

## Ισορροπία – αντιστρεπτές μεταβολές – έργο αερίου

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

Έκρηξη πυρίτιδας, η καύση του ξύλου, το λιώσιμο χιονιού, το σάπισμα φρούτου, η ενηλικίωση μας, το κτήριο που φθείρεται, ... Όλες οι μεταβολές στη φύση είναι μη αντιστρεπτές είτε γιατί δεν συμβαίνουν αργά, είτε γιατί με αντίστροφους χειρισμούς δεν μπορούν να ακολουθήσουν την αντίστροφη πορεία...

2. Το έργο ενός αερίου είναι **ΘΕΤΙΚΟ** όταν **ΕΚΤΟΝΩΝΕΤΑΙ** και αρνητικό όταν **ΣΥΜΠΙΕΖΕΤΑΙ**. Συμπληρώστε τα κενά.

3. Ποιες από τις επόμενες προτάσεις που αφορούν στο έργο ενός αερίου είναι σωστές;

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

(α) Το αέριο όταν εκτονώνεται αποδίδει έργο. Απλά! Αυτό το έργο μπορούμε να το υπολογίσουμε από το «εμβαδόν» του P-V, όταν η μεταβολή είναι αντιστρεπτή. (όταν λάστιχο αυτοκινήτου σκάει, καλό είναι να είσαι αρκετά μακριά)

(β) Στις ισόχωρες μεταβολές  $W=0$ .

(γ) Δες απάντηση (α)

(δ) Στις μη αντιστρεπτές δεν υπάρχει γράφημα, παρά μόνο η αρχική και η τελική κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας. Επομένως δεν ορίζεται «εμβαδόν».

4 Διαθέτουμε ένα δοχείο χωρισμένο στη μέση με μεμβράνη. Στον ένα χώρο του δοχείου βρίσκεται κάποιο αέριο ενώ ο άλλος είναι κενός. Κάποια στιγμή σπάει η μεμβράνη και το αέριο καταλαμβάνει όλο το χώρο του δοχείου. Το έργο του αερίου είναι θετικό, αρνητικό ή μηδέν; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Το έργο είναι **ΜΗΔΕΝ** ! Εδώ έχουμε μια ελεύθερη εκτόνωση, αφού το περιβάλλον δεν αλληλεπιδρά με το αέριο. Επομένως δεν έχουμε κάποια ενεργειακή δόσοληψία!

## Θερμότητα – Εσωτερική ενέργεια

5. Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές;

- α) Ένα σώμα έχει θερμότητα όταν είναι ζεστό. (Λ)
- β) Εάν φέρουμε σε θερμική επαφή δύο σώματα A και B, διαφορετικής θερμοκρασίας ( $T_A > T_B$ ) μεταφέρεται ενέργεια (θερμότητα) από το σώμα με την υψηλότερη θερμοκρασία προς το σώμα με τη χαμηλότερη θερμοκρασία. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της εσωτερικής ενέργειας του σώματος A και την αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του σώματος B. (Σ)
- γ) Με την τριβή δεν αυξάνεται η θερμότητα των σωμάτων που τρίβονται αλλά η εσωτερική τους ενέργεια. (Σ)
- δ) Θερμότητα και θερμοκρασία είναι διαφορετικές ονομασίες που αποδίδονται στην ίδια έννοια. (Λ)
- ε) Η εσωτερική ενέργεια ενός αερίου είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του. (Σ)

(α) Δεν **έχει** θερμότητα. Μπορεί να αποδώσει ή να λάβει. Ζεστό σημαίνει υψηλή θερμοκρασία, που σχετίζεται με την εσωτερική ενέργεια του σώματος.

(β) Τέλεια πρόταση. Μπορείς να εξηγήσεις με αυτή τη πρόταση, την λειτουργία των καλοριφέρ...

(γ) Δες πρόταση (α), (β)

(δ) Η θερμότητα είναι ενέργεια που ανταλλάσσει ένα σύστημα, ενώ η θερμοκρασία πόσο ζεστό είναι ένα σύστημα. (Η κάφτρα του τσιγάρου  $800^\circ\text{C}$ , λιώνει μικρότερη ποσότητα χιονιού, σε σχέση με ένα βραστό αυγό θερμοκρασίας  $50^\circ\text{C}$ )

6. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.

- α) Η εσωτερική ενέργεια ενός αερίου είναι το άθροισμα των δυναμικών ενεργειών των μορίων του. (Λ)
- β) Η εσωτερική ενέργεια ενός αερίου εξαρτάται μόνο από την πίεση στην οποία βρίσκεται. (Λ)
- γ) Ένα θερμοδυναμικό σύστημα μπορεί να μεταβεί από μια αρχική κατάσταση σε κάποια άλλη με πολλούς τρόπους. Η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα μεταβαίνει από την αρχική στην τελική κατάσταση. (Λ)
- δ) Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ιδανικού αερίου εξαρτάται μόνο από την αρχική και τελική κατάσταση. (Σ)

(α) Δυναμικών και κινητικών ενεργειών (λόγω μεταφοράς και λόγω στροφής)

(β) Η εσωτερική ενέργεια ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου, έχει εξάρτηση από θερμοκρασία. Αν το αέριο είναι πραγματικό, τότε σχετίζεται και με τη δομή που έχει το μόριο (η δομή καλύπτει ζητήματα στροφής...)

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

(γ), (δ) Εξαρτάται μόνο από την αρχική και τελική κατάσταση (θερμοκρασιακή διαφορά).

7. Σώμα αφήνεται να ολισθήσει σε πλάγιο επίπεδο. Η εσωτερική ενέργεια του σώματος μεταβάλλεται:

- α) αν μεταβληθεί η θερμοκρασία του. (Σ)
  - β) διότι μεταβάλλεται η ταχύτητά του. (Λ)
  - γ) διότι μεταβάλλεται το ύψος στο οποίο βρίσκεται το σώμα. (Λ)
- Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.

8 Δύο διαφορετικές ποσότητες αερίου βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία. Ποια από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστή;

- α) Οι δύο ποσότητες έχουν την ίδια εσωτερική ενέργεια. (Λ)
- β) Μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια έχει η μεγαλύτερη ποσότητα. (Σ)
- γ) Μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια έχει η ποσότητα που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο όγκο. (Λ)
- δ) Μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια έχει το αέριο με τη μεγαλύτερη πίεση. (Λ)

Η εξήγηση οφείλεται στην εξίσωση  $U = \frac{3}{2}nRT$ , που εκφράζει την εσωτερική ενέργεια ιδανικού αερίου

### Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος

9. Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο, το ποσό θερμότητας που απορροφά ή αποβάλλει ένα θερμοδυναμικό σύστημα είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα 1) της μεταβολής **ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ** του συστήματος και 2) **ΕΡΓΟΥ** που παράγει ή δαπανά το σύστημα. (Συμπληρώστε τις λέξεις που λείπουν).

Ισχύει η μαθηματική –αλγεβρική- εξίσωση :  $Q = \Delta U + W \dots$

10. Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος:

- α) Αποτελεί μια έκφραση της αρχής διατήρησης της ενέργειας. (Σ)
- β) Αναφέρεται σε μονωμένα θερμοδυναμικά συστήματα. (Λ)
- γ) Ισχύει μόνο στα αέρια. (Λ)
- δ) Ισχύει μόνο στις αντιστρεπτές μεταβολές. (Λ)

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

Ο 1<sup>ος</sup> θερμοδυναμικός νόμος εκφράζει την αρχή διατήρησης της ενέργειας και ως εκ τούτου ισχύει πάντοτε και σε κάθε είδους φαινόμενα (αντιστρεπτά, μη αντιστρεπτά, σε αέρια, σε υγρά, εδώ στη Γη, εκεί στον ήλιο, ...)

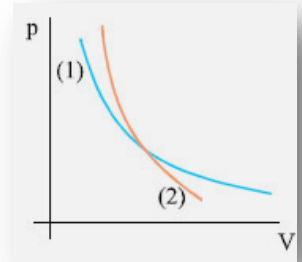
11. Σε μια κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή, το εμβαδόν στο διάγραμμα  $P=f(V)$ , που περικλείεται από την κλειστή γραμμή, εκφράζει το έργο που κερδίζει το περιβάλλον σε κάθε κύκλο (Σ)

12. Να συμπληρώσετε τα κενά:

Το έργο ενός αερίου είναι θετικό όταν το αέριο **ΕΚΤΟΝΩΝΕΤΑΙ**. Στην **ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ** αντιστρεπτή εκτόνωση το έργο του αερίου είναι ίσο με την ελάττωση της εσωτερικής του ενέργειας. Στην **ΙΣΟΘΕΡΜΗ** αντιστρεπτή εκτόνωση το έργο του αερίου είναι ίσο με τη θερμότητα που απορροφά το αέριο.

13 Στο διάγραμμα του σχήματος παριστάνεται μια ισόθερμη και μια αδιαβατική μεταβολή ορισμένης ποσότητας αερίου. Ποια καμπύλη αντιστοιχεί σε κάθε μεταβολή; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Στην αδιαβατική εκτόνωση, το αέριο ψύχεται. Επομένως καθώς η καμπύλη της αδιαβατικής μεταβολής κατεβαίνει από μια υψηλότερη θερμοκρασία, σε μια χαμηλότερη, τέμνει ισόθερμες που είναι ανάμεσα στην αρχική και τελική τιμή της θερμοκρασίας. Αυτό σημαίνει ότι η αδιαβατική καμπύλη είναι πιο απότομη από την ισόθερμη.



Έστω : (1) → ισόθερμη και (2) → αδιαβατική.

14 Ένα αέριο, που αρχικά βρίσκεται στην κατάσταση Α, μεταβαίνει στην κατάσταση Β με σταθερή πίεση και στη συνέχεια στην κατάσταση Γ, με σταθερό όγκο, όπως δείχνει το σχήμα.

1. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου κατά τη διεργασία ΑΒ είναι:

α) Θετική; β) Αρνητική; γ) Μηδέν;

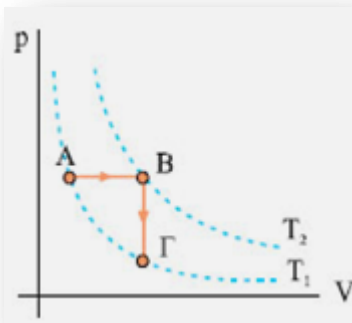
2. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου κατά τη διεργασία ΒΓ είναι:

α) Θετική; β) Αρνητική; γ) Μηδέν;

3. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του συστήματος κατά τη μετάβασή του από την κατάσταση Α στην Γ είναι:

α) Θετική; β) Αρνητική; γ) Μηδέν;

Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας.



$$1. \Delta U = U_{\text{τελ}} - U_{\text{αρχ}} = \frac{3}{2}nR (T_2 - T_1) \rightarrow \Delta U > 0$$

$$2. \Delta U = U_{\text{τελ}} - U_{\text{αρχ}} = \frac{3}{2}nR (T_1 - T_2) \rightarrow \Delta U < 0$$

3. Η αρχική και τελική κατάσταση έχουν την ίδια θερμοκρασία  $T_1$ . Επομένως η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας  $U$  είναι μηδέν.

$$\Delta U = U_{\text{τελ}} - U_{\text{αρχ}} = \frac{3}{2}nR (T_1 - T_1) \rightarrow \Delta U = 0$$

15. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.

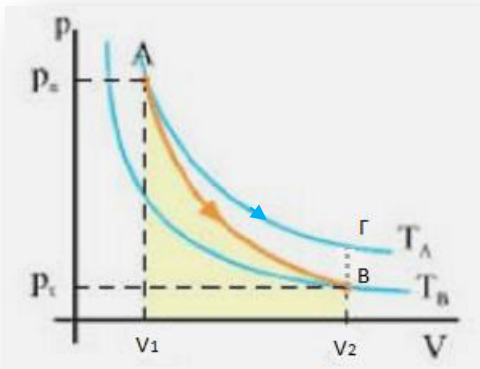
- α) Στην ισόθερμη εκτόνωση αερίου ένα μέρος της θερμότητας που απορροφά το αέριο μετατρέπεται σε έργο. (Λ)
- β) Στην ισοβαρή εκτόνωση, το έργο του αερίου είναι ίσο με το ποσό θερμότητας που απορροφά το αέριο. (Λ)
- γ) Στην ισόχωρη θέρμανση, η θερμότητα που απορροφά το αέριο είναι ίση με τη μεταβολή στην εσωτερική του ενέργεια. (Σ)
- δ) Στην αδιαβατική εκτόνωση το έργο του αερίου είναι ίσο με τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας. (Λ)

(α) Στην ισόθερμη εκτόνωση ΟΛΗ η θερμότητα που απορροφά το αέριο, αποδίδεται ως έργο στο περιβάλλον.

(β) Στην ισοβαρή εκτόνωση αυξάνεται η  $U$ , αφού αυξάνει η θερμοκρασία  $T$ .

(γ) Ισόχωρη σημαίνει  $W=0$ , οπότε ο 1<sup>ος</sup> Θερμοδυναμικός νόμος λέει  $Q=\Delta U$  !

(δ) Θέλει λίγη προσοχή εδώ. Αδιαβατική σημαίνει  $Q=0$ , οπότε ο 1<sup>ος</sup> θερμοδυναμικός νόμος λέει  $W=-\Delta U$ .



16. Ένα αέριο, που αρχικά βρίσκεται στην κατάσταση A, εκτονώνεται μέχρι ο όγκος του να γίνει  $V_2$ . Να παρασταθούν σε κοινούς άξονες P-V μια ισόθερμη και μια αδιαβατική που να οδηγούν από την αρχική κατάσταση στις τελικές καταστάσεις όγκου  $V_2$ . Σε ποιά από τις δύο μεταβολές το έργο που παράγει το αέριο είναι μεγαλύτερο;

$A \rightarrow \Gamma$  ισόθερμη εκτόνωση

$A \rightarrow B$  αδιαβατική εκτόνωση (πιο απότομη η καμπύλη)

Από τα επί μέρους «εμβαδά» στο P-V, φαίνεται ότι  $W_{A\Gamma} > W_{AB}$

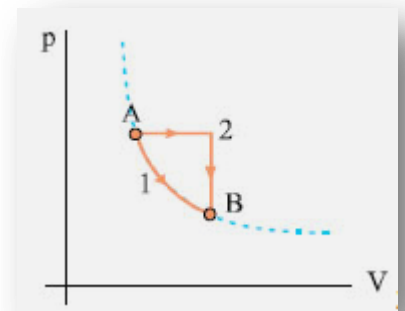
17. Ένα αέριο μπορεί να μεταβεί από μια αρχική κατάσταση A σε μια τελική κατάσταση B, με δύο τρόπους.

- α) Με μια ισόθερμη μεταβολή και
- β) Με μια ισοβαρή εκτόνωση και μια ισόχωρη μεταβολή. Οι δύο τρόποι παριστάνονται στο σχήμα με τους αριθμούς 1 και 2.

Το ποσό θερμότητας που απορροφά το αέριο είναι:

- α) Μεγαλύτερο κατά τη διαδρομή 1;
- β) Ίδιο και στις δύο περιπτώσεις;
- γ) Μεγαλύτερο κατά τη διαδρομή 2;

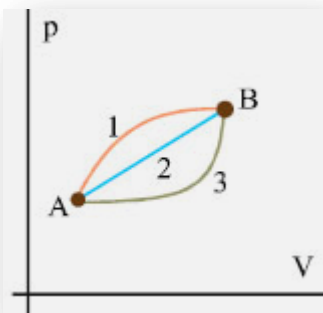
Ποια από τις προτάσεις αυτές είναι ορθή; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.



Ισχύει:  $\Delta U_1 = \Delta U_2 = 0$  διότι η τελική και η αρχική θερμοκρασία είναι ίσες.

Φαίνεται  $W_2 > W_1$  και αυτή η ανισότητα –με βάση τον 1<sup>ο</sup> Θ.Ν.- μας οδηγεί ...

$$W_2 > W_1 \rightarrow W_2 + \Delta U_2 > W_1 + \Delta U_1 \rightarrow Q_2 > Q_1$$



18. Ένα αέριο αρχικά βρίσκεται στην κατάσταση A. Το αέριο μπορεί να μεταβεί στην κατάσταση B με μία από τις μεταβολές που παριστάνονται στο διάγραμμα. Να συγκρίνετε για τις τρεις διαδρομές α) το έργο που παράγει το αέριο, β) τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου, γ) το ποσό θερμότητας που απορροφά το αέριο.

(α) λόγω «εμβαδών» ισχύει  $W_1 > W_2 > W_3$  (1)

(β) Η μεταβολή της  $U$ , είναι ίδια και στις τρεις διαδρομές  $\Delta U = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A)$

(γ) για τις θερμότητες... (1)  $\rightarrow W_1 > W_2 > W_3 \rightarrow W_1 + \Delta U > W_2 + \Delta U > W_3 + \Delta U \rightarrow Q_1 > Q_2 > Q_3$

19 Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές;

α) Στην ισόχωρη μεταβολή το έργο είναι μηδέν. (Σ)

β) Στην αδιαβατική εκτόνωση η τελική θερμοκρασία είναι μικρότερη της αρχικής. (Σ)

γ) Στην αδιαβατική εκτόνωση το έργο που παράγει το αέριο είναι ίσο με την ελάττωση της εσωτερικής του ενέργειας. (Σ)

δ) Στην ισόθερμη μεταβολή η θερμότητα του ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον είναι μηδέν. (Λ)

ε) Στην κυκλική μεταβολή το έργο του αερίου είναι ίσο με το εμβαδόν που περικλείεται από τη γραμμή στο διάγραμμα p-V. (Σ)

(γ) Η ελάττωση δεν είναι μεταβολή! Χρειάζεται λίγη προσοχή εδώ...

(ε) Το αέριο σε ένα κύκλο δίνει έργο στο περιβάλλον (+) και λαμβάνει έργο από αυτό (-). Το αλγεβρικό άθροισμα  $\Sigma W$ , όλων των έργων, εκφράζεται στο  $P - V$  με το «εμβαδόν», που περικλείεται τη συνεχή κλειστή γραμμή. (η ερώτηση δεν έχει καλή διατύπωση)

## Δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος - Θερμικές μηχανές

25. Θερμική μηχανή είναι,

α) το τρόλεϊ; β) ο φούρνος; γ) το ποδήλατο; δ) ο κινητήρας του αεροπλάνου;

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

Η θερμική μηχανή λαμβάνει θερμότητα και ένα μέρος αυτής μετατρέπει σε μηχανική ενέργεια. Αυτό, μόνο στο κινητήρα του αεροπλάνου συμβαίνει.

26. Με ποιον τρόπο αποβάλλεται θερμότητα κατά τη λειτουργία της μηχανής του αυτοκινήτου;

Εξάτμιση, σύστημα ψύξης («ψυγείο») και με τον αέρα που στέλνει το βεντιλατέρ επάνω στο κινητήρα

27. Ποια από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστή;

- α) Κάθε θερμική μηχανή λειτουργεί ανάμεσα σε δύο θερμοκρασίες. (Σ)
- β) Ο συντελεστής απόδοσης μιας θερμικής μηχανής είναι το πηλίκο της ωφέλιμης ενέργειας που μας δίνει η μηχανή προς το ποσό θερμότητας που αποβάλλεται από τη μηχανή κατά τη λειτουργία της. (Λ)
- γ) Εάν ήταν δυνατό να εξαλειφθούν οι τριβές ο συντελεστής απόδοσης των θερμικών μηχανών θα ήταν ίσος με τη μονάδα. (Λ)
- δ) Η απόδοση των θερμικών μηχανών κυμαίνεται συνήθως ανάμεσα στο 70 με 80%. (Λ)

(α) Από υψηλή θερμοκρασία το αέριο λαμβάνει θερμότητα και σε χαμηλότερη θερμοκρασία αποβάλλει μέρος της προσλαμβανόμενης.

(γ) Η φύση επιβάλλει περιορισμούς ( $2^{\circ\circ}$  θερμοδυναμικός νόμος), όχι η τεχνολογία της εποχής

(δ) Η απόδοση είναι κοντά στο 30% , αν θυμάμαι...

28 Οι παρακάτω προτάσεις αναφέρονται στο δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο. Ποιες είναι σωστές;

- α) Δεν υπάρχουν περιορισμοί στη μετατροπή της ενέργειας από τη μια μορφή στην άλλη. (Λ)
- β) Η θερμότητα ποτέ δε μετασχηματίζεται πλήρως σε μηχανική ενέργεια. (Σ)
- γ) Κατά την ισόθερμη εκτόνωση, όλο το ποσό θερμότητας που απορροφά το αέριο μετατρέπεται σε έργο. Η μεταβολή αυτή αποτελεί μια εξαίρεση στο δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο. (Λ)
- δ) Με τη σημερινή τεχνολογία δεν έχει επιτευχθεί η πλήρης μετατροπή της θερμότητας σε μηχανικό έργο. Ελπίζουμε ότι στο μέλλον θα το κατορθώσουμε. (Λ)
- ε) Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος αποκλείει την ύπαρξη μιας θερμικής μηχανής που έχει συντελεστή απόδοσης ίσο με 1. (Σ)
- στ) Το ψυγείο μεταφέρει θερμότητα από τα ψυχρά σώματα προς τα θερμότερα. (Σ)
- ζ) Η θερμότητα μεταφέρεται πάντα αυθόρμητα από τα θερμότερα προς τα ψυχρότερα σώματα. Για το αντίστροφο απαιτείται δαπάνη ενέργειας. (Σ)

(α), (β), (δ) Ο  $2^{\circ\circ}$  θερμοδυναμικός θέτει περιορισμούς και υπάρχει ένα ανώτατο όριο στην απόδοση λέει ο Carnot

(γ) Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος αναφέρεται σε θερμική μηχανή, η οποία υποβάλλει κάποια σύστημα σε κύκλο. Επομένως στην ισόθερμη η απόδοση είναι 100%, αλλά αυτό δεν αναιρεί την ισχύ του  $2^{\circ\circ}$  θερμοδυναμικού νόμου. (Δεν θα θέλαμε μια μηχανή που θα αύξανε συνεχώς τον όγκο)

(ε) Έτσι ακριβώς!

29. Λέμε ότι κατά τη λειτουργία μιας θερμικής μηχανής το ωφέλιμο έργο είναι πάντα μικρότερο από την ενέργεια που δαπανάται για τη λειτουργία της (θερμότητα). Μήπως αυτό παραβιάζει την αρχή διατήρησης της ενέργειας; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Όχι! Η ποσότητα της λαμβανόμενης από το αέριο θερμότητας, η οποία δεν μετασχηματίζεται σε μηχανικό έργο, αποβάλλεται υπό μορφής θερμότητας, σε μια χαμηλότερη θερμοκρασία.

30. Η θάλασσα έχει τεράστια εσωτερική ενέργεια. Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή την ενέργεια για την κίνηση των πλοίων; (Δικαιολογήστε την απάντησή σας).

Θα μπορούσε αν είχαμε την ψυχρή δεξαμενή! Όμως ο ατμοσφαιρικός αέρας δεν έχει καμιά ιδιαίτερη θερμοκρασία διαφορά με το νερό της θάλασσας, οπότε το ...ξεχνάμε.

31. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις που αφορούν στη μηχανή Carnot είναι σωστές;
- α) Η μηχανή που επινόησε και συναρμολόγησε ο Carnot φέρει σήμερα το όνομα του. (Λ)
  - β) Ο κύκλος του Carnot αποτελείται από δύο ισόθερμες και δύο ισόχωρες μεταβολές. (Λ)
  - γ) Η μηχανή Carnot έχει τη μεγαλύτερη απόδοση γιατί μετατρέπει εξ ολοκλήρου τη θερμότητα σε ωφέλιμο έργο. (Λ)
  - δ) Η απόδοση της μηχανής Carnot εξαρτάται μόνο από τις θερμοκρασίες των δεξαμενών υψηλής και χαμηλής θερμοκρασίας. (Σ)
  - ε) Όταν μικραίνει ο λόγος της θερμοκρασίας της ψυχρής δεξαμενής προς τη θερμοκρασία της θερμής, σε μια μηχανή Carnot, ο συντελεστής απόδοσής της μεγαλώνει (Σ)

(α) Ο Carnot κύκλο επινόησε. Δεν κατασκεύασε κάποια μηχανή..

(δ) Βεβαίως.  $e = 1 - \frac{T_c}{T_h}$  (1)

(ε) Αυτό λέει η σχέση (1)

32 Η απόδοση μιας θερμικής μηχανής δε μπορεί να είναι **ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ** από την απόδοση μιας μηχανής Carnot που λειτουργεί ανάμεσα στις ίδιες θερμοκρασίες. Ο συντελεστής απόδοσης μιας μηχανής Carnot είναι

$e = 1 - \frac{T_c}{T_h}$  (Συμπληρώστε τα κενά).