

[1] Να βρεθεί ο αριθμός των ατόμων του αέρα σε ένα κυβικό μικρόμετρο (κανονικές συνθήκες και ιδανική συμπεριφορά) ( $T=300\text{ K}$  και  $P=1\text{ atm}$ ) ( $1\text{ atm}=1.01\times 10^5\text{ N/m}^2=1.01\times 10^5\text{ Pa}$ ).

[2] Να υπολογισθεί η απόσταση των ατόμων ενός ιδανικού αερίου σε κανονικές συνθήκες ( $T=300\text{ K}$  και  $P=1\text{ atm}$ ) ( $1\text{ atm}=1.01\times 10^5\text{ N/m}^2=1.01\times 10^5\text{ Pa}$ ).

[3] Να βρεθεί η μέση ελεύθερη διαδρομή μορίων οξυγόνου σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας ( $T=300\text{ K}$ ) και πίεσης ( $P=1\text{ atm}$ ) και ιδανική συμπεριφορά (μοριακή διάμετρος= $2.9\text{ \AA}$ ) ( $1\text{ atm}=1.01\times 10^5\text{ N/m}^2=1.01\times 10^5\text{ Pa}$ ).

[4] Στον παρακάτω πίνακα η πρώτη σειρά δίνει την πίεση ενός αερίου σε θερμόμετρο αερίου σταθερού όγκου όταν το αέριο περιβάλλεται από μια συσκευή νερού στο τριπλό σημείο. Η δεύτερη σειρά δίνει την πίεση του ίδιου αερίου όταν το θερμόμετρο αερίου σταθερού όγκου περιβάλλει ένα υλικό άγνωστης θερμοκρασίας. Υπολογίστε τη θερμοκρασία ιδανικού αερίου  $T$  του υλικού.

$P_{TP}$  (kPa): 133.32 99.992 66.661 33.331

$P$  (kPa): 204.69 153.54 102.37 51.190

**(Σεπτέμβριος 2006)**

[5] Να υπολογίσετε το συντελεστή θερμικής διαστολής όγκου  $\beta$  και την ισόθερμη συμπιεστότητα  $\kappa_T$  για (i) ιδανικό αέριο, (ii) πραγματικό αέριο.

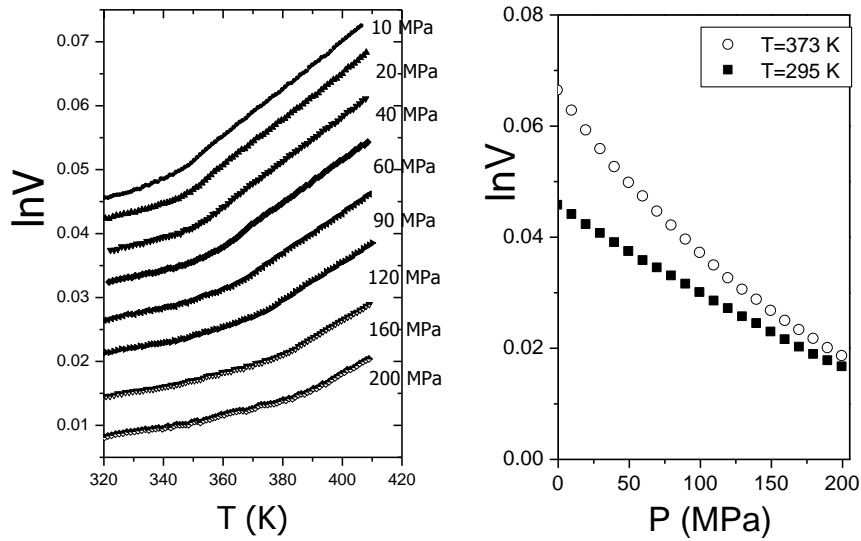
[6] Να επαληθευθεί η εξίσωση του Euler για (i) ιδανικό αέριο, (ii) πραγματικό αέριο

[7] Η ισόθερμη συμπιεστότητα ενός αερίου βρέθηκε ότι ισούται με  $\kappa_T=3/P$ , ενώ ο συντελεστής θερμικής διαστολής όγκου  $\beta=2/T$ . Να βρεθεί η καταστατική εξίσωση του αερίου.

[8] Τα παρακάτω διαγράμματα δίνουν την εξάρτηση του λογαρίθμου του γραμμομοριακού όγκου ενός υλικού από τη θερμοκρασία και την πίεση.

(α) Να υπολογισθεί ο συντελεστής θερμικής διαστολής του υλικού (i) για πίεση  $P=10\text{ MPa}$  για την περιοχή θερμοκρασιών  $320<T<340\text{ K}$  καθώς και για την περιοχή θερμοκρασιών  $360<T<400\text{ K}$  και (ii) για πίεση  $P=120\text{ MPa}$  για την περιοχή θερμοκρασιών  $320<T<340\text{ K}$  καθώς και για την περιοχή θερμοκρασιών  $380<T<400\text{ K}$ .

(β) Να υπολογισθεί ο συντελεστής ισόθερμης συμπιεστότητας στις θερμοκρασίες  $373\text{ K}$  και  $295\text{ K}$ . **(Σεπτέμβριος 2004)**



[9] (i) Ένα κομμάτι χαλκού βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση και σε θερμοκρασία  $5^{\circ}\text{C}$  υπό σταθερό όγκο. Αν η θερμοκρασία του αυξηθεί σε  $10^{\circ}\text{C}$  να βρεθεί η τελική πίεση.

(ii) αν η μέγιστη πίεση που μπορούμε να εφαρμόσουμε στο σύστημα είναι  $1000\text{atm}$  να βρεθεί η μέγιστη θερμοκρασία που μπορεί να επιτευχθεί.

Παραδοχή: ο συντελεστής θερμικής διαστολής και ο συντελεστής ισόθερμης συμπίεστικότητας παραμένουν σταθεροί κατά τη διάρκεια του πειράματος με τιμές  $5 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$  και  $\kappa_T = 7 \times 10^{-7} \text{atm}^{-1}$  αντίστοιχα.

( $1\text{atm} = 1.01 \times 10^5 \text{N/m}^2 = 1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ ).

[10]  $50 \text{ cm}^3$  χαλκού συμπιέζονται με πρόσθετη πίεση  $100 \text{ atm}$  και ταυτόχρονα η θερμοκρασία αυξάνει κατά  $5 \text{ K}$ . Να βρεθεί ο τελικός όγκος με την παραδοχή ότι ο συντελεστής θερμικής διαστολής και ο συντελεστής ισόθερμης συμπίεστικότητας παραμένουν σταθεροί κατά τη διάρκεια του πειράματος και ίσοι με  $5 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$  και  $\kappa_T = 7 \times 10^{-7} \text{atm}^{-1}$  αντίστοιχα.

( $1\text{atm} = 1.01 \times 10^5 \text{N/m}^2 = 1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ ).

[11] Ένα σύρμα υπόκειται σε απειροελάχιστη μεταβολή από μια αρχική κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας σε μια τελική κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας. Αποδείξτε ότι:

(i) η μεταβολή της τάσης δίνεται από τη σχέση:

$$dF = -aAYdT + \frac{AY}{L}dL$$

(ii) ένα σύρμα Ni διατομής  $0.0085 \text{ cm}^2$  υπό τάση  $20 \text{ N}$  και σε θερμοκρασία  $20^{\circ}\text{C}$  τεντώνεται μεταξύ δυο σταθερών σημείων σε απόσταση  $1 \text{ m}$  (θεωρήστε το μήκος σταθερό). Αν η θερμοκρασία ελαττωθεί στους  $8^{\circ}\text{C}$  να βρεθεί η τελική τιμή της τάσης με την παραδοχή ότι  $a$  και  $Y$  παραμένουν σταθερά κατά τη διάρκεια του πειράματος και ίσα με  $1.33 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  και  $2.1 \times 10^6 \text{ Pa}$ , αντίστοιχα.

[12] Η καταστατική εξίσωση ενός ελαστικού σύρματος δίνεται από τη σχέση:

$$F = KT \left( \frac{L}{L_0} - \frac{L_0^2}{L^2} \right)$$

όπου  $K$  είναι μια σταθερά και  $L_0$  είναι το μήκος του υπό αδιατάρακτες συνθήκες (το οποίο είναι συνάρτηση μόνο της θερμοκρασίας).

(i) Δείξτε ότι το ισόθερμο μέτρο του Young ( $Y$ ) δίνεται από τη σχέση:

$$Y = \frac{F}{A} + \frac{3KTL_0^2}{AL^2}$$

( $A$  είναι το εμβαδόν της διατομής του σύρματος) και για μηδενική τάση από τη σχέση:

$$Y_0 = \frac{3KT}{A}$$

(ii) Δείξτε ότι ο γραμμικός συντελεστής διαστολής ( $\alpha$ ) δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha = \alpha_0 - \frac{F}{AYT}$$

όπου  $\alpha_0$  είναι ο γραμμικός συντελεστής θερμικής διαστολής υπό αδιατάρακτες συνθήκες.

(iii) Υπολογίστε το έργο ( $W$ ) που απαιτείται για την έκταση του σύρματος από  $L=L_0$  σε  $L=2L_0$  αντιστρεπτά και ισόθερμα.

(iv) Ένα ελαστικό (π.χ. καουτσούκ) έχει τεντωθεί σε τελικό μήκος  $L=2L_0$ . Αν  $T=300$  K,  $A=1 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>,  $\alpha_0=5 \times 10^{-4}$  K<sup>-1</sup>,  $K=1.33 \times 10^{-2}$  N/K υπολογίστε τα μεγέθη:  $F$ ,  $Y$ ,  $\alpha$  και  $W$ .  
**(Σεπτέμβριος 2003)**

[13] Η επιφανειακή τάση του νερού (σε dyn/cm) μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία  $\theta$  (σε °C) σύμφωνα με την εμπειρική σχέση

$$\gamma = 75.796 - 0.145\theta - 0.00024\theta^2$$

Να παραστήσετε γραφικά την παραπάνω συνάρτηση και να υπολογίσετε τη μεταβολή της επιφανειακής τάσης με τη θερμοκρασία στους 10<sup>0</sup> και 60<sup>0</sup>C.

[14] Η επιφανειακή τάση του υγρού <sup>4</sup>He στη περιοχή θερμοκρασιών από 5.2 έως 2.2 K δίνεται από τη σχέση:

$$\gamma = 0.05 \frac{N}{m} \left( 1 - \frac{T}{5.2K} \right)$$

Να παραστήσετε γραφικά την παραπάνω συνάρτηση.

[15] (i) Αποδείξτε ότι το έργο που εκτελέστηκε από ένα ιδανικό αέριο κατά την αντιστρεπτή ισόθερμη εκτόνωση από αρχική πίεση  $P_i$  σε τελική πίεση  $P_f$  δίνεται από τη σχέση:

$$W = nRT \ln \frac{P_f}{P_i}$$

(iii) Υπολογίστε το έργο όταν η πίεση ενός mol ιδανικού αερίου ελαττώνεται ημι-στατικά από 20 σε 1 atm υπό σταθερή θερμοκρασία 20<sup>0</sup>C.

[16] (i) Υπολογίστε το έργο κατά την αντιστρεπτή ισόθερμη εκτόνωση 1 mole αερίου από όγκο  $v_i$  σε όγκο  $v_f$  όταν περιγράφεται από την καταστατική εξίσωση:

$$\left( P + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$$

όπου  $a$  και  $b$  είναι σταθερές.

(ii) Δίνονται  $a=1.4 \times 10^9 \text{ Nm}^4/\text{mol}^2$  και  $b=3.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ . Να υπολογισθεί το έργο κατά την εκτόνωση του αερίου από όγκο 10 λίτρων σε όγκο 22.4 λίτρων στους  $20^\circ\text{C}$ .

[17] Με χρήση της καταστατικής εξίσωσης van-der-Waals και των εκφράσεων των συντεταγμένων στο κρίσιμο σημείο ( $P_c$ ,  $v_c$ ,  $T_c$ ) να αποδειχθεί η ανηγμένη μορφή της εξίσωσης van-der-Waals **(Σεπτέμβριος 2004)**

$$\left\{ P_r + \frac{3}{v_r^2} \right\} \left\{ v_r - \frac{1}{3} \right\} = \frac{8}{3} T_r$$

[18] Ο γραμμομοριακός όγκος του He σε πίεση 100 atm και θερμοκρασία  $0^\circ\text{C}$  είναι 0.011075 του γραμμομοριακού του όγκου σε 1 atm και  $0^\circ\text{C}$ . Υπολογίστε την ακτίνα του ατόμου του He (θεωρήστε ότι η σταθερά  $a$  στην εξίσωση van der Waals είναι αμελητέα για το He).

(1 atm =  $1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ,  $R=8.314 \text{ J/Kmol}$ )

**(Σεπτέμβριος 2005).**

[19] Φέτος γιορτάζουμε τα 130 χρόνια της καταστατικής εξίσωσης van-der-Waals:

$$\left( P + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$$

όπου  $a$  και  $b$  είναι σταθερές (χαρακτηριστικές του αερίου και ο όρος  $a/v^2$  εκφράζει την εσωτερική πίεση του αερίου (ενδοπίεση). Αν η κρίσιμη θερμοκρασία για το διοξείδιο του άνθρακα είναι 300 K και η κρίσιμη πυκνότητα  $0.45 \text{ g/cm}^3$ , υπολογίστε τις σταθερές  $a$  και  $b$  της εξίσωσης καθώς και την ενδοπίεση στο κρίσιμο σημείο. Τι παρατηρείτε; **(Ιούνιος 2003).**

[20] Η κρίσιμη θερμοκρασία και η κρίσιμη πίεση του αερίου NO είναι 177 K και 67 atm, αντίστοιχα, ενώ του  $\text{CCl}_4$  είναι 550 K και 45 atm αντίστοιχα.

(α) Υπολογίστε την τιμή του κρίσιμου όγκου για τα δυο αέρια καθώς και τις τιμές των σταθερών  $a$  και  $b$  της εξίσωσης van der Waals.

(β) Υπολογίστε τον όρο της ενδοπίεσης και να τον συγκρίνετε με την κρίσιμη πίεση. Τι παρατηρείτε;

(γ) Ποιο από τα παραπάνω αέρια συμπεριφέρεται κατά τον πιο ιδανικό τρόπο σε 300 K και 10 atm; (υπόδειξη: χρησιμοποιήστε το διάγραμμα P-V) **(Ιούνιος 2004).**

[21] Δύο αέρια υπακούουν στην εξίσωση van der Waals

$$\left( P + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$$

Οι σταθερές  $a$  (σε  $\text{Nm}^4/\text{mol}^2$ ) είναι 0.6 και 0.005, αντίστοιχα, ενώ οι σταθερές  $b$  (σε  $\text{m}^3/\text{mol}$ ) είναι  $1.5 \times 10^{-4}$  και  $2 \times 10^{-5}$ , αντίστοιχα.

(α) Σε ποιες περιοχές θερμοκρασιών τα παραπάνω αέρια συμπεριφέρονται σαν πραγματικά και σε ποιες περιοχές θερμοκρασιών συμπεριφέρονται σαν ιδανικά;

(β) Είναι δυνατή η υγροποίησή τους στους 100 K;

(γ) Υπολογίστε τον παράγοντα συμπιεστότητας κάθε αερίου στο κρίσιμο σημείο. **(Ιούνιος 2005).**

[22] Δίνεται ο παρακάτω πίνακας με τις τιμές a και b της εξίσωσης van der Waals.

Αέριο	a [Nm <sup>4</sup> /mol <sup>2</sup> ]	b [m <sup>3</sup> /mol]
Ήλιο	0.0036	2.4x10 <sup>-5</sup>
Διοξείδιο του άνθρακα	0.36	4.3x10 <sup>-5</sup>
Υδρατμοί	0.55	3x10 <sup>-5</sup>
Οξυγόνο	0.138	3.2x10 <sup>-5</sup>
Άζωτο	0.136	3.8x10 <sup>-5</sup>
Υδρογόνο	0.025	2.7x10 <sup>-5</sup>

(α) Στη

μετεωρολογία πολλές φορές γίνεται η παραδοχή ότι ο αέρας σε θερμοκρασία δωματίου συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο. Είναι σωστή αυτή η παραδοχή;

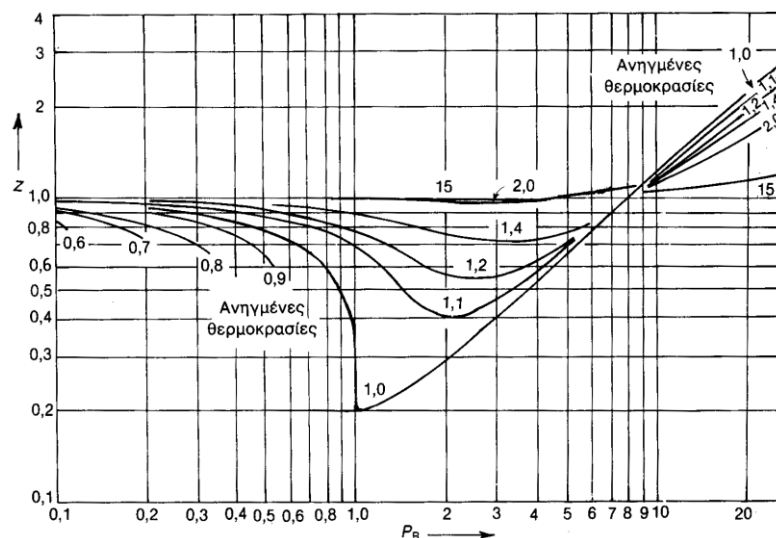
(β) Ποια αέρια μπορούν να υγροποιηθούν στους 25<sup>0</sup>C;

(γ) Σε ποια περιοχή θερμοκρασιών μπορούμε να περιγράψουμε τους υδρατμούς με την εξίσωση van der Waals;

(δ) Ποια η τιμή του παράγοντα συμπιεστότητας του Υδρογόνου στους 25<sup>0</sup>C;

(ε) 1 mol CO<sub>2</sub> βρίσκεται σε δοχείο όγκου 500 cm<sup>3</sup> και σε θερμοκρασία 30<sup>0</sup>C. Να υπολογισθεί ο όρος της ενδοπίεσης και να συγκριθεί με την μακροσκοπική πίεση καθώς και με την κρίσιμη πίεση. (1atm=1.01x10<sup>5</sup>N/m<sup>2</sup>=1.01x10<sup>5</sup>Pa) **(Σεπτέμβριος 2009)**

[23] Με χρήση του παρακάτω διαγράμματος να βρεθεί ο όγκος 40 g N<sub>2</sub> σε θερμοκρασία -19<sup>0</sup>C και πίεση 670 atm. Η κρίσιμη θερμοκρασία του αζώτου είναι 127 K ενώ η κρίσιμη πίεση είναι 33,5 atm (1 atm=1.01x10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>, R=8.314 J/Kmol). **(Ιούνιος 2006).**



Γενικευμένες καμπύλες συμπιεστότητας αερίων σε διάφορες ανηγμένες θερμοκρασίες.

[24] Με χρήση της καταστατικής εξίσωσης Dieterici

$$P = \frac{RT}{v-b} e^{-a/RTv}$$

ναδειχθεί ότι

$$P_c = \frac{a}{4e^2 b^2}, \quad v_c = 2b, \quad T_c = \frac{a}{4Rb}$$

[25] Με χρήση της καταστατικής εξίσωσης Berthelot

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{Tv^2}$$

να (α) εκφραστούν οι κρίσιμες συντεταγμένες συναρτήσει των  $a$ ,  $b$  και  $R$  (μόνο) και (β) να υπολογισθεί η κρίσιμη θερμοκρασία για ένα αέριο στο οποίο η  $T_{\text{Boyle}} = 27 \text{ K}$ . (υπόδειξη: η  $T_{\text{Boyle}}$  διαφέρει από του αερίου van der Waals) **(Ιούνιος 2010)**

[26] Η πίεση σε 100 g Νί αυξάνεται ημι-στατικά (απουσία τριβών) και ισόθερμα από 0 σε 500 atm. Να υπολογισθεί το έργο αν η πυκνότητα και η ισόθερμη συμπιεστότητα παραμένουν σταθερές και ίσες με  $8.9 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$  και  $6.75 \times 10^{-12} \text{ Pa}^{-1}$ , αντίστοιχα.

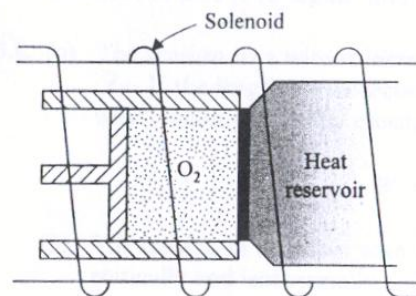
[27] (i) Η τάση σε ένα σύρμα αυξάνει ημι-στατικά (απουσία τριβών) και ισόθερμα από  $F_i$  σε  $F_f$ . Αν το μήκος  $L$ , το εμβαδό της διατομής  $A$ , και το ισόθερμο μέτρο του Young παραμένουν πρακτικά σταθερά να δείξετε ότι το έργο δίνεται από τη σχέση:

$$W = \frac{L}{2AY} (F_f^2 - F_i^2)$$

(ii) Η τάση σε ένα σύρμα χαλκού μήκους 1 m και εμβαδού  $0.001 \text{ cm}^2$  αυξάνει ημι-στατικά (απουσία τριβών) και ισόθερμα στους  $20^\circ\text{C}$  από 10 σε 100 N. Να υπολογιστεί το έργο αν το ισόθερμο μέτρο του Young στους  $20^\circ\text{C}$  είναι  $1.2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ .

[28] Να δείξετε ότι το απαιτούμενο έργο για τη δημιουργία μιας σφαιρικής φουσαλίδας σαπουνιού ακτίνας  $r$ , σε μία ισόθερμη αντιστρεπτή διεργασία είναι  $8\pi r^2$  **(Σεπτέμβριος 2005)**.

[29] Το οξυγόνο σε χαμηλές πιέσεις συμπεριφέρεται σαν ιδανικό παραμαγνητικό αέριο. Η πίεση και ο όγκος του αερίου μπορούν να μεταβάλλονται με τη βοήθεια ενός εμβόλου ενώ το αέριο/έμβολο/κύλινδρος βρίσκονται μέσα σε μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση  $H$  μπορεί να αλλάζει μεταβάλλοντας το ρεύμα ενός σωληνοειδούς που τα περιβάλλει. Ένας αρχικός όγκος  $200 \text{ cm}^3$  οξυγόνου διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία  $20^\circ\text{C}$  ενώ το μαγνητικό πεδίο αυξάνει ημι-στατικά και ισόθερμα από 0



σε  $10^6 \text{ A/m}$ . Ο τελικός όγκος του οξυγόνου είναι  $400 \text{ cm}^3$ , ενώ ισχύει ο νόμος του Curie,  $M=CH/T$ , όπου  $C$  είναι μια σταθερά ίση με  $1.885 \text{ Km}^3$ . Δίνονται  $R=8.314 \text{ J/Kmol}$ , μαγνητική σταθερά (επιδεκτικότητα του κενού)  $\mu_0=4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ . ( $n=1 \text{ mol}$ ).

Αφού επιλέξετε τις κατάλληλες ανεξάρτητες συντεταγμένες υπολογίστε το συνολικό έργο που εκτελέστηκε στο σύστημα.

**(Ιούνιος 2008)**