

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΝΟΜΟΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ – ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ

1. Η πίεση του αέρα στα λάστιχα ενός ακίνητου αυτοκινήτου με θερμοκρασία $\theta_1=7^\circ\text{C}$ είναι $P_1=3\text{ atm}$. Κατά την διάρκεια του ταξιδιού η θερμοκρασία στα λάστιχα ανεβαίνει στους $\theta_2=27^\circ\text{C}$, ενώ ο όγκος τους παραμένει σταθερός. Πόση νομίζετε ότι είναι τώρα η πίεση του αέρα στα λάστιχα;

(Απ.: 3,21 atm)

2. Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχεται ιδανικό αέριο. Αυξάνουμε την θερμοκρασία του αερίου κατά 100°C , οπότε η πίεση του αερίου αυξάνεται κατά 50%. Να βρείτε την αρχική και την τελική θερμοκρασία του αερίου σε $^\circ\text{C}$.

(Απ.: -73°C , 27°C)

3. Ένα ιδανικό αέριο παθαίνει ισοβαρή μεταβολή. Αυξάνοντας την θερμοκρασία κατά 120°C , ο όγκος του αερίου αυξάνει κατά 50%. Να βρεθεί η αρχική και η τελική θερμοκρασία του αερίου.

(Απ.: 240 K, 360 K)

4. Η πίεση στον πυθμένα μιας λίμνης είναι $2,533 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ και η θερμοκρασία 7°C . Μια φυσαλίδα αέρα ανεβαίνει από τον πυθμένα της λίμνης στην επιφάνειά της, όπου η θερμοκρασία είναι 27°C και η πίεση $1,013 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$. Να βρείτε τον λόγο των όγκων της φυσαλίδας στον πυθμένα και την επιφάνεια της λίμνης.

(Απ.: $V_1/V_2=0,373$)

5. Μια ποσότητα ιδανικού αερίου σε θερμοκρασία 27°C , καταλαμβάνει όγκο 10 L και ασκεί πίεση 10^6 N/m^2 στο έμβολο του δοχείου που την περιέχει. Αυξάνεται η θερμοκρασία του αερίου κατά 100°C , οπότε η πίεση του αυξάνει κατά 20%. Πόσος είναι ο νέος όγκος του αερίου;

(Απ.: 11,1 L)

6. Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου καταλαμβάνει όγκο $V_1=0,29\text{ L}$, ασκεί πίεση $P_1=0,82\text{ atm}$ και έχει θερμοκρασία $\theta_1=17^\circ\text{C}$.

α. Να υπολογίσετε τον αριθμό των moles του αερίου.

β. Αν η γραμμομοριακή μάζα του αερίου ισούται με 29 g/mol , να υπολογίσετε την πυκνότητα του αερίου.

γ. Διπλασιάζουμε την απόλυτη θερμοκρασία του αερίου και ταυτόχρονα υποτριπλασιάζουμε τον όγκο του. Να υπολογίσετε την τελική πίεση του αερίου. Δίνονται

$$R=0,082 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \text{ και } 1\text{ atm}=10^5\text{ N/m}^2.$$

(Απ.: 0,01 mol, 1 g/L, 4,92 atm)

7. Σε μια προσπάθεια να ανακαλύψουν το βάθος στο βαθύτερο σημείο της θαλάσσιας περιοχής της Σαντορίνης οι άνθρωποι του Zac Cousteau έκαναν το εξής πείραμα: Κατέβηκαν με το βαθυσκάφος στο σημείο αυτό και δημιούργησαν μια φυσαλίδα όγκου 1 cm^3 . Ταυτόχρονα μέτρησαν τη θερμοκρασία που σε εκείνο το βάθος βρέθηκε $\theta_1=22^\circ\text{C}$. Η

φυσαλίδα αυτή έφθασε στην επιφάνεια της θάλασσας όπου η θερμοκρασία ήταν $\theta_2=27^\circ\text{C}$, έχοντας όγκο 60 cm^3 . Ποιο ήταν το βάθος;

Θεωρείστε την πυκνότητα του θαλάσσιου νερού $d=10^3\text{ kg/m}^3$, την ατμοσφαιρική πίεση $P_0=10^5\text{ N/m}^2$ και την επιτάχυνση της βαρύτητας $g=10\text{ m/s}^2$, ενώ θυμηθείτε ότι η υδροστατική πίεση δίνεται από τη σχέση $P_{\text{υδρ}}=d \cdot g \cdot h$.

(Απ.: 580 m)

8. Ιδανικό αέριο βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο, το πάνω μέρος του οποίου κλείνεται με εφαρμοστό έμβολο. Αρχικά το αέριο βρίσκεται σε κατάσταση Α, όγκου $V_A=8\text{ L}$, πίεσης $P_A=2\text{ atm}$ και θερμοκρασίας $T_A=400\text{ K}$. Μετακινούμε προς τα κάτω το έμβολο, ώστε το έμβολο, ώστε ο όγκος του αερίου να μειωθεί στο $\frac{1}{4}$ της αρχικής του τιμής

και η πίεσή του να γίνει ίση με $P_B=6 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$. Να υπολογίσετε:

α. τον αριθμό των moles του αερίου,

β. την απόλυτη θερμοκρασία του αερίου στην τελική κατάσταση.

Δίνονται $R=\frac{25}{3} \cdot \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ και $1\text{ atm}=10^5\text{ N/m}^2$.

(Απ.: 0,48 mol, 300 K)

9. Ένα δοχείο περιέχει 3 g υδρογόνου υπό πίεση $P_1=10^5\text{ N/m}^2$. Ποια θα είναι η πίεση στο δοχείο αν το υδρογόνο αντικατασταθεί από 2 g αζώτου στην ίδια θερμοκρασία; Δίνονται οι σχετικές μοριακές μάζες των αερίων $M_{\text{H}}=2 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}$ και $M_{\text{N}}=28 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}$.

(Απ.: $4,76 \cdot 10^3\text{ N/m}^2$)

10. Σε 1 L ιδανικού αερίου σε πίεση $P=10^5\text{ N/m}^2$ και θερμοκρασία $T=300\text{ K}$, υπάρχουν $N=10^{20}$ μόρια αερίου. Στο εργαστήριο μπορούν να επιτευχθούν πολύ χαμηλές πιέσεις (υψηλό κενό) έως $P'=13 \cdot 10^{-10}\text{ N/m}^2$. Να υπολογίσετε τον αριθμό των μορίων αερίου που θα περιέχονται σε δοχείου όγκου 1 L, σε πίεση $P'=13 \cdot 10^{-10}\text{ N/m}^2$ και σε θερμοκρασία $T=300\text{ K}$.

(Απ.: $13 \cdot 10^5$ μόρια)

11. Ένα ανοικτό δοχείο περιέχει αέρα σε αρχική θερμοκρασία $\theta_1=20^\circ\text{C}$. Πόσο τοις εκατό μάζα αέρα θα διαφύγει από το δοχείο, αν η θερμοκρασία του αέρα γίνει $\theta_2=120^\circ\text{C}$;

(Απ.: 25,4%)

12. Φιάλη περιέχει $20 \cdot 10^{-3}\text{ kg O}_2$ υπό πίεση $4 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ και θερμοκρασία 60°C . Μετά παρέλευση αρκετού χρόνου, λόγω διαρροής O_2 , η μεν πίεση ελαττώνετε στα $3 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$, η δε θερμοκρασία στους 40°C . Να υπολογιστούν:

α. Ο όγκος της φιάλης.

β. Η μάζα του O_2 που διέφυγε

Δίνεται η γραμμομοριακή μάζα του O_2 $32 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}$ και η παγκόσμια σταθερά των αερίων $R=8,314\text{ Joule/(mol} \cdot \text{K)}$

(Απ.: 4,3 L, 4 g)

13. Ποσότητα H_2 βρίσκεται σε δοχείο που κλείνεται με έμβολο το οποίο μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Η πίεση του αερίου ισούται με $P_1=0,82\text{ atm}$, ο όγκος του είναι $V_1=20\text{ L}$ και η απόλυτη θερμοκρασία του ισούται με $T_1=400\text{ K}$.

α. Να υπολογίσετε τον αριθμό των moles του αερίου.

β. Εισάγουμε στο δοχείο ορισμένη ποσότητα H_2 και παρατηρούμε ότι ο όγκος του αερίου διπλασιάστηκε, η πίεση παρέμεινε σταθερή και η απόλυτη θερμοκρασία του έγινε $T_2 = \frac{5}{4} \cdot T_1$. Να υπολογίσετε την μάζα του H_2 που εισάγαμε στο δοχείο.

γ. Στη συνέχεια το H_2 που βρίσκεται μέσα στο δοχείο υποβάλλεται σε ισοβαρή μεταβολή μέχρι να αποκτήσει τον αρχικό όγκο V_1 . Να υπολογίσετε την τελική απόλυτη θερμοκρασία του αερίου.

Δίνονται $R = 0,082 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$ και η σχετική μοριακή μάζα του H_2 : $M_{rH} = 2$.

Θεωρήστε ότι το H_2 που βρίσκεται στο δοχείο συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο.

(Απ.: 0,5 mol, 0,6 g, 250 K)

14. Ένα μετεωρολογικό μπαλόνι περιέχει αρχικά 800 g ηλίου (He). Το μπαλόνι βρίσκεται σε συγκεκριμένο ύψος, έχει όγκο $V_1 = 10 \text{ m}^3$ και η θερμοκρασία του He μέσα σε αυτό είναι $\theta_1 = -23^\circ C$. Κάποια στιγμή αρχίζει διαρροή του He με αποτέλεσμα το μπαλόνι να χάνει ύψος. Τελικά, η διαρροή σταματά όταν ο όγκος του μπαλονιού γίνει ίσος με $V_2 = 4,5 \text{ m}^3$. Στο ύψος αυτό η θερμοκρασία του He μέσα στο μπαλόνι είναι $\theta_2 = 27^\circ C$ και η πίεση του διπλάσια της αρχικής. Να υπολογίσετε:

α. την αρχική πίεση του αερίου He,

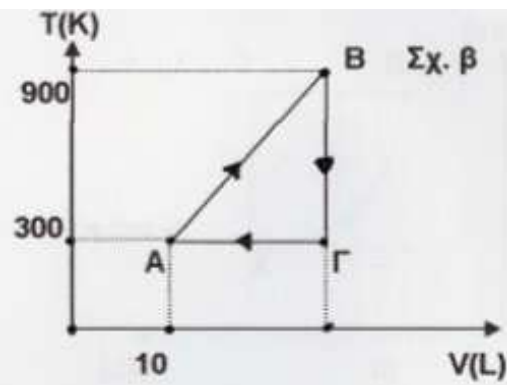
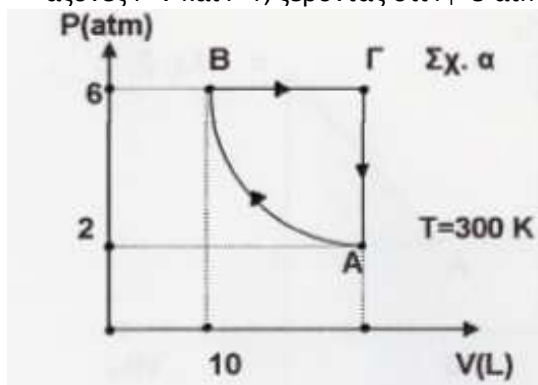
β. την μάζα του He που διέφυγε από το μπαλόνι.

Δίνονται $R = \frac{25}{3} \cdot \frac{J}{mol \cdot K}$ και η σχετική μοριακή μάζα του He: $M_{rHe} = 4$.

(Απ.: 41550 N/m², 200 g)

15. i) Αποδώστε την κυκλική μεταβολή του σχήματος (α) που εικονίζεται παρακάτω, σε άξονες P-T και V-T.

ii) Κάντε το ίδιο και στην κυκλική μεταβολή του σχήματος (β) αποδίδοντας την σε άξονες P-V και P-T, ξέροντας ότι $P_f = 5 \text{ atm}$.



16. Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου αρχικής πίεσης $P_A = 16 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, εκτονώνεται ισόθερμα μέχρι ο όγκος του να οκταπλασιασθεί και στην συνέχεια συμπιέζεται ισοβαρώς μέχρι ο όγκος να γίνει το μισό του όγκου που είχε πριν την αρχική ισόθερμη εκτόνωση.

α. Να αποδοθούν οι μεταβολές σε διαγράμματα P-V, V-T και P-T.

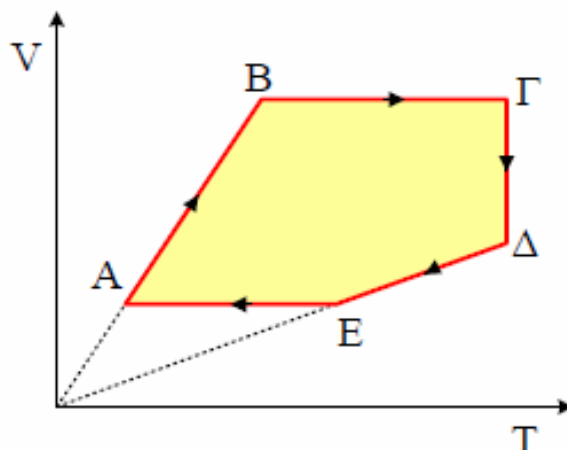
β. Να βρεθεί η τελική πίεση του αερίου.

γ. Να βρεθεί η τελική πυκνότητα του αερίου σε mol/m³, αν η αρχική του

θερμοκρασία είναι 1200 °K. Δίνεται $R = 8,315 \frac{J}{mol \cdot K}$.

(Απ.: $2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, 20 mol/m³)

17 (ΥΛΙΚΟΝΕΤ). Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η κυκλική μεταβολή ενός αερίου σε διάγραμμα V-T.



- Πως ονομάζονται οι επιμέρους μεταβολές;
- Να παραστήσετε ποιοτικά τις μεταβολές σε διαγράμματα P-V και P-T.

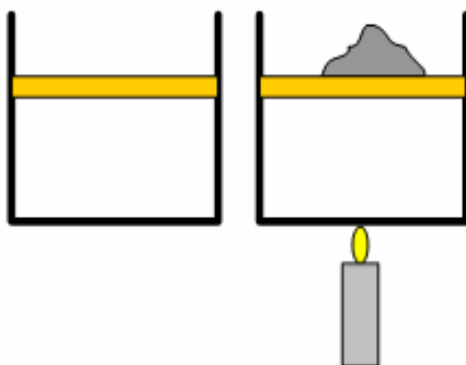
18. Μια ποσότητα ιδανικού αερίου $n=0,24$ mol εκτελεί κυκλική μεταβολή μεταξύ των καταστάσεων A, B και Γ, με δεδομένα $P_A=2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $V_A=4 \text{ L}$ και $V_\Gamma=8 \text{ L}$. Οι μεταβολές είναι οι ακόλουθες:

A-B: Ισόχωρη ψύξη, B-Γ: Ισοβαρής θέρμανση, Γ-A: Ισόθερμη συμπίεση. Αν δίνεται η σταθερά $R=8,333 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ να αποδοθούν οι μεταβολές σε διαγράμματα P-V, P-T και V-T υπολογίζοντας για κάθε κατάσταση όλες τις τιμές πίεσης, θερμοκρασίας και όγκου.

19. $n=\frac{2}{R}$ mol ιδανικού αερίου (όπου R η παγκόσμια σταθερά των ιδανικών αερίων σε $\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$) βρίσκονται στην κατάσταση A, πίεσης P_A , όγκου $V_A=4 \text{ L}$ και θερμοκρασίας $T_A=400 \text{ K}$. Θερμαίνουμε αργά το αέριο υπό σταθερή πίεση μέχρι η θερμοκρασία του να τριπλασιαστεί (κατάσταση B) και στη συνέχεια το ψύχουμε υπό σταθερό όγκο μέχρι η πίεσή του να υποδιπλασιαστεί (κατάσταση Γ).

- Να χαρακτηρίσετε το είδος της μεταβολής.
- Να υπολογίσετε την αρχική πίεση του αερίου.
- Να υπολογίσετε τον όγκο και την απόλυτη θερμοκρασία του αερίου στις καταστάσεις B και Γ.
- Να σχεδιάσετε τα διαγράμματα P-V, V-T και P-T σε βαθμολογημένους άξονες για την διεργασία $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma$.
Δίνεται $1 \text{ atm}=10^5 \text{ N/m}^2$.
(Απ.: $2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, 600 K)

20 (ΥΛΙΚΟΝΕΤ). Μια ποσότητα αερίου βρίσκεται σε δοχείο με κατακόρυφο άξονα, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα, που κλείνεται στο πάνω μέρος με έμβολο εμβαδού 10 cm^2 και μάζας 2 kg . Η θερμοκρασία του αερίου είναι 27°C . Θερμαίνουμε το αέριο και για να μην μετακινείται το έμβολο ρίχνουμε αργά-αργά πάνω στο έμβολο άμμο. Κάποια στιγμή με αυτόν τον τρόπο έχουμε προσθέσει 2 kg άμμου. Ποια η θερμοκρασία του αερίου αυτή τη στιγμή;
Δίνεται η ατμοσφαιρική πίεση $P_{\text{atm}}=10^5 \text{ N/m}^2$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g=10 \text{ m/s}^2$.



(Απ.: 350 K)

21. 0,121 mol αερίου είναι εγκλωβισμένα σε κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο, με εμβαδόν βάσης $A=3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$, το οποίο στο επάνω μέρος του κλείνεται με έμβολο βάρους $W=60 \text{ N}$. Το έμβολο ισορροπεί σε ύψος h από τη βάση. Η θερμοκρασία του αερίου μέσα στο δοχείο είναι 27°C και η ατμοσφαιρική πίεση $1,01 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Αν $R=8,31 \text{ Joule/(mol.K)}$, να βρεθεί το ύψος h .

(Απ.: 83,1 cm)

22 (ΥΛΙΚΟΝΕΤ). Μια ποσότητα αερίου βρίσκεται σε δοχείο που κλείνεται με έμβολο εμβαδού 10 cm^2 και βάρους 20 N . Όταν είναι οριζόντιο το δοχείο, το έμβολο απέχει από τον πυθμένα 24 cm .

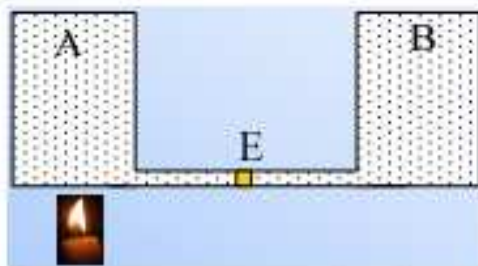


Πόσο απέχει όταν είναι κατακόρυφο με το έμβολο πάνω και πόσο όταν είναι κατακόρυφο με το έμβολο κάτω;

Δίνεται η ατμοσφαιρική πίεση $P_{\text{atm}}=10^5 \text{ N/m}^2$ και ότι η θερμοκρασία καθ' όλη την διάρκεια της μεταβολής παραμένει σταθερή.

(Απ.: 20 cm, 30 cm)

23. Δύο ίσα δοχεία A και B όγκου V περιέχουν σε κανονικές συνθήκες (s.t.p), το A οξυγόνο και το B άζωτο και συγκοινωνούν μεταξύ τους με λεπτό και μεγάλο επιμήκη σωλήνα, που έχει διατομή $A=2 \text{ mm}^2$ και έχει στη μέση μια σταγόνα υδραργύρου (E). Η χωρητικότητα κάθε δοχείου μέχρι την σταγόνα του υδραργύρου είναι $V_0=200 \text{ cm}^3$. Θερμαίνουμε την σφαίρα A κατά $\Delta\theta=10^\circ\text{C}$.



Να βρεθεί κατά πόσο θα μετακινηθεί η σταγόνα του υδραργύρου.

(Απ.: 179,86 cm)

24. Τα δύο όμοια δοχεία A και B του σχήματος που ακολουθεί κλείνονται με έμβολο που μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Τα δοχεία περιέχουν ποσότητες από δύο ιδανικά αέρια θερμοκρασίας $T_1=350^\circ\text{K}$. Θερμαίνουμε το ένα δοχείο μέχρι η θερμοκρασία του να γίνει $T_2=450^\circ\text{K}$, ενώ το άλλο διατηρείται στην αρχική του κατάσταση. Αν η αρχική απόσταση των εμβόλων από τις βάσεις των δοχείων ήταν $h=60\text{ cm}$, να υπολογίσετε τη μετατόπιση Δx του εμβόλου μετά την θέρμανση του δοχείου και την αποκατάσταση της ισορροπίας.



(Απ.: 7,5 cm)

25. Δύο δοχεία A και B συνδέονται με μακρύ σωλήνα διατομής $A=1\text{ mm}^2$ ο οποίος διαχωρίζεται σε δύο τμήματα με την βοήθεια σταγόνας υδραργύρου που ισορροπεί. Ο όγκος κάθε δοχείου μέχρι την σταγόνα είναι $V_A=400\text{ cm}^3$ και $V_B=800\text{ cm}^3$ και οι αρχικές θερμοκρασίες $T_A=400^\circ\text{K}$ και $T_B=300^\circ\text{K}$. Θερμαίνεται το πρώτο δοχείο στους 500°K και ψύχεται το δεύτερο στους 250°K . Να βρείτε την μετατόπιση της σταγόνας υδραργύρου από την αρχική έως την τελική θέση ισορροπίας.

(Απ.: 114 m)

26. Ένα κυλινδρικό δοχείο έχει βάση εμβαδού $A=1200\text{ cm}^2$ και κλείνεται με έμβολο μάζας $m=185\text{ kg}$ που μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Το δοχείο περιέχει $n=20\text{ mol}$ ιδανικού αερίου θερμοκρασίας $\theta_1=25^\circ\text{C}$. Θερμαίνουμε το αέριο μέχρι που η θερμοκρασία του γίνεται $\theta=75^\circ\text{C}$. Να υπολογίσετε το διάστημα Δx κατά το οποίο μετακινείται το έμβολο αν είναι γνωστή η εξωτερική πίεση $P_0=10^5\text{ N/m}^2$. Δίνεται η παγκόσμια σταθερά των αερίων $R=8,31\text{ Joule}/(^{\circ}\text{K}\cdot\text{mol})$ και $g=10\text{ m/s}^2$.

(Απ.: 60 cm)

27. Δύο δοχεία με ίσους όγκους συνδέονται με σωλήνα ασήμαντου όγκου και περιέχουν ιδανικό αέριο θερμοκρασίας, $\theta=27^\circ\text{C}$. Θερμαίνουμε το ένα δοχείο σε θερμοκρασία $\theta_1=127^\circ\text{C}$. Σε ποια θερμοκρασία πρέπει να ψυχθεί το άλλο δοχείο ώστε η πίεση στο σύστημα να παραμείνει σταθερή. Η διαστολή των δοχείων και η απώλεια θερμότητας είναι ασήμαντη.

(Απ.: -33°C)

28. Δύο δοχεία A και B με όγκους V και $3V$ συνδέονται με σωλήνα ασήμαντου όγκου και περιέχουν ιδανικό αέριο θερμοκρασίας, $\theta=27^\circ\text{C}$. Θερμαίνουμε το δοχείο A σε θερμοκρασία $\theta_1=127^\circ\text{C}$. Σε ποια θερμοκρασία πρέπει να ψυχθεί το άλλο δοχείο ώστε η πίεση στο σύστημα να παραμείνει σταθερή. Η διαστολή των δοχείων και η απώλεια θερμότητας είναι ασήμαντη.

(Απ.: 4°C)

29. Δύο δοχεία που είναι θερμικά μονωμένα από το περιβάλλον έχουν όγκους $V_1=2\text{ L}$ και $V_2=4\text{ L}$ και συνδέονται με θερμικά μονωμένο σωλήνα που κλείνεται με στρόφιγγα. Τα δοχεία περιέχουν $n_1=0,3\text{ mol}$ και $n_2=0,8\text{ mol}$ αντίστοιχα ενός ιδανικού αερίου σε θερμοκρασίες $T_1=350^\circ\text{K}$ και $T_2=450^\circ\text{K}$. Ποια είναι η πίεση του αερίου σε κάθε δοχείο; Στη συνέχεια ανοίγουμε την στρόφιγγα και περιμένουμε μέχρι να αποκατασταθεί θερμοδυναμική ισορροπία. Να υπολογίσετε τη θερμοκρασία του αερίου αν η τελική πίεση είναι $P=6,44\cdot 10^5\text{ N/m}^2$. Θεωρούμε ότι ο σωλήνας έχει αμελητέα θερμοχωρητικότητα και όγκο. Δίνεται $R=8,314\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$.

(Απ.: $4,4\cdot 10^5\text{ N/m}^2$, $7,5\cdot 10^5\text{ N/m}^2$, $422,7^\circ\text{K}$)