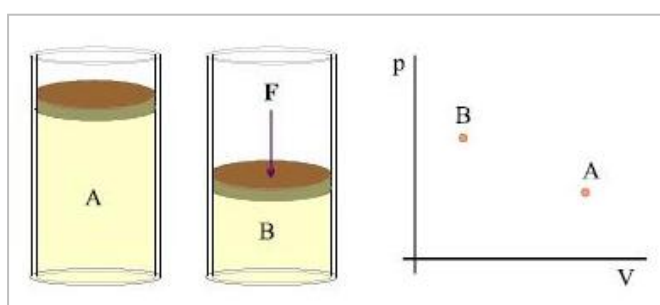


Μια τέτοια εξιδανικευμένη μεταβολή κατά την οποία ένα σύστημα μεταβαίνει από μια αρχική κατάσταση σε μια τελική μέσω διαδοχικών καταστάσεων ισορροπίας θα την ονομάζουμε **αντιστρεπτή**. Μια τέτοια μεταβολή είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί και αντίστροφα, με αντίστροφους χειρισμούς.

Κριτήρια για να είναι μια μεταβολή αντιστρεπτή :

- Ιδανικό αέριο
- Αργή μεταβολή (κάθε κατάσταση διαφέρει απειροστά από τις γειτονικές)
- Όχι τριβές κατά τη διάρκεια της μεταβολής

*ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Στη φύση δεν υπάρχουν αντιστρεπτές μεταβολές. Όμως η μελέτη των αντιστρεπτών είναι ιδιαίτερα εύκολη και οδηγεί σε συμπεράσματα που αφορούν και τις μη αντιστρεπτές!*



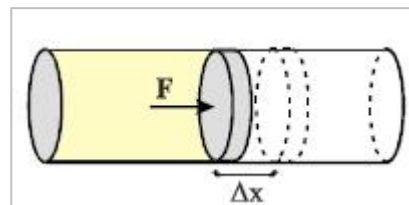
Πιέζουμε απότομα το έμβολο ώστε το αέριο να μεταβεί στην κατάσταση B. Η μεταβολή δεν είναι αντιστρεπτή. Στο διάγραμμα μπορεί να παρασταθεί μόνο η αρχική και η τελική κατάσταση του αερίου.

**ΗΘΙΚΟ ΔΙΔΑΓΜΑ :** Αν σε διάγραμμα (P-V) , (P-T) και (V-T), έχουμε συνεχή γραμμή, τότε θα υποστηρίζουμε ότι η μεταβολή είναι αντιστρεπτή.

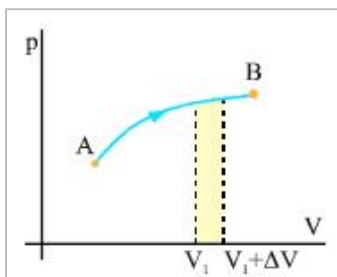
## Έργο κατά την εκτόνωση αερίου

Το αέριο εκτονώνεται και το έμβολο μετατοπίζεται απειροστά κατά  $\Delta x$ . Κατά τη διάρκεια της απειροστής μεταβολής  $F = \text{σταθ.}$

Στη δύναμη  $F$  που ασκεί το αέριο στο έμβολο αντιστοιχεί έργο  $\Delta W$ .



$\Delta W = F \cdot \Delta x \rightarrow \Delta W = P \cdot (A \cdot \Delta x) = P \cdot \Delta V$  (1) , όπου  $A$  είναι το εμβαδόν του εμβόλου

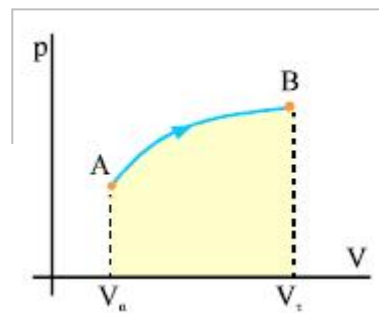


Τι εκφράζει η (1) στο διάγραμμα P-V ;

Απάντηση : Εκφράζει τμήμα «εμβαδού». Δείτε το!

...και αν αθροίσουμε όλα τα «εμβαδά», τότε τι προκύπτει;

Απάντηση : Το συνολικό έργο της μεταβολής.



Το έργο στην εκτόνωση ( $\Delta V > 0$ ) έχει πρόσημο θετικό, ενώ στη συμπίεση ( $\Delta V < 0$ ) έχει πρόσημο αρνητικό.

- $W > 0$  σημαίνει το α.θ.σ. αποδίδει ενέργεια στο περιβάλλον
- $W < 0$  σημαίνει το α.θ.σ. λαμβάνει ενέργεια στο περιβάλλον

**ΗΘΙΚΟ ΔΙΔΑΓΜΑ** : Το έργο ενός αερίου σε μια αντιστρεπτή μεταβολή είναι αριθμητικά ίσο με το εμβαδόν της επιφάνειας από την γραμμή του διαγράμματος μέχρι τον άξονα  $V$ , στο διάγραμμα  $p$ - $V$ .

Σχόλιο : ...και πώς θα υπολογίζεται το εμβαδόν ; Μη ανησυχείτε! Στο λύκειο αυτό το εμβαδόν θα είναι κάποιο τρίγωνο, τετράγωνο, ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, άντε κάποιο τραπέζιο ή θα σας δοθεί σχετική εξίσωση...

## ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Αν έρθουν σε επαφή δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες  $T_1$  και  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ), μετά από κάποιο χρόνο θα αποκτήσουν ίδια θερμοκρασία  $T$ , μεταξύ των θερμοκρασιών  $T_1$  και  $T_2$  ( $T_1 > T > T_2$ ).

Φαίνεται σαν «κάτι» να μεταφέρεται από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα. Αυτό που μεταφέρεται είναι η **θερμότητα**.

**Η ενέργεια που μεταφέρεται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας δύο σωμάτων ονομάζεται θερμότητα και συμβολίζεται με  $Q$ .**

Η θερμότητα, ως μορφή ενέργειας, στο SI μετριέται σε Joule.

Πιο συνηθισμένη μονάδα της είναι η θερμίδα (cal από το calorie).  
 $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ .



Στη θερμοδυναμική η θερμότητα εμφανίζεται με πρόσημο  $+Q$ , όταν το α.θ.σ. λαμβάνει αυτή τη 'μορφή' ενέργειας και  $-Q$  όταν το α.θ.σ. αποδίδει αυτή την ενέργεια.

**Προσοχή:** Η θερμότητα ( $Q$ ) δεν πρέπει να συγχέεται με τη θερμοκρασία ( $T$ ). Η θερμότητα είναι ενέργεια ενώ η θερμοκρασία είναι το μέγεθος που επινοήσαμε για να μετράμε αντικειμενικά πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα.

Να ένα παράδειγμα διάκρισης  $Q$  και  $T$ .

**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ :** Ποιο σώμα μπορεί να αποδώσει μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας, ένα τσιγάρο αναμμένο ( $800^\circ\text{C}$ ) ή ένα ποτήρι νερό  $20^\circ\text{C}$  ;

Σκέφτομαι : Το νερό μπορεί να 'υποχρεώσει' ένα-δυο παγάκια να λιώσουν, ενώ το αναμμένο τσιγάρο, θα σβήσει σχεδόν αμέσως.

Έχω θερμότητα ή ανταλλάσω ; *Απαντ. Ανταλλάσσω!*

Έχω θερμοκρασία ή ανταλλάσω; *Απαντ. Έχω!*

Τι μετρά το θερμόμετρο ; *θερμοκρασία !*

Με ποιο όργανο μετράμε τη θερμότητα ; *Δεν υπάρχει όργανο. Μετράται είτε με εξισώσεις είτε πειραματικά...*

Μήπως θα έπρεπε το θερμόμετρο να λέγεται θερμοκρασιόμετρο; *Μάλλον ναι...*