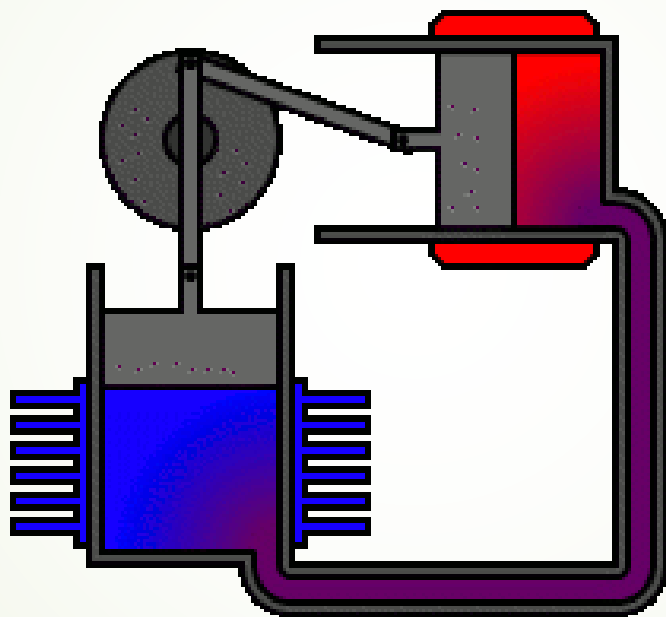


Θερμοδυναμική Εισαγωγή



Ας θυμηθούμε...

2



Πίεση p είναι το μονόμετρο μέγεθος που υπολογίζεται από το πηλίκο του μέτρου της δύναμης **F** που ασκείται κάθετα σε μία επιφάνεια **A** προς το εμβαδόν της επιφάνειας.
$$p = \frac{F}{A}$$

Μονάδα όγκου στο S.I. είναι το **1m^3** .

Η αύξηση του όγκου ενός αερίου χαρακτηρίζεται ως **εκτόνωση**.

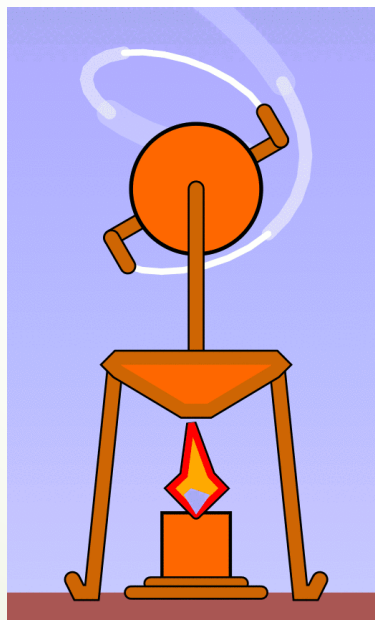
Η αύξηση της πίεσης ενός αερίου χαρακτηρίζεται ως **συμπίεση**.



Η **Θερμοδυναμική** μελετά τη μετατροπή της θερμότητας σε μηχανικό έργο και τους περιορισμούς που η φύση επιβάλλει.

Βασικό θέμα της μελέτης μας θα είναι οι **Θερμικές μηχανές**.

Ιστορικά, η πρώτη μηχανή που θεωρείται γνωστή είναι ο ατμοστρόβιλος του Ήρωνα του Αλεξανδρινού που κατασκευάστηκε το 100 μ.Χ..



Ήρων ο Αλεξανδρινός
(300 - 230 π.Χ.)

Σύστημα και Περιβάλλον

4

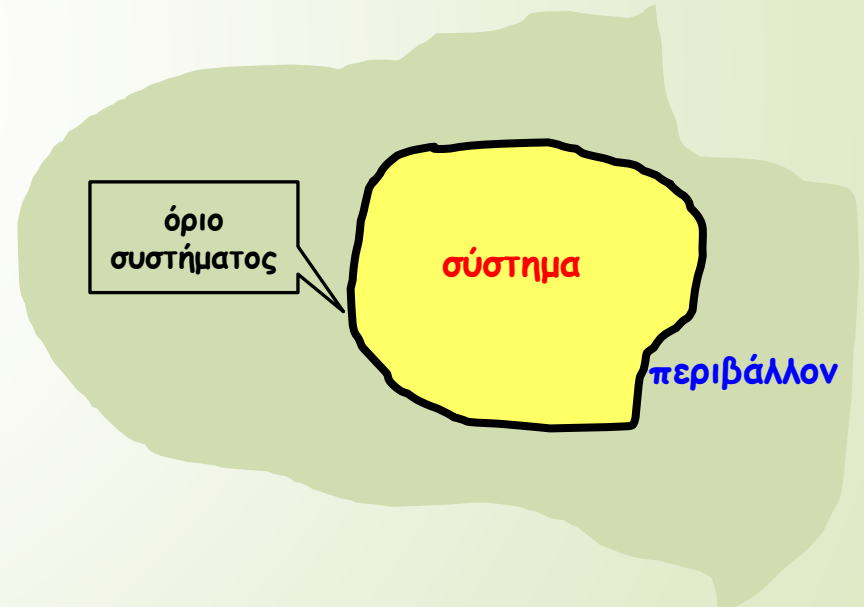


Ως **σύστημα** θεωρούμε ένα τμήμα του φυσικού κόσμου, που διαχωρίζεται από τον υπόλοιπο κόσμο με πραγματικά ή νοητά τοιχώματα.

Ο υπόλοιπος φυσικός κόσμος αποτελεί το **περιβάλλον** του συστήματος.

Ως **Θερμοδυναμικό σύστημα** θεωρούμε το σύστημα εκείνο, για την περιγραφή του οποίου χρησιμοποιούνται εκτός από μηχανικά (ταχύτητα, δύναμη κλπ) και **Θερμοδυναμικά μεγέθη**, όπως **Θερμοκρασία, Θερμότητα, εσωτερική ενέργεια κλπ.**

Τι είναι ένα
Θερμοδυναμικό
σύστημα;



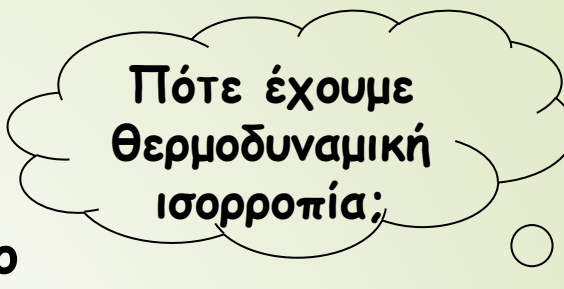
Αποκλεισμένο ή απομονωμένο είναι το σύστημα του οποίου τα όρια είναι αδιαπέραστα από ύλη και ενέργεια (π.χ. μια θερμική μηχανή).



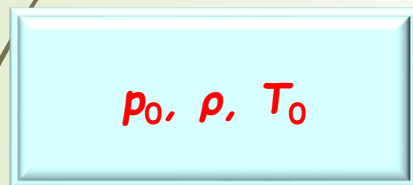
Θερμοδυναμική μεταβλητή ή θερμοδυναμικό μέγεθος χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε ποσότητα λαμβάνεται υπόψη προκειμένου να χαρακτηριστεί μία μεταβολή της κατάστασης ενός θερμοδυναμικού συστήματος (π.χ. όγκος, θερμοκρασία, πίεση, εσωτερική ενέργεια κλπ). Οι θερμοδυναμικές μεταβλητές εξαρτώνται μόνο από την αρχική και τελική κατάσταση του συστήματος (όχι από τις ενδιάμεσες καταστάσεις).



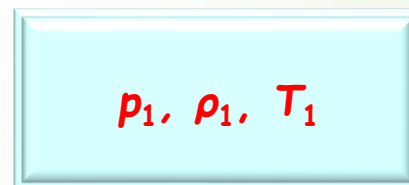
Θερμοδυναμική ισορροπία έχουμε όταν το θερμοδυναμικό σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση κατά την οποία δεν μεταβάλλονται οι ιδιότητές του με το χρόνο (π.χ. η πίεση, η πυκνότητα, η θερμοκρασία του αερίου έχουν την ίδια τιμή σε όλη την έκτασή του).



Κατάσταση
μη ισορροπίας



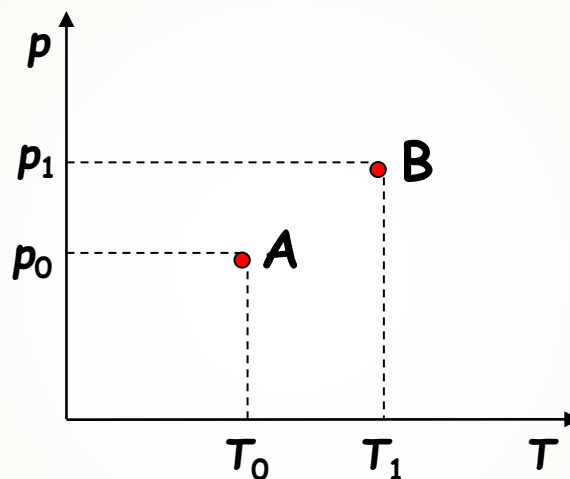
Κατάσταση
ισορροπίας A



Κατάσταση
ισορροπίας B



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



Ένα σύστημα που δεν βρίσκεται σε ισορροπία δεν παριστάνεται γραφικά.

Αντιστρεπτές μεταβολές





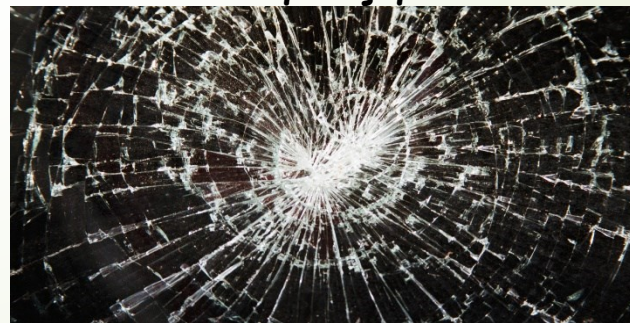
Αντιστρεπτή ονομάζουμε εκείνη τη **μεταβολή** κατά την οποία υπάρχει δυνατότητα επαναφοράς του συστήματος και του περιβάλλοντος στην αρχική τους κατάσταση, μέσα από διαδοχικές καταστάσεις ισορροπίας.

Οι μεταβολές στη φύση είναι **μη αντιστρεπτές**.

ψήσιμο αυγού



σπάσιμο τζαμιού

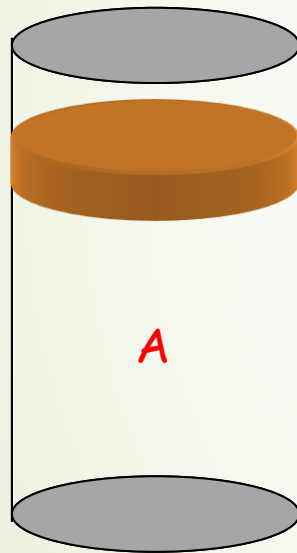


Πραγματοποίηση αντιστρεπτής μεταβολής

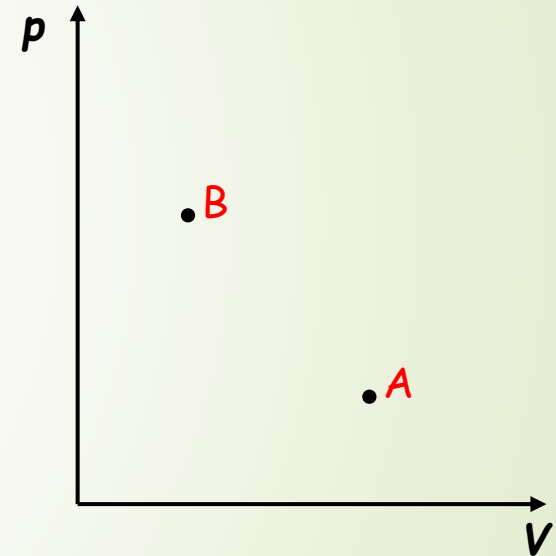
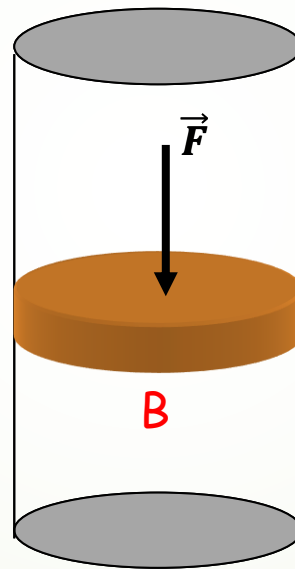
10

Αν πάμε από μια κατάσταση ισορροπίας A σε μια άλλη κατάσταση ισορροπίας B **απότομα**, δεν μπορούμε να πραγματοποιήσουμε αντιστρεπτή μεταβολή.

Αρχική
κατάσταση A



Τελική
κατάσταση B



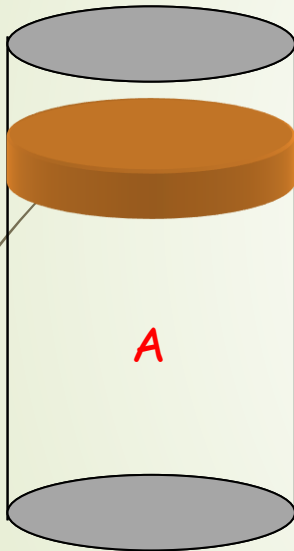
Αυτή η μεταβολή δεν μπορεί να παρασταθεί σε διάγραμμα.

Παριστάνονται με σημεία A και B μόνο η **αρχική** και η **τελική κατάσταση**.

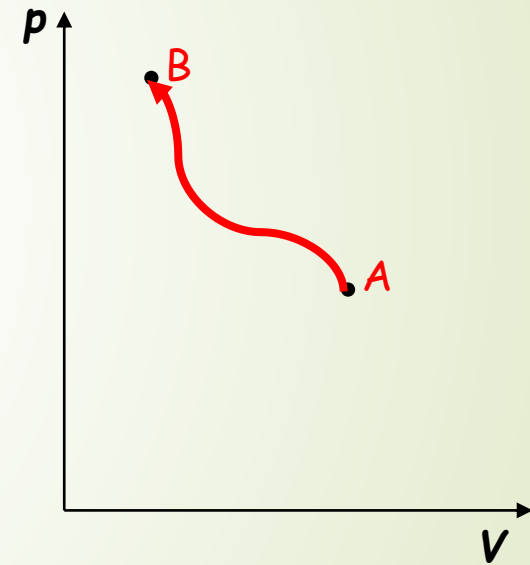
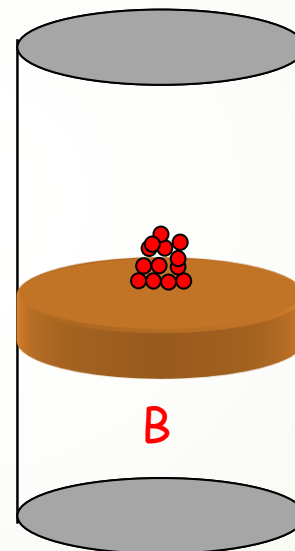
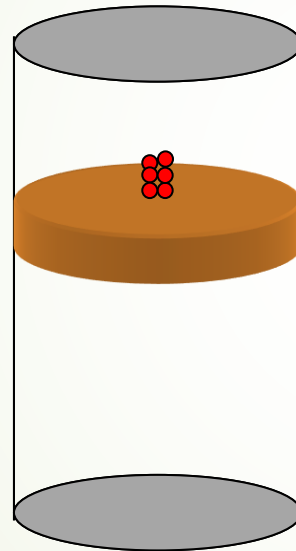


Ιδανικά, θα μπορούσαμε να πετύχουμε **αντιστρεπτή μεταβολή** μέσα από μια **αργή διαδικασία**, ώστε το σύστημα να περνά από **διαδοχικές καταστάσεις ισορροπίας**, χωρίς απώλεια ενέργειας.

Αρχική
κατάσταση A

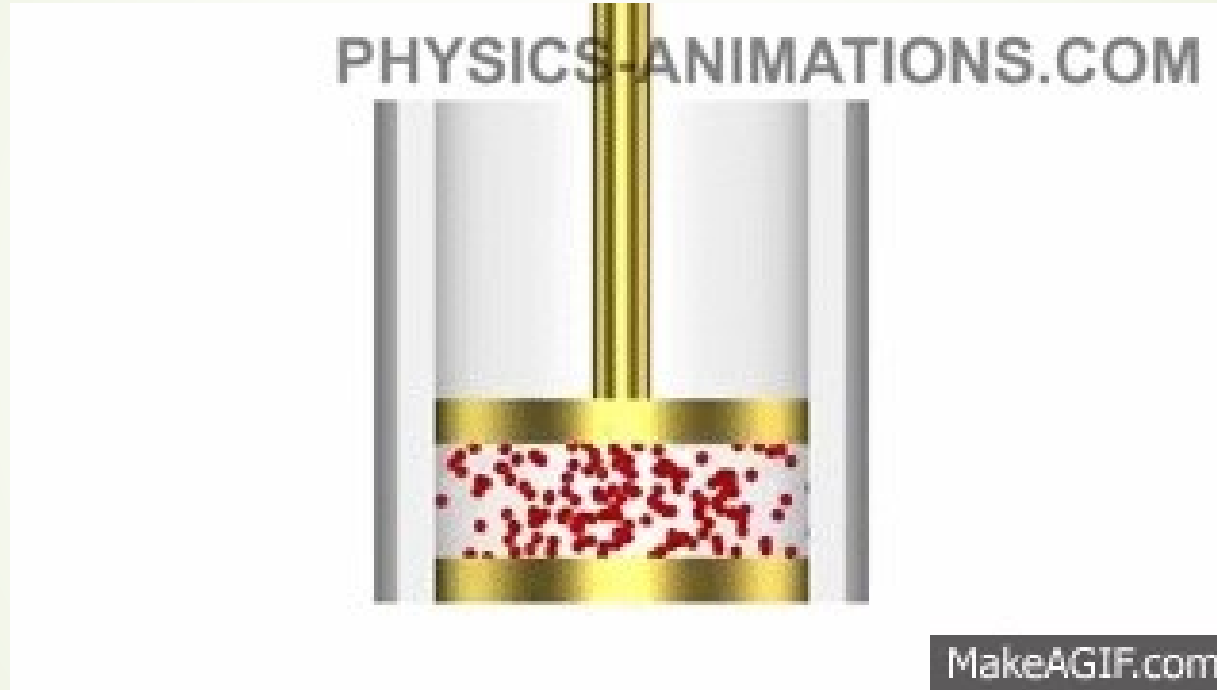


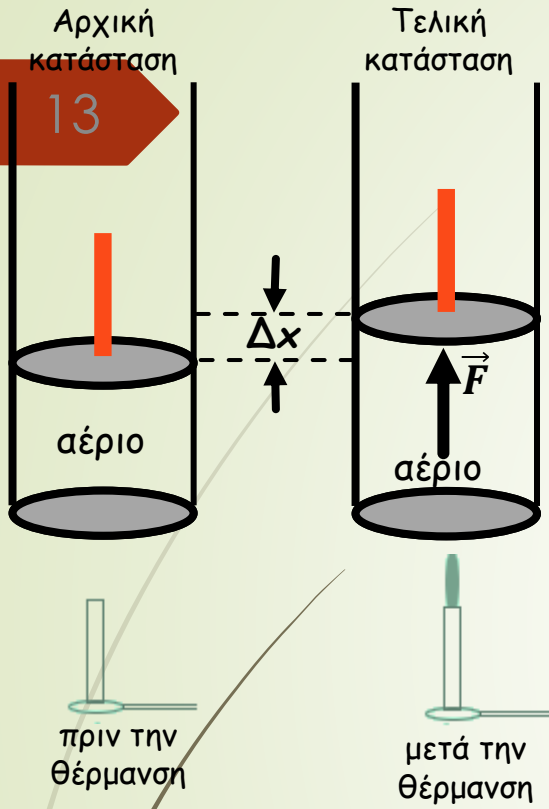
Τελική
κατάσταση B



Η **αντιστρεπτή μεταβολή** μπορεί να παρασταθεί από μια **συνεχή γραμμή**.

Έργο παραγόμενο από αέριο κατά τη διάρκεια μεταβολών όγκου





Το **αέριο** στον κύλινδρο **εκτονώνεται**, ασκείται στο έμβολο από τα μόρια δύναμη $\vec{F}$, το **έμβολο μετατοπίζεται κατά Δx** και παράγεται έργο ΔW .

$$\Delta W = F \cdot \Delta x \quad (1)$$

$$F = p \cdot A \quad (2)$$

$$(1) \xrightarrow{(2)} \Delta W = p \cdot \boxed{A \cdot \Delta x}$$

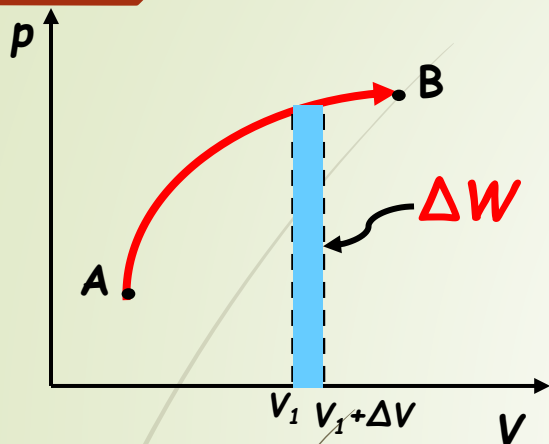
$$\Delta W = p \cdot \Delta V \quad (3)$$



!!!!!! Το έργο που υπολογίζεται από την σχέση (3) αφορά μόνο το έργο της δύναμης από το αέριο κι όχι από οποιαδήποτε άλλη δύναμη που μπορεί να δρα στο έμβολο.

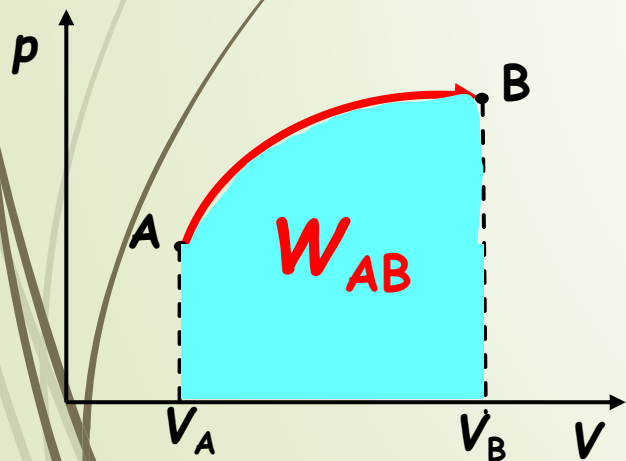
Υπολογισμός έργου από γραφική παράσταση $p - V$

14



Σε μια τυχαία αντιστρεπτή μεταβολή, το αέριο πηγαίνει από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B αυξάνοντας τον όγκο του.

Σε γραφική παράσταση $p - V$, το εμβαδόν του (έγχρωμου) παραλληλογράμμου αριθμητικά είναι ίσο με το έργο του αερίου κατά την εκτόνωσή του κατά ΔV .



Το **έργο** ενός αερίου σε μια αντιστρεπτή μεταβολή αριθμητικά είναι **ίσο με το εμβαδόν** της επιφάνειας που περικλείεται από τη γραμμή του διαγράμματος και τον οριζόντιο άξονα, σε γραφ. παράσταση $p - V$.

Διερεύνηση της σχέσης $W = p \cdot \Delta V$

Αν $\Delta V > 0$ $V_T - V_a > 0$ $V_T > V_a$ (εκτόνωση)

τότε $W > 0$ (έργο αερίου θετικό)

(μεταφορά ενέργειας από το αέριο στο περιβάλλον)

Αν $\Delta V < 0$ $V_T - V_a < 0$ $V_T < V_a$ (συμπύεση)

τότε $W < 0$ (έργο αερίου αρνητικό)

(μεταφορά ενέργειας από το περιβάλλον στο αέριο)

Παρακάτω δίνονται μερικές διευθύνσεις όπου μπορείτε να βρείτε αναρτήσεις για το θέμα
« Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Έργο αερίου ».

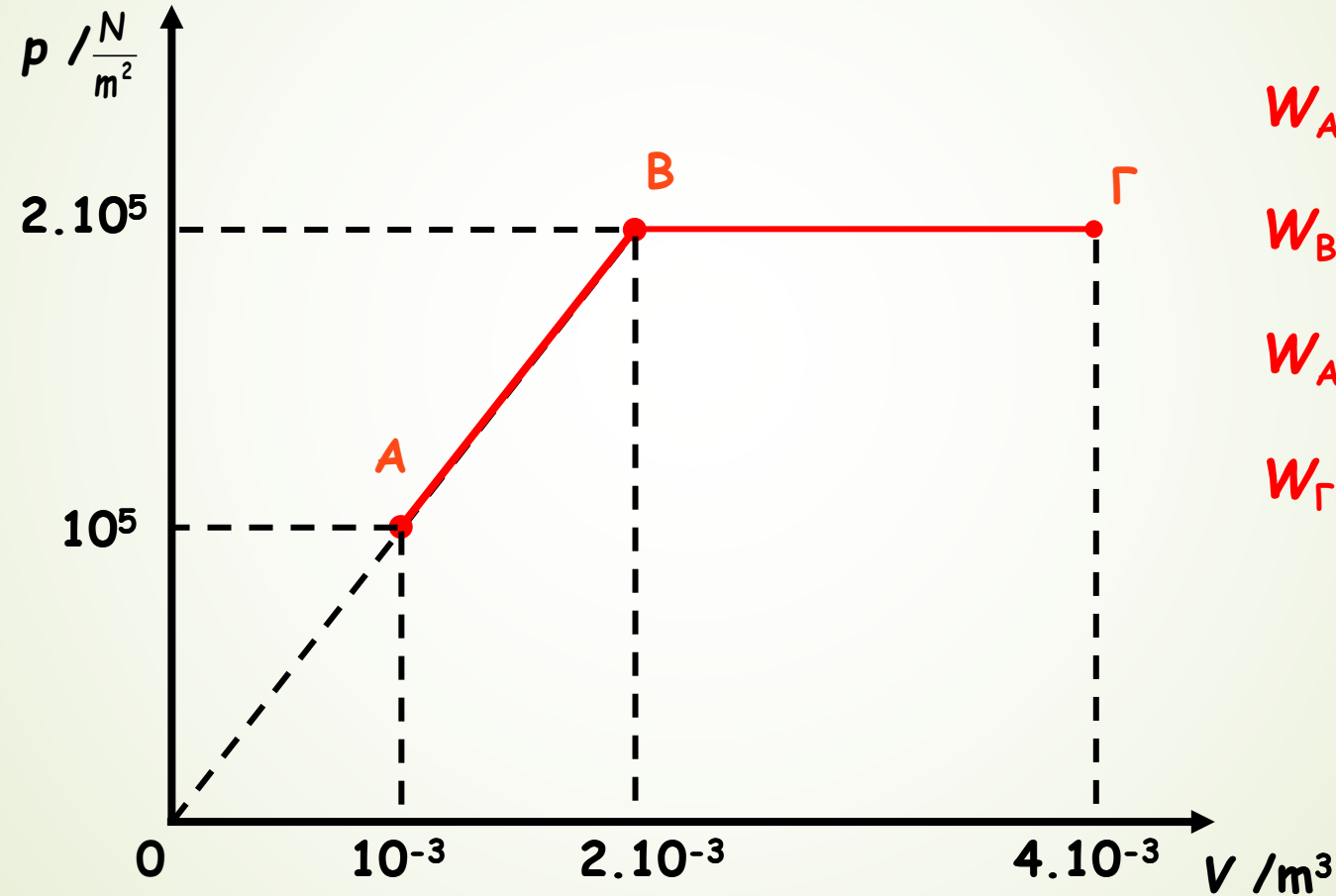
- Διαδικτυακά μαθήματα από τον ιστότοπο ZimZam Physics [εδώ](#) κι [εδώ](#).
- Πολλές ερωτήσεις και ασκήσεις από το Υλικό Φυσικής - Χημείας [εδώ](#).

Εφαρμογές



Εφαρμογή υπολογισμού έργου αερίου

18 Ένα αέριο υφίσταται τις μεταβολές που φαίνονται στην παρακάτω γραφική παράσταση p - V . Να υπολογίσετε το έργο κατά τις μεταβολές AB , $B\Gamma$, $AB\Gamma$ και ΓBA .



$$W_{AB} = 150 \text{ J}$$

$$W_{B\Gamma} = 400 \text{ J}$$

$$W_{AB\Gamma} = 550 \text{ J}$$

$$W_{\Gamma BA} = -550 \text{ J}$$



Ερωτήσεις από το βιβλίο (από σελ. 129)

1. Αναφέρετε δύο μη αντιστρεπτές μεταβολές, διαφορετικές από αυτές που αναφέρονται στο βιβλίο.

π.χ. **ψήσιμο φαγητού, πτώση σώματος, έκρηξη πυροβόλου** κλπ

2. Το έργο ενός αερίου είναι **θετικό** όταν (το αέριο) **εκτονώνεται**.....
και αρνητικό όταν **συμπιέζεται**..... (Συμπληρώστε τα κενά)

3. Ποια από τις επόμενες προτάσεις που αφορούν στο έργο ενός αερίου είναι σωστή;

- α) Ένα αέριο παράγει έργο μόνο όταν υποβάλλεται σε αντιστρεπτή μεταβολή.
- ☒ β) Αν ο όγκος του αερίου δε μεταβάλλεται, το έργο του αερίου είναι μηδέν.
- γ) Σε κάθε μεταβολή, αντιστρεπτή ή όχι, το έργο ενός αερίου μπορεί να υπολογιστεί από το διάγραμμα $p - V$.
- δ) Ο υπολογισμός του έργου του αερίου από το διάγραμμα $p - V$ είναι δυνατός μόνο στην περίπτωση της μη αντιστρεπτής μεταβολής.



Ασκήσεις από το βιβλίο

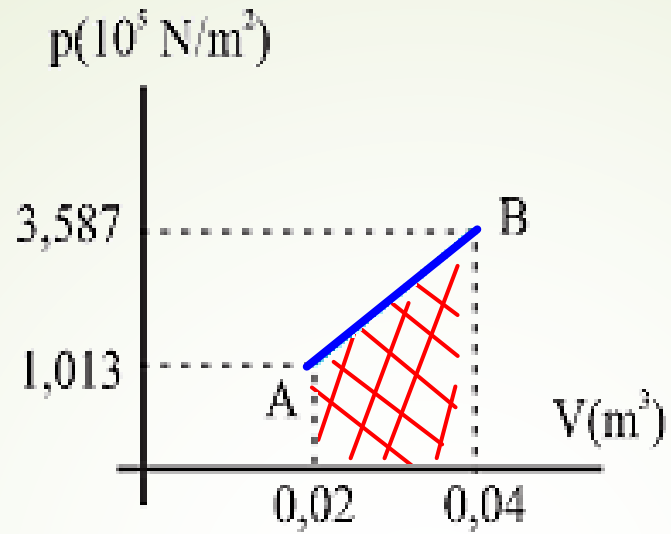
(από σελ. 136)

23

40. Αέριο με όγκο $0,004 \text{ m}^3$ θερμαίνεται με σταθερή πίεση $p = 1,2 \text{ atm}$ μέχρι ο όγκος του να γίνει $0,006 \text{ m}^3$. Υπολογίστε το έργο που παράγει το αέριο. Δίνεται $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. **243,1 J**

41. Δύο mol αερίου θερμαίνονται από τους 27°C στους 127°C . Η θέρμανση του αερίου γίνεται με σταθερή πίεση. Υπολογίστε το έργο που παράγει το αέριο. Δίνεται $R = 8,314 \text{ J/(mol.K)}$. **1663 J**

43.



Το παραπάνω διάγραμμα παριστάνει τη μεταβολή ενός αερίου από την κατάσταση A στην κατάσταση B. Υπολογίστε το έργο του αερίου κατά τη μεταβολή αυτή. **4600 J**