

Ας θυμηθούμε...



Στην **ισόθερμη** μεταβολή, η πίεση ορισμένης ποσότητας αερίου, του οποίου **η θερμοκρασία παραμένει σταθερή**, είναι αντίστροφα ανάλογη με τον όγκο του.

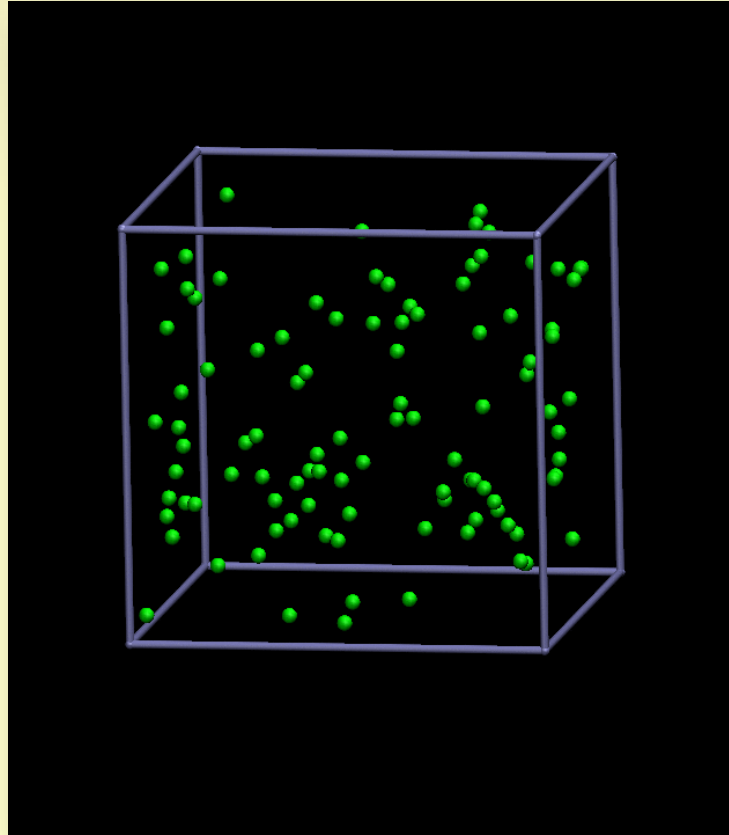
Στην **ισόχωρη** μεταβολή, η πίεση ορισμένης ποσότητας αερίου, του οποίου **ο όγκος διατηρείται σταθερός**, είναι ανάλογη με την απόλυτη θερμοκρασία του αερίου.

Στην **ισοβαρή** μεταβολή, ο όγκος ορισμένης ποσότητας αερίου, του οποίου **η πίεση διατηρείται σταθερή**, είναι ανάλογος με την απόλυτη θερμοκρασία του.

Σώμα μάζας m που καταλαμβάνει όγκο V έχει πυκνότητα $\rho = \frac{m}{V}$.

Οι συνθήκες stp είναι: $p = 1\text{atm}$ και $T = 273\text{K}$ (τότε $V_{\text{mol}} = 22,4\text{L}$).

Ιδανικά Αέρια

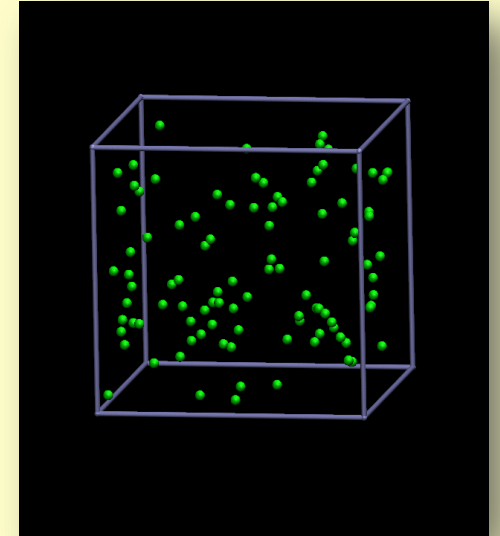




Το **ιδανικό αέριο** είναι ένα **μοντέλο** που
φτιάξαμε για να μελετήσουμε (κατά προσέγγιση)
τις ιδιότητες και την συμπεριφορά των **αερίων**.

Ας δούμε τα χαρακτηριστικά που δώσαμε
σ' αυτό το μοντέλο.

- Τα μόρια του αερίου είναι σημειακά, πεπερασμένης μάζας, που βρίσκονται σε μια διαρκή άτακτη κίνηση.
- Ο όγκος των μορίων είναι πολύ μικρός, σε σχέση με τον όγκο που καταλαμβάνει το αέριο στο χώρο που βρίσκεται.
- Μεταξύ των μορίων δεν ασκούνται σημαντικές δυνάμεις, παρά μόνο στη διάρκεια μιας κρούσης. Έτσι, μεταξύ δύο διαδοχικών κρούσεων το μόριο κινείται με σταθερή ταχύτητα.
- Οι κρούσεις είναι μετωπικές, όπου μεταβάλλονται μόνο το μέτρο και η φορά της ταχύτητας των μορίων (όχι η διεύθυνση).
- Οι κρούσεις είναι ελαστικές με αμελητέα διάρκεια (διατηρείται το σύνολο της κινητικής ενέργειας των μορίων).
- Τα μόρια δεν αλληλεπιδρούν με κανέναν άλλο τρόπο μεταξύ τους (π.χ. δεν εμφανίζονται ηλεκτρικές δυνάμεις).





Ένα μονοατομικό αέριο, αραιό και θερμό πλησιάζει περισσότερο στην συμπεριφορά του ιδανικού αερίου.

Υπάρχει
πραγματικό αέριο
σαν το ιδανικό;



Η συμπεριφορά ενός πραγματικού αερίου διαφέρει από εκείνη του ιδανικού αερίου. Όσο πιο πολύπλοκη είναι η δομή του μορίου ενός πραγματικού αερίου, τόσο περισσότερο αποκλίνει από το ιδανικό αέριο.

Σε όσα θα εξετάσουμε **θα δεχόμαστε ότι τα αέρια συμπεριφέρονται σαν ιδανικά.**

Μακροσκοπικά, ιδανικό αέριο είναι αυτό που υπακούει στους τρεις νόμους των αερίων, σε οποιεσδήποτε συνθήκες κι αν βρίσκεται.

Καταστατική Εξίσωση Ιδανικών Αερίων

Ο συνδυασμός των τριών νόμων των αερίων,

μας δίνει την **καταστατική εξίσωση**

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

όπου: R = παγκόσμια σταθερά αερίων
 n = αριθμός γραμμομορίων (mol)

$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \text{ στο SI} \quad \text{ή}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{atm.L}}{\text{mol.K}}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

m : μάζα αερίου

M : γραμμομοριακή μάζα

$$n = \frac{V}{V_{\text{mol}}}$$

V : όγκος αερίου

V_{mol} : γραμμομοριακός όγκος

$$n = \frac{N}{N_A}$$

N : αριθμός μορίων αερίου

N_A : αριθμός Avogadro

Άλλες μορφές της Καταστατικής Εξίσωσης

$$p.V = n.R.T \xrightarrow{n = \frac{m}{M}} p.V = \frac{m}{M}.R.T$$

σε συνάρτηση με τη
γραμμομοριακή μάζα

$$p.V = \frac{m}{M}.R.T \Rightarrow p = \left(\frac{m}{V.M} \right).R.T \xrightarrow{\rho = \frac{m}{V}} p = \frac{\rho.R.T}{M}$$

σε συνάρτηση με
την πυκνότητα

Υπολογισμός πυκνότητας:

$$\rho = \frac{p.M}{R.T}$$

Ιδανικό είναι το **αέριο** για το οποίο **ισχύει η καταστατική εξίσωση** για όλες τις πιέσεις και θερμοκρασίες.



Ορισμένη ποσότητα n mol αερίου βρίσκεται
αρχικά σε κατάσταση ισορροπίας $A(p_1, V_1, T_1)$



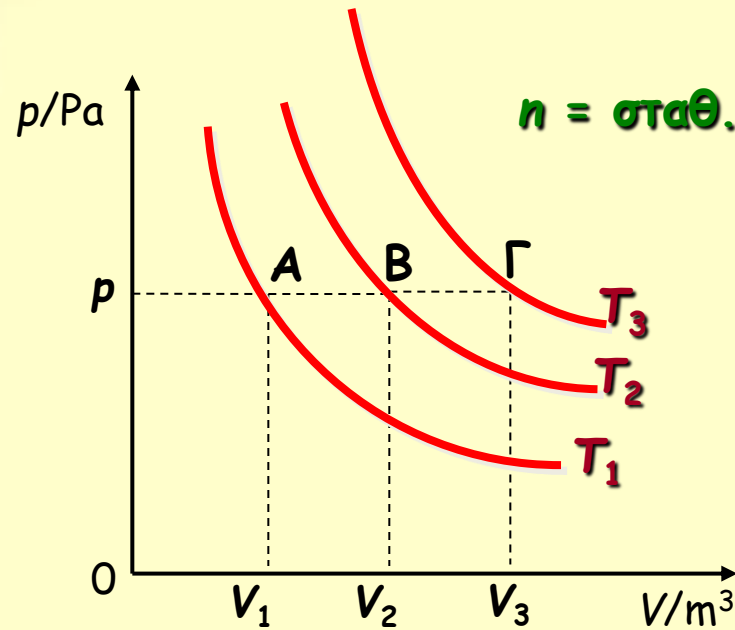
Με κάποιο τρόπο το αέριο οδηγείται σε
νέα κατάσταση ισορροπίας $B(p_2, V_2, T_2)$

$$\left. \begin{aligned} p_1 \cdot V_1 &= n \cdot R \cdot T_1 \Rightarrow \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = n \cdot R \quad (1) \\ p_2 \cdot V_2 &= n \cdot R \cdot T_2 \Rightarrow \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = n \cdot R \quad (2) \end{aligned} \right\} \xrightarrow{(1),(2)} \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Α. Παρατηρήσεις στην ισόθερμη μεταβολή.

- Ίδια ποσότητα αερίου σε διαφορετικές θερμοκρασίες

Δύο ισόθερμες καμπύλες δεν είναι δυνατόν να **τέμνονται**.

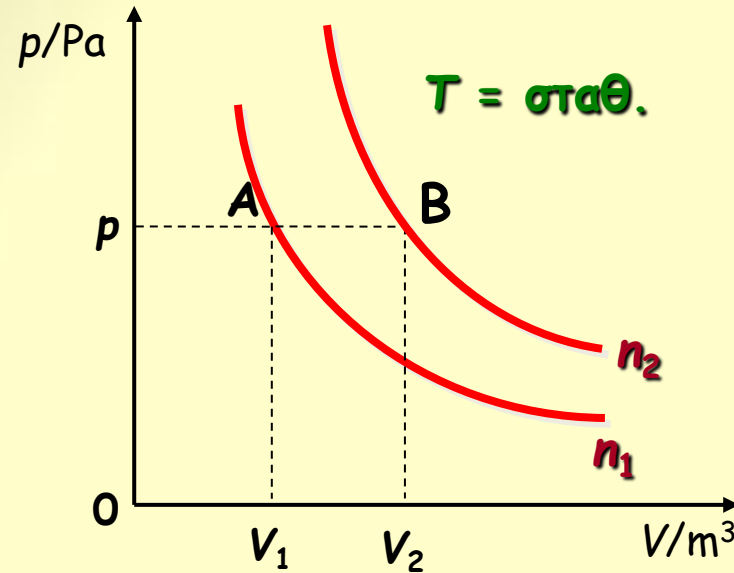


$$\left. \begin{array}{ll} p \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1 & (1) \\ p \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2 & (2) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \xrightarrow{(1)} \\ \xrightarrow{(2)} \end{array} \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} < 1$$

$T_2 > T_1$

Όσο **μεγαλύτερη** η θερμοκρασία, τόσο η υπερβολή απομακρύνεται από την αρχή των αξόνων.

- Διαφορετικές ποσότητες αερίου στην ίδια θερμοκρασία



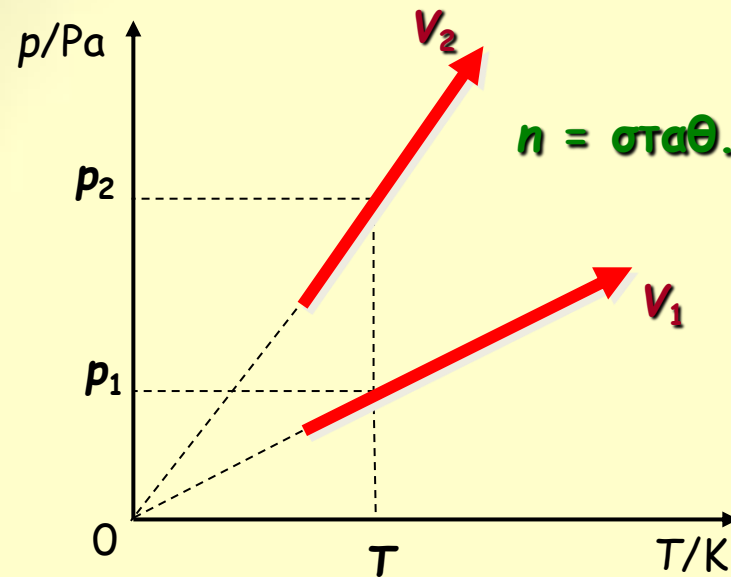
$$\left. \begin{array}{l} p \cdot V_1 = n_1 \cdot R \cdot T \quad (1) \\ p \cdot V_2 = n_2 \cdot R \cdot T \quad (2) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \xrightarrow{(1)} \\ \xrightarrow{(2)} \end{array} \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} < 1$$

$n_2 > n_1$

Όσο **μεγαλύτερη η ποσότητα αερίου**,
τόσο η υπερβολή απομακρύνεται
από την αρχή των αξόνων.

Β. Παρατηρήσεις στην ισόχωρη μεταβολή.

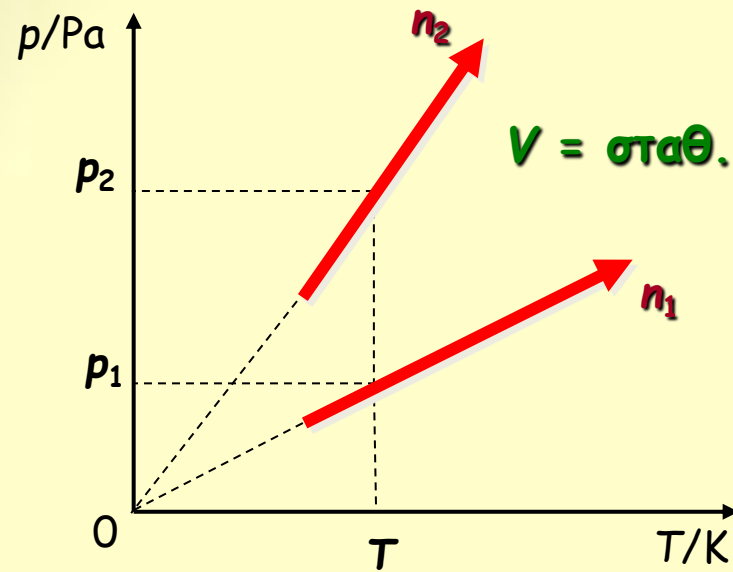
- Ίδια ποσότητα αερίου σε διαφορετικούς όγκους



$$\left. \begin{array}{l} p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T \quad (1) \\ p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T \quad (2) \end{array} \right\} \xrightarrow{(1),(2)} p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \longrightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} < 1$$

$V_1 > V_2$

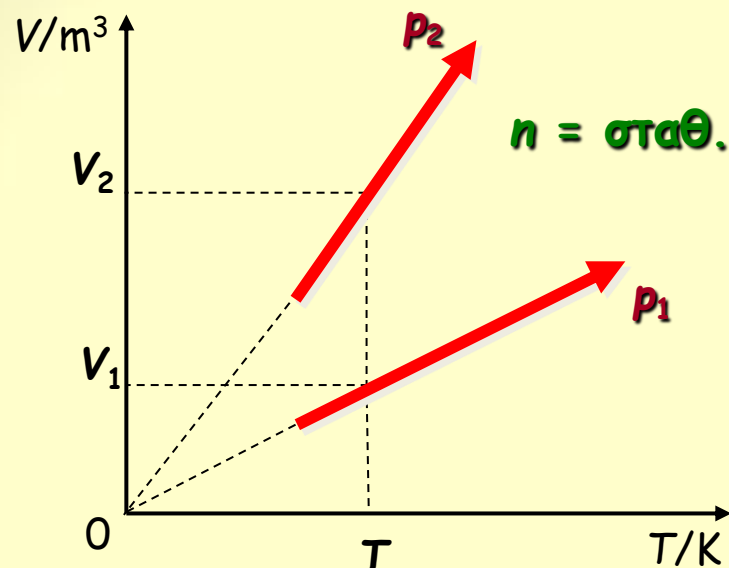
➤ Διαφορετικές ποσότητες αερίου στον ίδιο όγκο



$$\left. \begin{array}{l} p_1 \cdot V = n_1 \cdot R \cdot T \quad (1) \\ p_2 \cdot V = n_2 \cdot R \cdot T \quad (2) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \xrightarrow{(1)} \\ \xrightarrow{(2)} \end{array} \frac{p_1}{p_2} = \frac{n_1}{n_2} < 1 \quad n_2 > n_1$$

Γ. Παρατηρήσεις στην ισοβαρή μεταβολή.

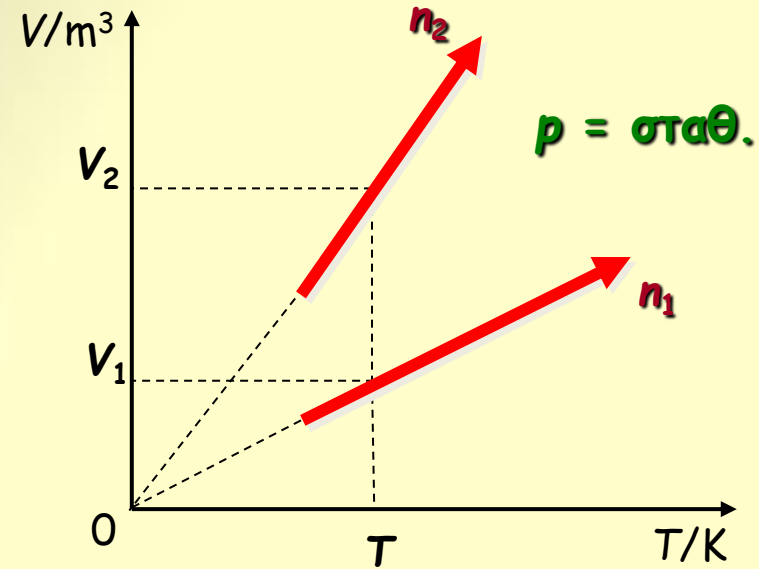
- Ίδια ποσότητα αερίου σε διαφορετικές πιέσεις



$$\left. \begin{array}{l} p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T \quad (1) \\ p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T \quad (2) \end{array} \right\} \xrightarrow{(1),(2)} p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \longrightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} < 1$$

$p_1 > p_2$

➤ Διαφορετικές ποσότητες αερίου στην ίδια πίεση

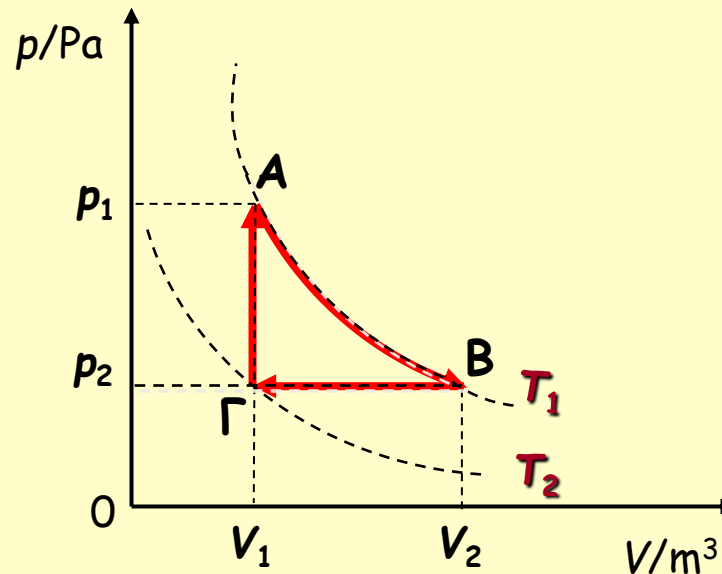


$$\left. \begin{array}{l} p \cdot V_1 = n_1 \cdot R \cdot T \quad (1) \\ p \cdot V_2 = n_2 \cdot R \cdot T \quad (2) \end{array} \right\} \xrightarrow{\frac{(1)}{(2)}} \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} < 1 \quad n_2 > n_1$$

Κυκλική μεταβολή



Κυκλική ονομάζεται η μεταβολή της κατάστασης ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου, η οποία αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών καταστάσεων ισορροπίας διαφορετικών μεταξύ τους, εκτός από την αρχική και τελική κατάσταση που συμπίπτουν.



Ερωτήσεις στην Καταστατική Εξίσωση των Αερίων

- 35 Ερωτήσεις Β' Θέματος από την Τράπεζα Θεμάτων του ΙΕΠ [εδώ](#).

Στο αρχείο θα βρείτε 35 ερωτήσεις Β' θέματος της ύλης Θετικού Προσανατολισμού, σχετικά με την Κινητική των Αερίων (Νόμοι των αερίων, Καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων, Κινητική Θεωρία).

Ερωτήσεις από το βιβλίο

(από σελ. 88)

4. Ποσότητα αερίου θερμαίνεται με σταθερό όγκο. Η πυκνότητά του

α) αυξάνεται.

β) μειώνεται.

γ) μένει σταθερή.

Ποια απάντηση είναι σωστή;

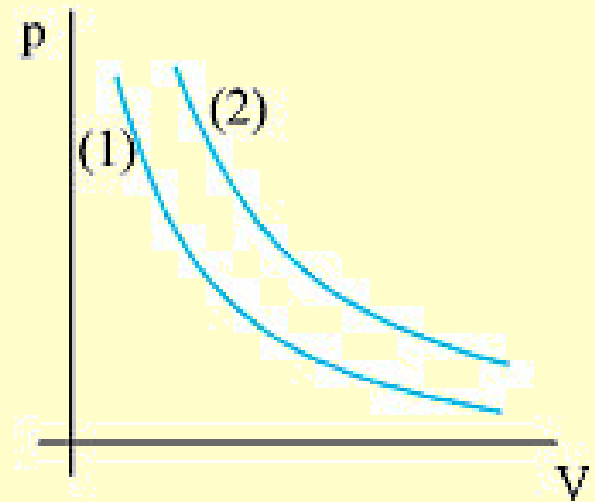
5. Στο διάγραμμα $p - V$ του διπλανού σχήματος οι καμπύλες (1) και (2) αντιστοιχούν στις ισόθερμες μεταβολές δύο αερίων που πραγματοποιήθηκαν στην ίδια θερμοκρασία. Αν n_1 και n_2 τα moles των δύο αερίων τότε:

α) $n_1 = n_2$.

β) $n_1 > n_2$.

γ) $n_1 < n_2$.

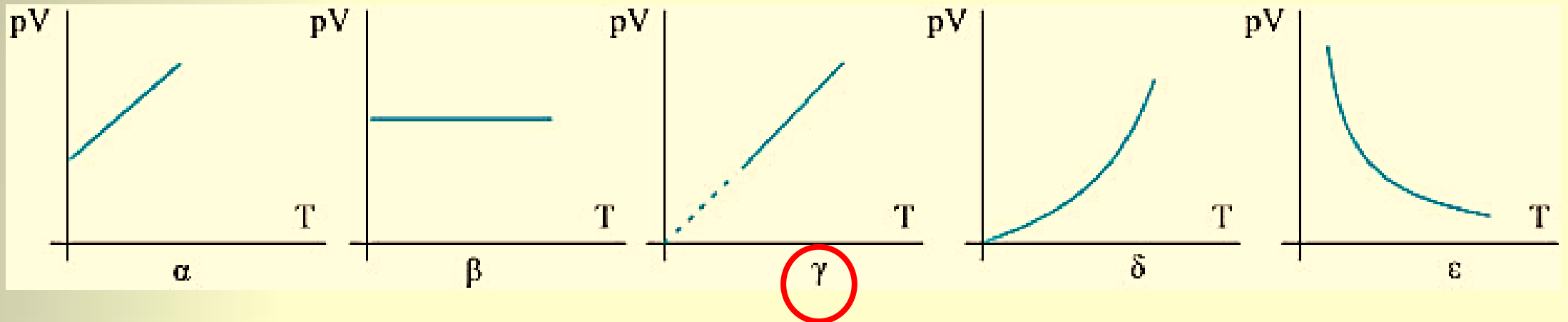
Επιλέξτε το σωστό.



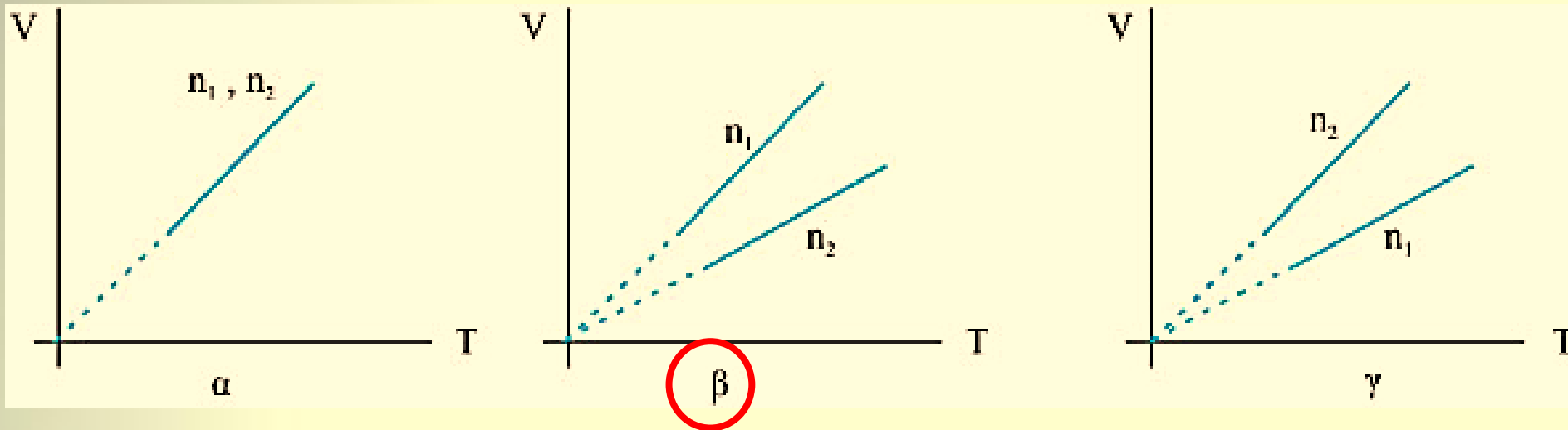
6. Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές;

- α) Η καταστατική εξίσωση ισχύει μόνο αν το αέριο αποτελείται από ένα είδος μορίων.
- β)** Τα αέρια για τα οποία ισχύει η καταστατική εξίσωση ονομάζονται ιδανικά.
- γ)** Σε ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου η παράσταση pV/T παραμένει σταθερή.
- δ) Η καταστατική εξίσωση ισχύει μόνο στα μονοατομικά αέρια.

7. Ποιο από τα επόμενα διαγράμματα παριστάνει το γινόμενο $p \cdot V$ ορισμένης ποσότητας αερίου σε συνάρτηση με την απόλυτη θερμοκρασία του;



8. Δύο ποσότητες αερίων με αριθμό γραμμομορίων n_1 και n_2 εκτελούν ισοβαρή μεταβολή στην ίδια πίεση. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα είναι το σωστό; ($n_1 > n_2$).



Ασκήσεις και προβλήματα από το βιβλίο

(από σελ. 91)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-2 (σελίδα 75)

Να βρεθεί η πυκνότητα του αέρα μια καλοκαιρινή μέρα που η θερμοκρασία είναι 27°C . Υποθέτουμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι 1atm ($1\text{atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, και ότι ο αέρας συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο με γραμμομοριακή μάζα $29 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$. Δίνεται: $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$

$$(\rho = 1,18 \text{ kg/m}^3)$$

(εκτός βιβλίου) Με βάση το προηγούμενο αποτέλεσμα, να εκτιμήσεις πόσο εύκολο θα είναι για σένα να σηκώσεις τον αέρα που υπάρχει σε μια σχολική αίθουσα διαστάσεων $8\text{m} \times 8\text{m} \times 4\text{m}$.

$$(m_{\text{αέρα}} = 302 \text{ kg})$$

16. Δοχείο σταθερού όγκου περιέχει αέρα σε θερμοκρασία 27°C και πίεση 1atm . Θερμαίνουμε το δοχείο ώστε η θερμοκρασία του αερίου να αυξηθεί κατά 60°C . Πόση θα γίνει η πίεση;

(1,2atm)

17. 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;

(0,18m³)

18. Δωμάτιο έχει διαστάσεις $4\text{m} \times 4\text{m} \times 3\text{m}$. Η θερμοκρασία στο δωμάτιο είναι 27°C και η πίεση 1atm . Να υπολογίσετε τον αριθμό των mol του αέρα στο δωμάτιο. Δίνονται: $1\text{atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$.

(1950mol)

19. Κυλινδρικό δοχείο με διαθερμικά τοιχώματα φράσσεται με εφαρμοστό έμβολο. Το δοχείο περιέχει αέρα πίεσης 1atm και βρίσκεται μέσα σε λουτρό νερού σταθερής θερμοκρασίας. Πιέζουμε το έμβολο ώστε ο όγκος του αερίου να ελαττωθεί στο $1/3$ του αρχικού. Υπολογίστε την τελική τιμή της πίεσης του αερίου.

(3atm)

20. 2×10^{-5} mol υδρογόνου βρίσκονται σε δοχείο όγκου $V = 0,25\text{m}^3$, σε θερμοκρασία 27°C . Υπολογίστε την πίεση του αερίου. Δίνονται: $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$.

(0,2N/m²)

21. Αέριο βρίσκεται μέσα σε κυλινδρικό δοχείο. Το πάνω μέρος του δοχείου κλείνεται αεροστεγώς με έμβολο. Ο όγκος του αερίου μέσα στο δοχείο είναι $0,4\text{m}^3$, η θερμοκρασία 300K και η πίεσή του 1atm . Πιέζουμε το έμβολο ώστε ο όγκος του αερίου να γίνει $0,1\text{m}^3$ οπότε παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του έγινε 600K . Υπολογίστε την τελική πίεση του αερίου.

(8atm)

22. Στο εργαστήριο μπορούν να επιτευχθούν πολύ χαμηλές πιέσεις (υψηλό κενό), έως $13 \times 10^{-15} \text{ atm}$. Υπολογίστε τον αριθμό των μορίων ενός αερίου σε ένα δοχείο 1L σε αυτή την πίεση και σε θερμοκρασία δωματίου (300K).

Δίνονται: $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$, $N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ μόρια/mol}$.

$(3,18 \times 10^8 \text{ μόρια})$

23. Να υπολογιστεί η πυκνότητα του διοξειδίου του άνθρακα σε θερμοκρασία 185°C και πίεση 1atm ($1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$). Δίνονται: η γραμμομοριακή μάζα του διοξειδίου του άνθρακα $44 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$, $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$.

$(1,17 \text{ kg/m}^3)$

24. Ένα αέριο θερμαίνεται με σταθερή πίεση. Να γίνει η γραφική παράσταση της σχέσης $\rho = f(\theta)$, όπου ρ η πυκνότητα και θ η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.

25. Σε θερμοκρασία $\theta = 27^\circ\text{C}$ και πίεση $p = 10^3 \text{ N/m}^2$ η πυκνότητα ενός αερίου είναι $8 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$. Να υπολογιστεί η γραμμομοριακή του μάζα.

Δίνεται: $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$.

$(2 \times 10^{-3} \text{ kg/mol})$

26. Ένα mol αερίου βρίσκεται σε s.t.p. Διπλασιάζουμε την πίεση διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία και στη συνέχεια τριπλασιάζουμε τον όγκο διατηρώντας σταθερή την πίεση. Να υπολογίσετε τις τελικές τιμές πίεσης, όγκου, θερμοκρασίας και να παραστήσετε γραφικά τις μεταβολές του αερίου σε άξονες $p - V$, $p - T$ και $V - T$.

(2atm, 33,6L, 819K)

32. Κυλινδρικό δοχείο, με τον άξονά του κατακόρυφο, κλείνεται αεροστεγώς στο πάνω μέρος του με έμβολο διατομής $A = 0,02\text{m}^2$ και βάρους $w = 374\text{N}$. Το αέριο μέσα στο δοχείο καταλαμβάνει όγκο $0,01\text{m}^3$ και βρίσκεται σε θερμοκρασία $27\text{ }^\circ\text{C}$. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι $p_{\text{ατ}} = 1\text{atm}$.

α) Πόση είναι η πίεση του αερίου;

β) Πόσο θα αυξηθεί ο όγκος του αερίου, αν η θερμοκρασία του γίνει $207\text{ }^\circ\text{C}$;

Δίνεται: $1\text{atm} = 1,013 \times 10^5\text{ N/m}^2$

$(1,2 \times 10^5\text{ N/m}^2, 0,006\text{m}^3)$

Ερωτήσεις και Ασκήσεις εκτός του βιβλίου

Παρατηρήσεις στις Ασκήσεις

α. Προσοχή στο σύστημα των μονάδων που χρησιμοποιείτε.
Αν δουλεύετε στο σύστημα S.I. (προτείνεται), μη ξεχνάτε να μετατρέπετε όλες τις μονάδες σ' αυτό το σύστημα.

Π.χ. Η γραμμομοριακή μάζα $M_r = 40\text{g/mol}$, θα γραφτεί $40 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ή $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.

β. Δίνονται οι τιμές των σταθερών, για όπου χρειάζονται:

$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}, \quad N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ μόρια/mol.}$$

1. Δύο διαφορετικά ιδανικά αέρια έχουν ίδιο αριθμό γραμμομορίων και ίσες πιέσεις. Για να είναι η θερμοκρασία τους ίδια πρέπει να έχουν

α. ίσες μάζες.

β. ίσες πυκνότητες.

☒ γ. ίσους όγκους.

δ. ίσες γραμμομοριακές μάζες.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

2. Τετραπλασιάζουμε την πίεση ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου διατηρώντας σταθερή την πυκνότητά του. Η απόλυτη θερμοκρασία του αερίου θα

α. διπλασιαστεί.

☒ β. τετραπλασιαστεί.

γ. υποδιπλασιαστεί.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

3. Μια ποσότητα ιδανικού αερίου ευρισκόμενη σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας, καταλαμβάνει όγκο V , έχει απόλυτη θερμοκρασία T , ενώ βρίσκεται σε πίεση p .

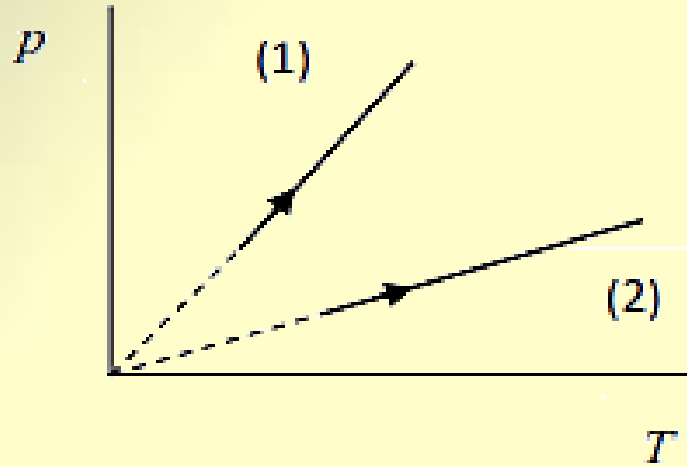
Διπλασιάζουμε τον όγκο της ποσότητας αυτής, ενώ ταυτόχρονα τετραπλασιάζουμε την πίεση της. Στην νέα κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας το αέριο θα έχει απόλυτη θερμοκρασία

α. $T' = 4T$.

β. $T' = 8T$.

γ. $T' = 2T$.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



4. Δύο ποσότητες ιδανικού αερίου υφίστανται τις αντιστρεπτές μεταβολές που παριστάνονται στο παραπάνω διάγραμμα.

A. Να χαρακτηρίσετε τις μεταβολές.

B. Εάν για τους όγκους των δοχείων που περιέχουν τα αέρια ισχύει $V_1 = V_2$, τότε για τις ποσότητες των αερίων ισχύει:

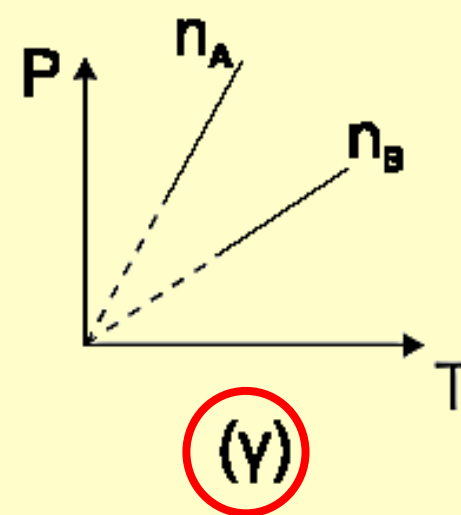
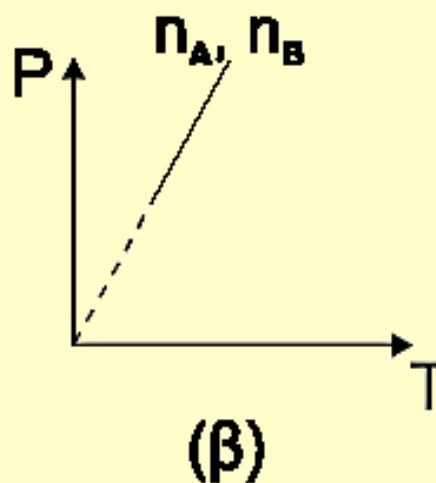
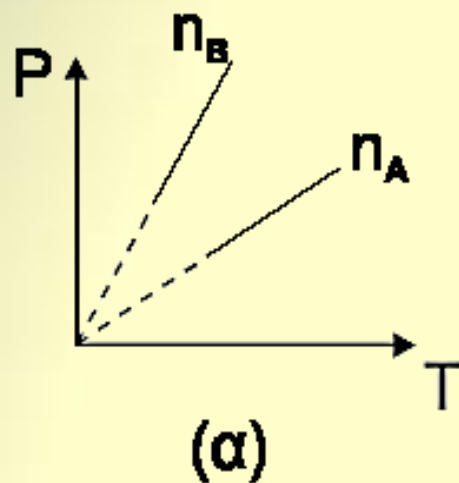
α. $n_1 = n_2$.

β. $n_1 > n_2$.

γ. $n_1 < n_2$.

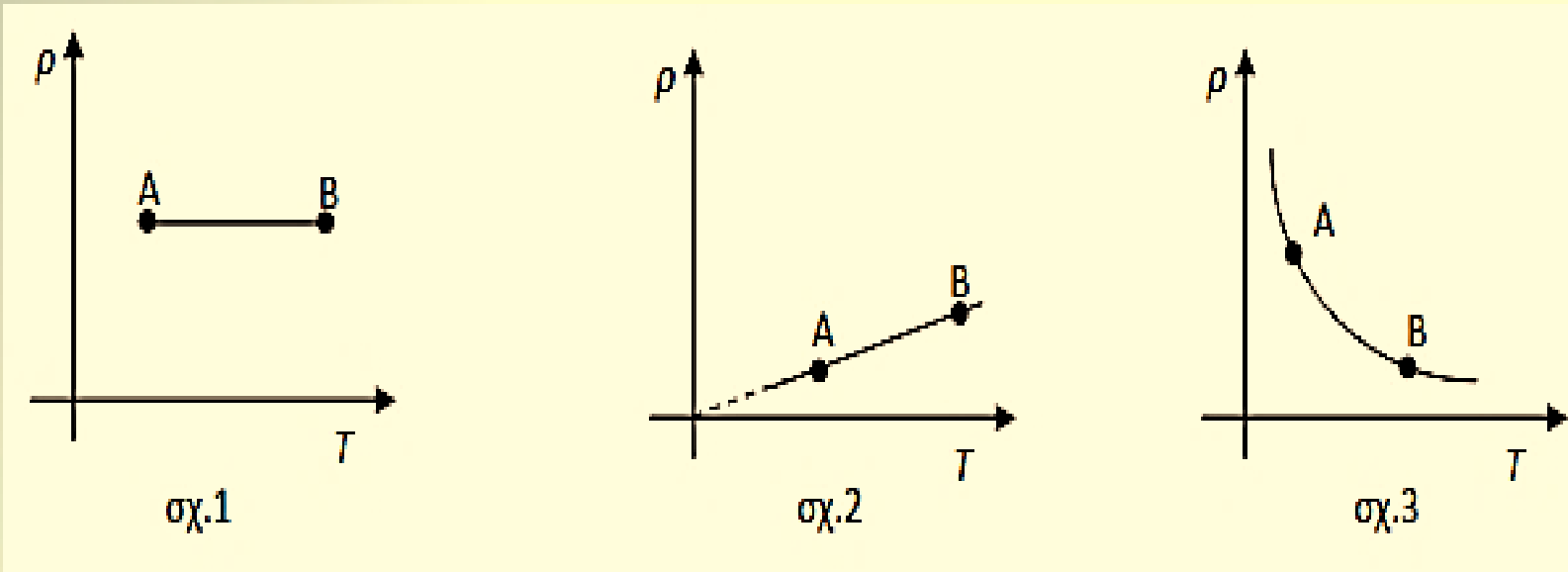
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

5. Δύο δοχεία A και B ίσου όγκου περιέχουν ιδανικό αέριο με αριθμό mol n_A και n_B αντίστοιχα, όπου $n_A > n_B$. Αν το αέριο του κάθε δοχείου υποστεί ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή, ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα είναι σωστό;



Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

6. Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου υφίσταται ισοβαρή θέρμανση από την κατάσταση Α στην κατάσταση Β.



Η γραφική παράσταση της πυκνότητας ρ του ιδανικού αερίου σε συνάρτηση με την θερμοκρασία T γι' αυτή την μεταβολή απεικονίζεται

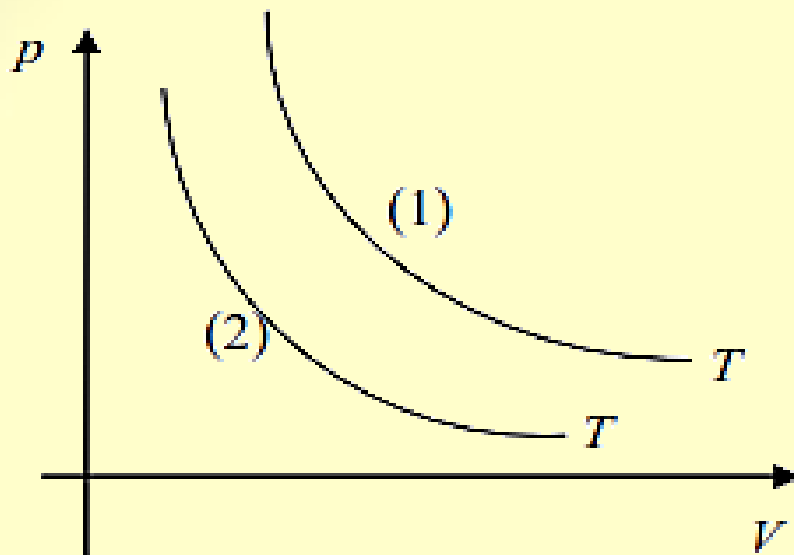
α. στο σχ.1.

β. στο σχ.2.

γ. στο σχ.3.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

7. Στο διάγραμμα $p - V$ του σχήματος, οι καμπύλες (1) και (2) αντιστοιχούν στις ισόθερμες μεταβολές δύο αερίων που πραγματοποιούνται στην ίδια θερμοκρασία T .



Αν n_1 και n_2 οι ποσότητες των δύο αερίων, τότε ισχύει:

α. $n_1 > n_2$.

β. $n_2 > n_1$.

γ. $n_2 = n_1$.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

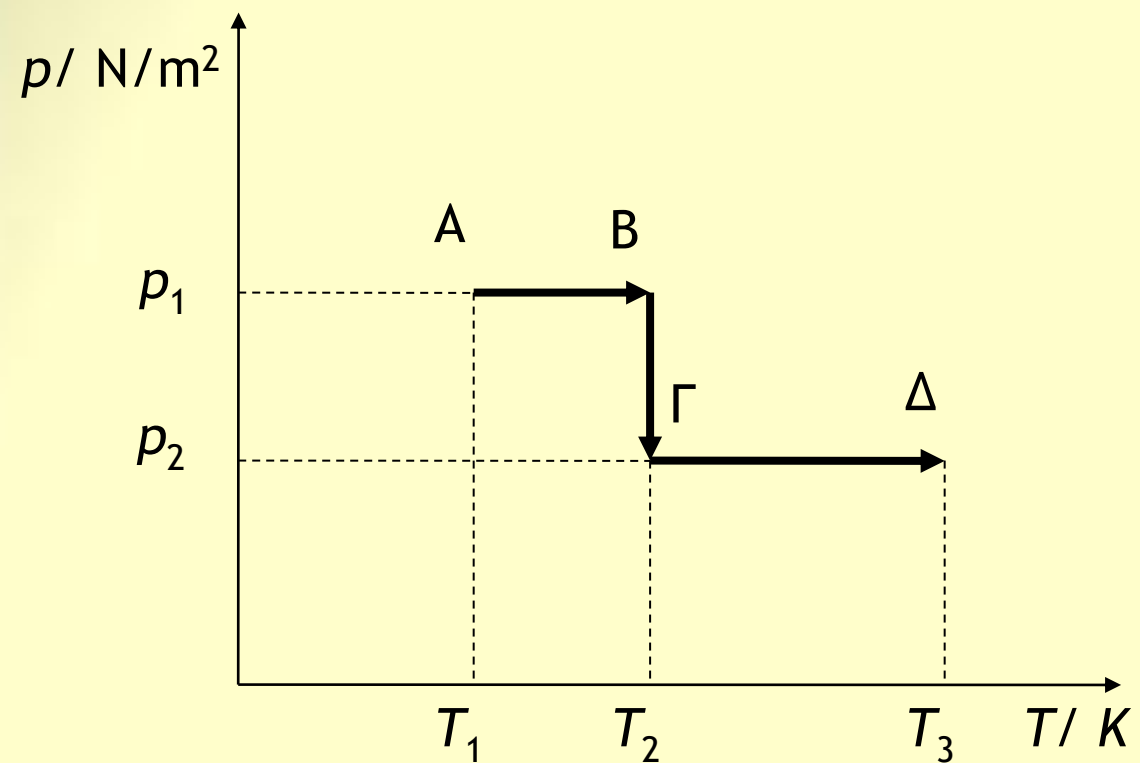
8. Μια ποσότητα ιδανικού αερίου καταλαμβάνει όγκο $V_A = 4\text{m}^3$ σε πίεση $p_A = 3 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$ και θερμοκρασία $T_A = 400\text{K}$. Το αέριο εκτελεί κυκλική μεταβολή που αποτελείται από τις παρακάτω επί μέρους μεταβολές:

- i. ισοβαρή εκτόνωση AB με $T_B = 800\text{K}$.
- ii. ισόχωρη ψύξη ΒΓ.
- iii. ισόθερμη συμπίεση ΓΑ.
- α. Να γράψετε το νόμο των αερίων που ισχύει σε κάθε μεταβολή.
- β. Να συμπληρώσετε τα κενά του παρακάτω πίνακα τιμών.

	$p / \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	V / m^3	T / K
A			
B			
Γ			

γ. Να παραστήσετε την κυκλική μεταβολή σε διαγράμματα: $(p - V)$, $(V - T)$, $(p - T)$.

9. Οι μεταβολές AB - BΓ - ΓΔ που φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα ($p - T$) να αποδοθούν σε διάγραμμα ($p - V$).



10. Η πίεση, ο όγκος και η απόλυτη θερμοκρασία ιδανικού αερίου είναι p_0 , V_0 , T_0 , αντίστοιχα. Το αέριο θερμαίνεται με σταθερή πίεση μέχρι να διπλασιαστεί η θερμοκρασία του. Μετά, συμπιέζεται με σταθερή θερμοκρασία μέχρι να τριπλασιαστεί η πίεσή του και στη συνέχεια ψύχεται με σταθερό όγκο μέχρι να υποτετραπλασιαστεί η θερμοκρασία του.

α. Να εκφράσεις τις τελικές τιμές πίεσης, όγκου και θερμοκρασίας σε συνάρτηση με τις αντίστοιχες αρχικές τιμές.

β. Να σχεδιάσεις τις γραφικές παραστάσεις των παραπάνω μεταβολών του αερίου, σε άξονες $(p - V)$, $(p - T)$, $(V - T)$.

11. Ένα αέριο βρίσκεται στην κατάσταση $A(p_0, V_0, T_0)$. Το αέριο εκτονώνεται ισόθερμα μέχρι να αποκτήσει όγκο $5V_0$ και στη συνέχεια συμπιέζεται ισοβαρώς μέχρι ο όγκος του να γίνει $3V_0$. Να σχεδιάσετε τις μεταβολές του αερίου σε άξονες $(p - V)$.

12. Αέριο ήλιο καταλαμβάνει όγκο $1,8L$, έχει πίεση $3atm$ και θερμοκρασία $57^\circ C$. Θερμαίνουμε το αέριο ώσπου να διπλασιαστούν η πίεση και ο όγκος του.

α. Πόση είναι η τελική θερμοκρασία του;

β. Πόσα γραμμάρια ηλίου υπάρχουν;

Δίνεται: $M_{r(He)} = 4$.