

Created by Mr. O

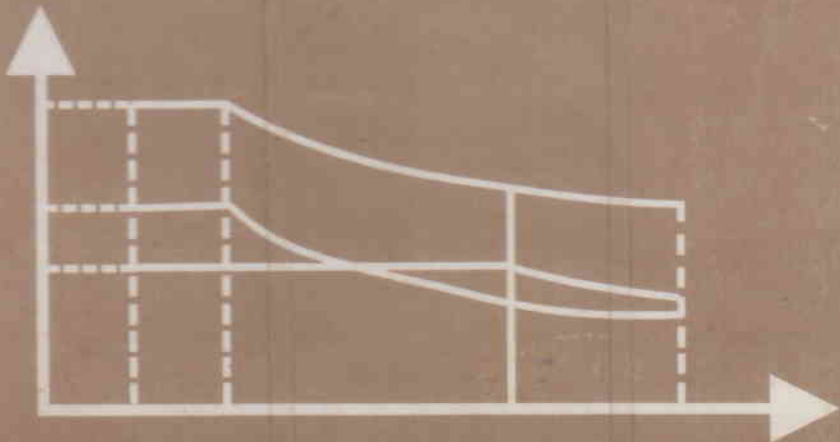
ĐÀM TRUNG ĐÓN



# Bài tập

## VẬT LÝ PHÂN TỬ VÀ NHIỆT HỌC

DÙNG CHO LỚP A VÀ CHUYÊN VẬT LÝ THPT



## Phần một

## ĐỀ BÀI

### I - CHẤT KHÍ LÍ TƯỞNG

#### A - ĐỊNH LUẬT BÔI-MARIÔT

\* 1. Một ống dài tiết diện nhỏ có một đầu kín một đầu hở và chứa thủy ngân chiếm một đoạn dài  $h = 12,5$  cm. Nếu dựng ống thẳng đứng, đầu hở lên trên, thì đáy cột thủy ngân cách đáy của ống một khoảng  $l_1 = 5$  cm ; nếu đầu hở xuống dưới thì khoảng cách ấy là  $l_2 = 7$  cm. Trong khoảng ấy có không khí.

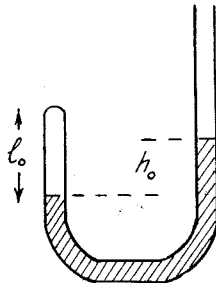
a) Tính ra cm Hg áp suất của khí quyển  $p_0$ .

b) Nếu đặt ống nằm ngang thì khoảng cách ấy là bao nhiêu ?

Nhiệt độ khí quyển không đổi.

\* 2. Một ống hình chữ U tiết diện  $1 \text{ cm}^2$  có một đầu kín. Đổ một lượng thủy ngân vào ống thì đoạn ống chứa không khí bị giảm dài  $l_0 = 30$  cm và hai mực thủy ngân ở hai nhánh chênh nhau  $h_0 = 11$  cm (H.1). Đổ thêm thủy ngân thì đoạn chứa không khí dài  $l = 29$  cm. Hỏi đã đổ bao nhiêu  $\text{cm}^3$  Hg ? Áp suất khí quyển là  $p_0 = 76$  cm Hg. Nhiệt độ không đổi.

\* 3. Một ống thủy tinh chiều dài  $L = 50$ cm, hai đầu kín, giữa có một đoạn thủy ngân dài  $l = 10$ cm, hai bên là không khí có cùng một khối lượng. Khi đặt ống nằm ngang thì đoạn thủy ngân ở đúng giữa ống. Dựng ống đứng thẳng thì thủy ngân tụt xuống 6cm.



Hình 1



- a) Tính áp suất không khí khi ống nằm ngang.
- b) Ống nằm ngang, nếu mở một đầu ống thì thủy ngân dịch chuyển bao nhiêu và sang bên nào ?
- c) Ống đứng thẳng, hai đầu kín. Nếu mở một đầu thì thủy ngân tụt hay lên cao bao nhiêu trong hai trường hợp - mở đầu dưới - mở đầu trên ? Áp suất khí quyển bằng 76cm Hg. Nhiệt độ không đổi.

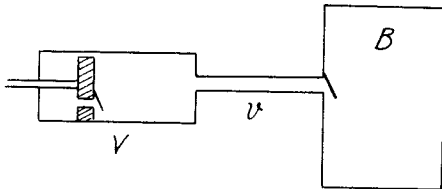
4. Ta dùng bơm có diện tích pittông  $8\text{cm}^2$ , khoảng chạy 25cm để bơm một bánh xe đạp sao cho khi áp lực của bánh lên đường là 350N thì diện tích tiếp xúc là  $50\text{cm}^2$ . Ban đầu bánh chứa không khí ở áp suất khí quyển  $p_0 = 10^5\text{Pa}$  và có thể tích  $V_0 = 1500\text{cm}^3$ . Giả thiết khi áp suất trong bánh vượt  $1,5 p_0$  thì thể tích của bánh xe là  $2000\text{cm}^3$ .

- a) Tính số lần phải đẩy bơm.
- b) Nếu do bơm hở, thực tế mỗi lần đẩy bơm chỉ đưa được  $100\text{cm}^3$  vào bánh xe thì cần bao nhiêu lần ?

Giả thiết ta bơm chậm nên nhiệt độ không đổi.

5. Một bơm nén khí có pittông được nối bằng vòi bơm đến một bình B. Thể tích tối đa của thân bơm là  $V$ , của vòi bơm là  $v$  và của bình là  $V_B$ . Trên pittông có van chỉ cho khí qua được khi áp suất trong thân bơm nhỏ hơn áp suất khí quyển. Bình B cũng có van chỉ cho khí đi từ vòi bơm vào bình khi áp suất khí trong bình nhỏ hơn trong vòi bơm (H. 2). Bơm chậm để nhiệt độ không đổi.

- a) Tìm liên hệ giữa các áp suất trong bình B sau  $n$  lần và  $(n + 1)$  lần bơm.

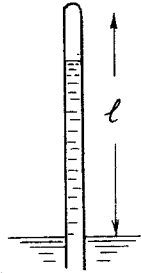


Hình 2

- b) Tính áp suất tối đa có thể đạt được trong bình B :

Cho biết áp suất ban đầu trong bình B bằng áp suất khí quyển  $p_0$ .

6. Một ống Torricelli (H. 3) được dùng làm khí áp kế. Chiều dài phần ống ở trên mặt thoáng Hg là  $l$ . Vì có một ít không khí ở trên cột Hg nên dụng cụ trở sai. Khi áp suất khí quyển là  $p_0 = 765 \text{ mm Hg}$  thì dụng cụ trở  $p = 748 \text{ mm Hg}$ . Khi áp suất khí quyển là  $p'_0 = 740 \text{ mm Hg}$  thì dụng cụ trở  $p' = 736 \text{ mm Hg}$ . Tính  $l$ . Nhiệt độ không đổi.

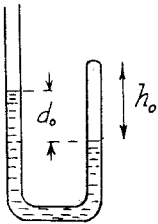


Hình 3

7. Một ống dài  $l = 0,9 \text{ m}$ , một đầu kín, được cắm thẳng đứng vào chậu Hg cho đầu hở cách mặt thoáng một khoảng  $h = 0,75 \text{ m}$ . Tìm khoảng cách  $x$  từ đầu kín đến mực Hg trong lòng ống. Áp suất khí quyển là  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ . Trọng lượng riêng của Hg là  $d = 13,6 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$ .

8. Một ống tiết diện nhỏ chiều dài  $l = 1 \text{ m}$ , hai đầu hở, được nhúng thẳng đứng vào chậu đựng Hg cho ngập một nửa. Sau đó người ta lấy tay bịt kín đầu trên và nhấc ra. Cột Hg còn lại trong ống dài bao nhiêu, biết áp suất khí quyển là  $p_0 = 0,76 \text{ m Hg}$ . Bỏ qua mao dẫn.

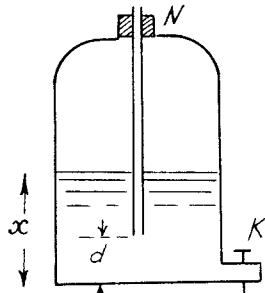
9. Một ống hình chữ U tiết diện không đổi có một đầu kín chứa không khí; đoạn ống chứa không khí dài  $h_0 = 30 \text{ cm}$ . Không khí bị giam bởi thủy ngân mà hai mặt thoáng chênh nhau  $d_0 = 14 \text{ cm}$  (H.4). Người ta đổ thêm vào ống một lượng thủy ngân có chiều dài  $a = 6 \text{ cm}$ . Tính chiều dài mới  $h$  của cột không khí. Áp suất khí quyển bằng  $p_0 = 76 \text{ cm Hg}$ . Nhiệt độ không đổi.



Hình 4

10. Một bình tiết diện hình trụ  $S = 10 \text{ cm}^2$ , thể tích  $V = 500 \text{ cm}^3$ , có lỗ thoát ở đáy. Người ta đẩy nút lỗ thoát

K và đổ nước chiếm  $\frac{3}{5}$  thể tích bình, đây miệng bình bằng nút N. Nút này rất kín nhưng có một ống thủy tinh xuyên qua, miệng dưới của ống cách đáy bình  $d = 10 \text{ cm}$  (H.5). Thể tích không khí trong bình ban đầu là  $V_0 = 200 \text{ cm}^3$ . Người ta



Hình 5

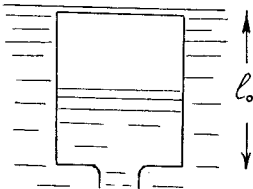


mở nút K cho nước chảy ra. Chứng minh rằng áp suất không khí trong bình p giảm, nhưng khi bề dày x của lớp nước trong bình giảm đến giá trị  $x_1$  thì p lại tăng. Tính  $x_1$  và áp suất  $p_1$  tương ứng. Áp suất khí quyển bằng  $p_0 = 10\text{m}$  nước. Nhiệt độ không đổi.

## B - PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA CÁC KHÍ LÝ TƯỞNG

11. Nếu thể tích của một lượng khí giảm 1/10, nhưng nhiệt độ tăng thêm  $16^\circ\text{C}$  thì áp suất tăng 2/10 so với áp suất ban đầu. Tính nhiệt độ ban đầu.

12. Một bình hình trụ cao  $l_0 = 20\text{cm}$  chứa không khí ở  $37^\circ\text{C}$ . Người ta lộn ngược bình và nhúng vào chất lỏng có khối lượng riêng  $d = 800\text{kg/m}^3$  cho đáy ngang với mặt thoáng chất lỏng (H. 6). Không khí bị nén chiếm 1/2 bình.



Hình 6

a) Nâng bình cao thêm một khoảng  $l_1 = 12\text{cm}$  thì mực chất lỏng trong bình chênh lệch bao nhiêu so với mặt thoáng ở ngoài ?

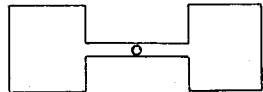
b) Bình ở vị trí của câu a. Nhiệt độ của không khí bằng bao nhiêu thì không còn chênh lệch nói trên nữa ?

Áp suất khí quyển  $p_0 = 9,4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

Lấy  $g = 10\text{m/s}^2$

13. Một ống tiết diện nhỏ, chiều dài  $l = 50\text{cm}$ , chứa không khí ở  $227^\circ\text{C}$  và áp suất khí quyển. Người ta lộn ngược ống nhúng vào nước cho miệng ngập sâu 10cm rồi mở nút. Khi nhiệt độ không khí giảm xuống và bằng  $27^\circ\text{C}$  thì mực nước trong ống cao hơn mặt thoáng bao nhiêu ?

Áp suất khí quyển bằng  $p_0 = 10\text{m H}_2\text{O}$ . Bỏ qua giãn nở của ống.



Hình 7

14. Hai bình giống nhau được nối bằng ống nằm ngang có tiết diện  $20\text{mm}^2$  (H.7). Ở  $0^\circ\text{C}$  giữa ống có một giọt Hg ngăn



không khí ở hai bên. Thể tích mỗi bình là  $V = 200\text{cm}^3$ . Nếu nhiệt độ một bình là  $t^\circ\text{C}$ , bình kia là  $-t^\circ\text{C}$  thì giọt Hg dịch chuyển 10cm. Tính  $t$ .

15. Một khí áp kế Torixeli trở sai vì có không khí ở trên cột Hg. Áp suất khí quyển bằng 75cm Hg thì nó trở 35cm khi nhiệt độ bằng  $15^\circ\text{C}$  và trở 33cm ở  $39^\circ\text{C}$ . Nếu áp suất khí quyển bằng 76cmHg thì nó trở bao nhiêu ở nhiệt độ  $27^\circ\text{C}$ ? Chiều dài của ống Torixeli tính từ mặt thoáng Hg không đổi.

16. Người nhái mang bình không khí nén tới áp suất  $p = 150\text{ atm}$  lặn xuống nước quan sát và sau 10 phút tìm được chỗ hồng ở đáy tàu. Lúc ấy áp suất khí nén đã giảm bớt 20%. Người ấy tiến hành sửa chữa và từ lúc ấy tiêu thụ không khí gấp rưỡi lúc quan sát. Người ấy có thể sửa chữa trong thời gian tối đa là bao nhiêu nếu vì lí do an toàn áp suất trong bình không được thấp hơn 30 atm? Coi nhiệt độ là không đổi.

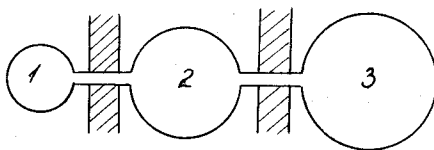
17. Làm thí nghiệm người ta thấy một bình chứa 1kg nito ( $\text{N}_2$ ) bị nổ ở nhiệt độ  $t = 350^\circ\text{C}$ . Tính khối lượng khí hiđrô ( $\text{H}_2$ ) có thể chứa trong bình cùng loại nếu nhiệt độ tối đa là  $50^\circ\text{C}$  và hệ số an toàn là 5 (áp suất tối đa chỉ bằng 1/5 áp suất gây nổ). Cho  $H = 1$ ,  $N = 14$ ,  $R = 8,31\text{ J/mol.K}$ .

18. Có ba bình có thể tích  $V_1 = V$ ,  $V_2 = 2V$ ,  $V_3 = 3V$  thông với nhau nhưng cách nhiệt đối với nhau (H.8). Ban đầu các bình chứa khí ở cùng nhiệt độ  $T_0$  và áp suất  $p_0$ . Người ta hạ nhiệt độ bình 1 xuống  $T_1$

$T_1 = \frac{T_0}{2}$  và nâng nhiệt độ bình

2 lên  $T_2 = 1,5 T_0$ , bình 3

lên  $T_3 = 2T_0$ . Tính áp suất mới  $p$ .



Hình 8

19. Thuốc súng có khối lượng riêng  $d = 1\text{g/cm}^3$ . Khi cháy thì biến thành khí chiếm thể tích gấp 100 lần thể tích thuốc và có khối lượng mol là 30g/mol, có nhiệt độ  $T = 1000\text{K}$  (xét lúc đạn sắp ra khỏi nòng). Tính áp suất khí lúc ấy. Biết  $R = 8,31\text{ J/mol.K}$

20. Một bình chứa khí oxi ( $\text{O}_2$ ) nén ở áp suất  $p_1 = 1,5 \cdot 10^7\text{ Pa}$  và nhiệt độ  $t_1 = 37^\circ\text{C}$  có khối lượng (bình và khí)  $M_1 = 50\text{kg}$ .

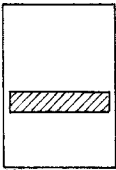


Dùng khí một thời gian, áp kế trở  $p_2 = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$  ở nhiệt độ  $t_2 = 7^\circ\text{C}$ , khối lượng của bình và khí là  $M_2 = 49\text{kg}$ . Hỏi còn bao nhiêu kg khí trong bình? Tính thể tích của bình.

Cho  $O = 16$ ,  $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$

**21.** Một cái cốc hình trụ có đường kính 4cm được dùng để giác (chữa bệnh). Người ta đốt cồn để nung nóng không khí trong cốc lên tới  $t_1 = 80^\circ\text{C}$  rồi úp vào lưng bệnh nhân cho kín miệng cốc. Khi không khí nguội đi thì da bị hút phồng lên. Tính chênh lệch áp suất của không khí ở ngoài và trong cốc. Tính áp lực mà cốc tác dụng lên da. Cho biết nhiệt độ không khí trong phòng là  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  và áp suất khí quyển là  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ . Bỏ qua sự biến đổi thể tích của không khí do da phồng lên.

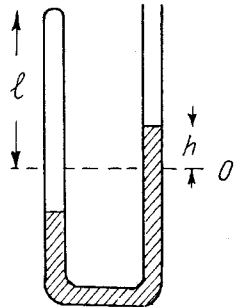
**22.** Một bình kín hình trụ đặt thẳng đứng được chia thành hai phần bằng một pittông nặng, cách nhiệt (H.9) ngăn trên chứa 1mol, ngăn dưới chứa 3mol của cùng một chất khí. Nếu nhiệt độ ở hai ngăn đều bằng  $T_1 = 400\text{K}$  thì áp suất ở ngăn dưới  $p_2$  gấp đôi áp suất ở ngăn trên  $p_1$ . Nhiệt độ ngăn trên không đổi, ngăn dưới có nhiệt độ  $T_2$  nào thì thể tích hai ngăn bằng nhau?



Hình 9

**23.** Một ống hình chữ U tiết diện đều  $S$ , trong đó có một lượng Hg đủ dài, chia ống thành hai phần: phần bên trái ống hàn kín chứa không khí, phần bên phải thông ra khí trời ở áp suất  $p_0 = 760\text{mm Hg}$  (H.10)

Khi ống ở  $0^\circ\text{C}$  mức thủy ngân ở hai phần ngang nhau và ở vị trí chuẩn "0"; Chiều dài của phần ống chứa khí lúc đó là  $l = 20\text{cm}$ . Ở  $t^\circ\text{C}$  mức Hg bên ống hở dâng lên đoạn  $h$ , và người ta dùng  $h$  để biểu thị nhiệt độ. Hỏi phải chia độ nhiệt biểu này theo quy luật nào, và độ lớn của 1 độ ở lân cận  $40^\circ\text{C}$  là bao nhiêu?



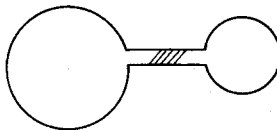
Hình 10

**24.** Hai bình thể tích  $200\text{cm}^3$  và  $100\text{cm}^3$  nối với nhau bằng một ống nhỏ, ngắn, trong đó chứa một chất xốp cho khí đi qua được nhưng cách nhiệt (H.11). Thoạt đầu trong hai bình đó đều chứa khí ở  $27^\circ\text{C}$  và áp suất 760mm Hg. Sau đó người ta nâng nhiệt độ bình lớn



lên  $100^{\circ}\text{C}$  và hạ nhiệt độ bình nhỏ xuống  $0^{\circ}\text{C}$ . Tính áp suất cuối trong bình.

25. Hai bình có thể tích  $V_1 = 40\text{dm}^3$  và  $V_2 = 10\text{dm}^3$  thông với nhau bằng ống có khóa ban đầu đóng. Khóa này chỉ mở nếu  $p_1 \geq p_2 + 10^5 \text{ Pa}$ ,  $p_1$  là áp suất của khí trong bình 1,  $p_2$  là áp suất trong bình 2. Ban đầu bình 1 chứa khí ở áp suất  $p_0 = 0,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  và nhiệt độ  $T_0 = 300\text{K}$ . Trong bình 2 là chân không. Người ta nung nóng đều hai bình từ  $T_0$  lên  $T = 500 \text{ K}$ .



Hình 11

- Tới nhiệt độ nào thì khóa mở ?
- Tính áp suất cuối cùng trong mỗi bình.

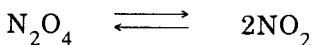
## C - PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI ÁP DỤNG CHO CÁC HỖN HỢP KHÍ.

26. Trong bình với thể tích  $V = 10$  lít có 2,8g nitơ. Nung nóng đến  $1500^{\circ}\text{C}$  thì có  $x\%$  phân tử  $\text{N}_2$  phân li thành nguyên tử N, và áp suất là  $1,92 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Tính  $x$ . Cho  $N = 14$ .

27. Trong bình có hỗn hợp  $m_1$  gam nitơ  $\text{N}_2$  và  $m_2$  gam hiđrô  $\text{H}_2$ . Ở nhiệt độ  $T$  thì nitơ phân li hoàn toàn thành khí đơn nguyên tử, độ phân li của  $\text{H}_2$  không đáng kể ; áp suất trong bình là  $p$ . Ở nhiệt độ  $2T$  thì  $\text{H}_2$  cũng phân li hoàn toàn, áp suất là  $3p$ . Tính tỉ số  $m_1/m_2$ . Cho  $N = 14$ ,  $H = 1$ .

28. Trong một bình với thể tích  $V_0 = 1,1$  lít có khí hiđrô  $\text{H}_2$  và  $m = 100\text{g}$  chất hấp thụ ở nhiệt độ  $t = -93^{\circ}\text{C}$  và áp suất  $p = 2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ . Ở nhiệt độ này khối lượng hiđrô bị hấp thụ là 2g. Nếu nung nóng tới nhiệt độ  $t_1 = 37^{\circ}\text{C}$  thì toàn bộ hiđrô đã bị hấp thụ được giải phóng. Tính áp suất  $p_1$  tương ứng. Khối lượng riêng của chất hấp thụ là  $c = 1\text{g/cm}^3$ ;  $H = 1$

29. Khí  $\text{N}_2\text{O}_4$  khi nung nóng đến nhiệt độ phòng sẽ bị phân hủy một phần thành  $\text{NO}_2$  theo phản ứng :







Người ta bơm 0,9g  $N_2O_4$  lỏng ở  $0^\circ C$  vào một bình đã rút chân không có thể tích  $250cm^3$ ; khi nung nóng bình đến nhiệt độ phòng ( $27^\circ C$ ) áp suất trong bình lên đến 969mm Hg. Hỏi có bao nhiêu phần trăm khí  $N_2O_4$  đã phân hủy, biết rằng khí trong bình đã bay hơi toàn bộ?

Cho biết:  $N_2 = 28$ ;  $O_2 = 32$ . Áp suất 760mm Hg coi gần đúng bằng  $10^5 Pa$ .

30. Sét hồn là một quả cầu sáng lơ lửng trong không khí. Theo một lí thuyết giải thích hiện tượng này thì quả cầu là chất khí mà mỗi phân tử gồm một nguyên tử nitơ liên kết với n phân tử nước (n là số nguyên dương) có nhiệt độ khoảng  $600^\circ C$ . Tính n, giả thiết rằng áp suất trong quả cầu bằng áp suất khí quyển; biết nhiệt độ không khí là  $t_0 = 20^\circ C$ , khối lượng mol của không khí là  $\mu_0 = 29g/mol$ ;  $H = 1$ ,  $N = 14$ ,  $O = 16$

31. Một bình có thể tích  $2V = 200cm^3$  được chia làm hai phần bằng nhau bằng vách cố định bán thấm. Ở bên trái có hỗn hợp gồm 2 mg hiđrô  $H_2$  và 4mg hêli He, bên phải là chân không. Vách chỉ cho hêli khuếch tán qua. Tính áp suất cuối cùng ở hai phần. Nhiệt độ bằng 360K;  $R = 8,31 J/mol \cdot K$

32. Người ta cho vào một bình thép  $m_1 = 2g$  hiđrô và  $m_2 = 8g$  ôxi ở nhiệt độ  $T_0 = 300K$ . Sau khi hiđrô kết hợp với ôxi thành hơi nước, áp suất trong bình tăng gấp đôi. Phản ứng này tỏa nhiệt, tính nhiệt độ cuối.  $H = 1$ ;  $O = 16$

33. Cho  $n_1$  lít khí 1,  $n_2$  lít khí 2,  $n_3$  lít khí 3 đều ở áp suất p vào một bình có thể tích:  $n_1 + n_2 + n_3 = 100$  lít ( $n_1, n_2, n_3$  là các tỉ lệ % theo thể tích:  $n_1 + n_2 + n_3 = 100$ ). Biết các khối lượng mol  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$

a) Tính các tỉ lệ % theo khối lượng, nghĩa là trong 100g hỗn hợp, khối lượng  $N_1, N_2, N_3$  các khí là bao nhiêu ( $N_1 + N_2 + N_3 = 100$ )

b) Áp dụng cho không khí. Biết  $n_1 = 78,1\%$  nitơ ( $N_2$ ),  $n_2 = 21\%$  ôxi ( $O_2$ ),  $n_3 = 0,9\%$  argon (Ar)

$N = 14$ ;  $O = 16$ ;  $Ar = 40$  (Ar là khí đơn nguyên tử)

c) Tính khối lượng mol của không khí.



## D - PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI KẾT HỢP VỚI ĐỊNH LUẬT ACSIMET

34. Một khí cầu có thể tích  $V = 336\text{m}^3$  và khối lượng vỏ  $m = 84\text{kg}$  được bơm không khí nóng đến áp suất bằng áp suất không khí bên ngoài. Không khí nóng phải có nhiệt độ bằng bao nhiêu để khí cầu bắt đầu bay lên. Không khí bên ngoài có nhiệt độ  $27^\circ\text{C}$  và áp suất  $1\text{atm}$ ;  $\mu$  (không khí) =  $29\text{g/mol}$ .

35. Khí cầu thường mang theo phụ tải (các túi cát). Một khí cầu khối lượng tổng cộng  $m = 300\text{kg}$  đang lơ lửng ở độ cao khí quyển có áp suất  $p_1 = 84\text{kPa}$  và nhiệt độ  $t_1 = -13^\circ\text{C}$ . Phải ném bao nhiêu kg phụ tải để khí cầu lên cao được tới độ cao có nhiệt độ  $t_2 = -33^\circ\text{C}$  và áp suất  $p_2 = 60\text{kPa}$ . Khí cầu được bơm không khí có khối lượng mol  $\mu = 29\text{g/mol}$ ,  $R = 8,31\text{J/mol.K}$ . Giả thiết thể tích của khí cầu không đổi.

36. Một quả bóng trẻ con có khối lượng  $m = 5\text{g}$  được bơm khí hiđrô thành hình cầu ở điều kiện  $t_0 = 27^\circ\text{C}$ ,  $p_0 = 10^5\text{Pa}$ . Bán kính bóng bằng bao nhiêu thì :

a) bóng lơ lửng ?

b) bóng có thể bay tới độ cao có áp suất  $p = 0,5p_0$  và nhiệt độ  $t = 7^\circ\text{C}$  ?

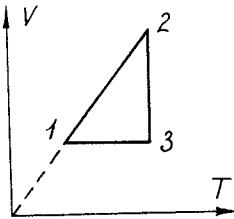
Biết các khối lượng mol : của hiđrô  $\mu_{\text{H}} = 2\text{g/mol}$ , của không khí  $\mu_{\text{k}} = 29\text{g/mol}$ ;  $R = 8,31\text{ J/mol.K}$

37. Một bóng thám không chứa đầy hiđrô. Vỏ bóng có thể tích không đổi  $V = 75\text{m}^3$  và khối lượng  $M = 7\text{kg}$ ; phía dưới có lỗ nhỏ. Thả cho bóng bay lên, hỏi nó tới được độ cao tối đa nào, biết rằng áp suất khí quyển giảm  $1/2$  mỗi lần độ cao tăng  $5\text{km}$ , và nhiệt độ ở tầng trên của khí quyển là  $T = 218\text{K}$ . Áp suất khí quyển ở mặt đất là  $p_0 = 10^5\text{Pa}$ .  $\mu_{(\text{không khí})} = 29\text{g/mol}$ ;  $\mu_{(\text{hiđrô})} = 2\text{g/mol}$ ;  $R = 8,31\text{J/mol.K}$

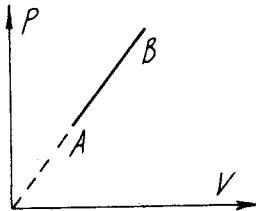


38. Một khí cầu cấu tạo bởi một túi dạng cầu đường kính 16m, hở ở phía dưới đáy. Khối lượng của túi là 150kg. Người ta đốt nóng không khí trong khí cầu. Hỏi nhiệt độ của không khí trong khí cầu phải ít nhất bằng bao nhiêu để cho nó có thể bay lên được ?

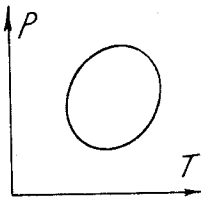
Cho biết nhiệt độ khí quyển là  $0^{\circ}\text{C}$ , áp suất bằng  $10^5\text{Pa}$ .  
 $\mu_{(\text{không khí})} = 0,029\text{kg/mol}$ .



Hình 12



Hình 13



Hình 14



## E - ĐỒ THỊ

39. Hình 12 là đồ thị chu trình của 1 mol khí lí tưởng trong mặt phẳng tọa độ  $V, T$ . Vẽ đồ thị trong mặt phẳng tọa độ  $p, V$  và  $p, T$  (trục tung là trục  $p$ )

40. Một mol khí lí tưởng thực hiện quá trình biểu diễn bằng đoạn AB (H.13) Biết  $p_A, V_A$ . Tìm hàm  $V = f(T)$

41.  $m$  là một lượng khí biến đổi, thực hiện chu trình đẳng tích có đồ thị trong hình 14.

Tìm (bằng phép vẽ) các điểm của đường cong ứng với  $m$  cực đại và cực tiểu.

42. Một mol khí lí tưởng thực hiện quá trình biểu diễn bởi 2 đoạn thẳng AB và BCD (H.15) Đường thẳng AC đi qua gốc O, và A là trung điểm của OC.

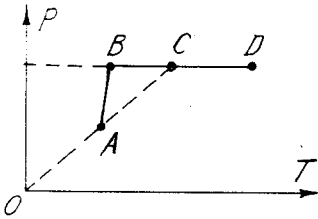
a) Biết  $p_A, T_A$ , tính  $V_A$  và  $V_C$

b) Thể tích  $V$  tăng giảm thế nào trong quá trình ABCD

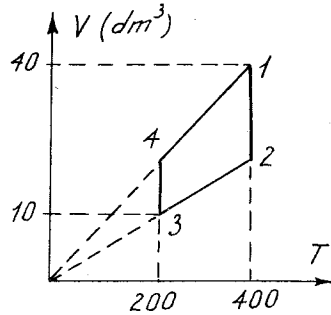
43. Một mol khí lí tưởng thực hiện chu trình 1-2-3-4 (H.16)

Biết  $T_1 = T_2 = 400\text{K}$

$T_3 = T_4 = 200\text{K}$



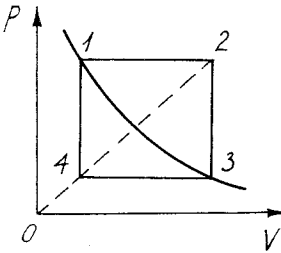
Hình 15



Hình 16

$$V_1 = 40\text{dm}^3 \quad V_3 = 10\text{dm}^3$$

Tính áp suất  $p$  ở các trạng thái và vẽ đồ thị  $p - V$



Hình 17

44. Một mol khí thực hiện chu trình biểu diễn bằng hình chữ nhật trong H.17 ; đường thẳng 2-4 đi qua gốc O, hai điểm 1 và 3 trên cùng một đường đẳng nhiệt. Biết :

$$V_1 = V_4 = 8,31\text{dm}^3$$

$$p_1 = p_2 = 4 \cdot 10^5 \text{Pa}$$

$$p_3 = p_4 = 10^5 \text{Pa}$$

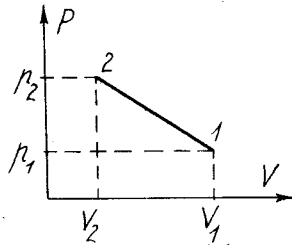
Tính nhiệt độ của các trạng thái và vẽ đồ thị  $p - T$ ,  $R = 8,31\text{J/mol.K}$

45. Một mol khí thực hiện quá trình biểu diễn bằng đoạn thẳng 1-2 trên đồ thị  $p - V$  (H.18) Biết các giá trị  $p_1$ ,  $V_1$  và  $p_2$ ,  $V_2$

a) Tìm định luật biến thiên của nhiệt độ  $T$  theo thể tích  $V$ ,  $T = f(V)$

b) Tính nhiệt độ cực đại trong quá trình ; tìm điều kiện để có cực đại thực ( $T$  tăng rồi giảm).

c) Trong tọa độ  $p - V$  hãy vẽ một loạt đường đẳng nhiệt rồi vẽ đoạn thẳng 1-2 cho các trường hợp có và không có  $T_{\text{max}}$ .



Hình 18



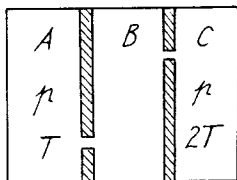
## G - THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ

46. Tính (gần đúng) khối lượng nước bay hơi trong 1 giây từ  $1\text{m}^2$  của mặt hồ ở nhiệt độ  $T = 300\text{K}$ . Sự bay hơi này tạo thành một lớp hơi bão hòa có áp suất  $p = 3,5\text{ kPa}$ . Giả thiết

các phân tử hơi nước có vận tốc trung bình  $\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$

$$\mu_{(\text{nước})} = 0,018\text{ kg/mol}$$

47. Một bình cách nhiệt có một lỗ nhỏ thông với bên ngoài. Bên ngoài là chất khí ở nhiệt độ  $T$  và áp suất  $p$  đủ thấp để các phân tử khí khi bay qua lỗ không va chạm vào nhau. Người ta giữ nhiệt độ của khí trong bình bằng  $4T$ . Tính áp suất  $p_1$  trong bình khi đã có trạng thái dừng (không đổi với thời gian) trong bình.



Hình 19

48. Một buồng B cách nhiệt thông bằng hai lỗ nhỏ giống nhau với hai buồng A, C chứa một chất khí lí tưởng (H.19). Người ta giữ áp suất ở hai buồng ấy không đổi và bằng  $p$ , và giữ nhiệt độ ở buồng A bằng  $T$ , nhiệt độ ở buồng C bằng  $2T$ . Tính áp suất  $p_1$  và nhiệt độ  $T_1$  ở buồng B khi đã có trạng thái dừng (không đổi) trong buồng ấy.

Hướng dẫn. Số lượng phân tử trong B và tổng động năng của chúng không đổi.

## II - NỘI NĂNG - NHIỆT VÀ CÔNG

49. Trong một bình kín thể tích  $V = 8,31$  lít có khí ở áp suất  $p_0 = 10^5\text{ Pa}$ . Truyền cho khí nhiệt lượng  $Q = 2100\text{ J}$  thì áp suất mới bằng bao nhiêu? Biết nhiệt dung mol đẳng tích  $C_V = 21\text{ J/mol.K}$ ;  $R = 8,31\text{ J/mol.K}$

50. Một xi lanh nằm ngang có tiết diện  $S = 400\text{ cm}^2$  chứa một mol khí ở  $T_1 = 300\text{ K}$ . Muốn pittông sinh lực  $F = 2000\text{ N}$



và di chuyển được  $l = 0,5$  m thì phải nung khí lên nhiệt độ  $T_2$  bằng bao nhiêu và truyền bao nhiêu nhiệt lượng cho khí ?  
 Biết nhiệt dung mol đẳng áp  $C_p = \frac{5}{2}R$ . Áp suất khí quyển là  $p_0 = 10^5$  Pa và  $R = 8,31\text{J/mol.K}$

51. Có hai bình cách nhiệt thông nhau bằng ống có khóa. Mới đầu khóa đóng. Bình 1 có thể tích  $V_1$  chứa một chất khí ở nhiệt độ  $T_1 = 300$  K và áp suất  $p_1 = 10^5$  Pa. Bình 2 có thể tích  $V_2 = \frac{V_1}{2}$  chứa cùng chất khí ấy ở nhiệt độ  $T_2 = 500\text{K}$  và áp suất  $p_2 = \frac{p_1}{2}$ . Mở khóa cho khí trộn lẫn. Tính nhiệt độ  $T$  và áp suất  $p$  cuối cùng.

52. Một mol khí được nung nóng sao cho áp suất tăng tỉ lệ với thể tích  $p = aV$ . Tính nhiệt dung của khí trong quá trình này. Hãy nêu một thiết bị có thể dùng để thực hiện quá trình này (gắn đúng)

53. Một mol khí nhận nhiệt lượng  $Q$  và giãn nở theo quy luật  $V = bp$ ,  $b$  là một hệ số không đổi. Áp suất tăng từ  $p_1$  đến  $p_2$ . Tính  $b$ ; biết nhiệt dung mol đẳng tích  $C_V$ .

54. Một mol khí trong một xilanh có pittông thực hiện chu trình sau đây :

- từ trạng thái 1 có áp suất  $p_1$ , thể tích  $V_1$ , biến đổi đẳng tích đến trạng thái 2 có áp suất  $p_2 > p_1$

- từ trạng thái 2 giãn nở đẳng áp đến trạng thái 3.

- từ trạng thái 3 biến đổi đẳng nhiệt ở nhiệt độ  $T_3$  đến trạng thái 4

- Từ trạng thái 4 biến đổi đẳng áp trở về trạng thái 1

a) Vẽ đồ thị của chu trình trong mặt phẳng các tọa độ :

1)  $p - V$  ; 2)  $p - T$  ; 3)  $V - T$

b) Trong mỗi quá trình chất khí nhận hay tỏa nhiệt, nhận hay sinh công ; tính các lượng nhiệt và công ấy ( $p_1$ ,  $p_2$ ,  $V_1$  và  $T_3$  là các giá trị đã biết)

c) Áp dụng bằng số :  $p_1 = 10^5$  Pa,  $p_2 = 2p_1$ ,  $V_1 = 8,31\text{dm}^3$ ,  $T_3 = 400\text{K}$ . Nhiệt dung mol đẳng tích  $C_V = 1,5R$  ;  $R = 8,31\text{J/mol.K}$



Tính nhiệt lượng mà khí nhận và công nó sinh ra trong cả chu trình.

55. Một mol khí từ trạng thái 1 với  $p_1 = 2 \cdot 10^5$  Pa  
 $V_1 = 8,31$  dm<sup>3</sup>, giãn nở đẳng nhiệt đến trạng thái 2 có  
 $V_2 = 6V_1$ , rồi bằng quá trình đẳng tích 2 - 3 và đoạn  
 nhiệt 3 - 1 trở lại trạng thái 1.

- Tính các thông số của các trạng thái và vẽ đồ thị  $p - V$
- Tính các lượng công và nhiệt trao đổi trong từng quá trình và trong cả chu trình.

Cho biết nhiệt dung đẳng tích  $C_V = 2,5R$

56. Một mol khí lí tưởng đơn nguyên tử chứa trong một bình hình trụ nhẵn, ngăn với bên ngoài bằng một pittông di chuyển được. Thoạt đầu khí có thể tích  $V_1$  áp suất  $p_1$  và nhiệt độ  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ . Người ta hơ nóng nó từ từ, và cung cấp cho nó nhiệt lượng tổng cộng bằng 8,31 oát-giờ; chất khí nóng lên và giãn nở đẳng áp đến thể tích  $V_2$  và nhiệt độ  $t_2$ . Hãy tính nhiệt độ  $t_2$ , tỉ số  $V_2/V_1$ , công sinh ra và độ tăng nội năng của khí.

57. Dùng một bơm xe đạp (bơm có pittông) để bơm một quả bóng đá. Lúc đầu ruột bóng xẹp. Sau 40 lần bơm, quả bóng căng và thể tích là 3 lít. Cho rằng độ đàn hồi của ruột bóng và vỏ da là không đáng kể, ma sát trong bơm có thể bỏ qua, và nhiệt độ của khí không thay đổi, hãy xác định :

- Áp suất cuối cùng trong quả bóng
- Công tiêu tốn trong quá trình bơm bóng, và trong 20 nhất bơm đầu tiên.

Cho biết : mỗi nhất bơm, bơm hút 150cm<sup>3</sup> không khí vào thân bơm rồi đẩy toàn bộ số khí ấy vào trong bóng; áp suất khí quyển 1 atm = 10<sup>5</sup>Pa.

58. Hai bình cách nhiệt, nối với nhau bằng một ống nhỏ có khóa. Bình thứ nhất có thể tích  $V_1 = 500$ l, chứa  $m_1 = 16,8$ kg Nitơ ở áp suất  $p_1 = 3 \cdot 10^6$  Pa. Bình thứ hai có thể tích  $V_2 = 250$ l chứa  $m_2 = 1,2$  kg Ar ở áp suất  $p_2 = 5 \cdot 10^5$ Pa. Hỏi sau khi mở khóa cho hai bình thông nhau, nhiệt độ và áp suất của khí là bao nhiêu? Cho biết nhiệt dung mol đẳng tích của  $N_2$  là

$C_1 = \frac{5}{2}R$ , của argon là  $C_2 = \frac{3}{2}R$ ; khối lượng mol của nitơ là  $\mu_1 = 28$ g/mol, của argon là  $\mu_2 = 40$ g/mol;  $R = 8,31$  J/mol K.



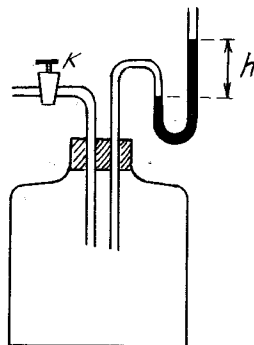
59. Có một phích nước nóng, một cái cốc và một nhiệt biểu. Ban đầu cốc và nhiệt biểu ở nhiệt độ phòng  $t_f = 25^\circ\text{C}$ . Người ta rót nước từ phích vào đầy cốc và thả nhiệt biểu vào cốc, nhiệt biểu chỉ  $t_1 = 60^\circ\text{C}$ . Đổ nước cũ đi và rót nước mới vào đầy cốc, nhiệt biểu chỉ  $t_2 = 75^\circ\text{C}$ .

Hỏi ít nhất nhiệt độ của nước trong phích cũng bằng bao nhiêu? Cho rằng thời gian từ lúc rót nước vào cốc đến lúc đọc nhiệt độ là rất nhỏ.

60. Một quả bóng đá khối lượng 800g, đường kính 22cm được bơm căng đến áp suất 2 atm. Tính nhiệt độ của khí trong bóng lúc tiếp đất sau khi bóng rơi thẳng đứng từ độ cao 25m. Cho rằng vỏ bóng hoàn toàn mềm và cách nhiệt. Nhiệt độ ban đầu của quả bóng là  $27^\circ\text{C}$ . Bỏ qua sức cản của không khí. Nhiệt dung mol đẳng tích của không khí :  
 $C_v = 2,5R$  ;  $g = 10\text{m/s}^2$  ;  $1\text{atm} = 10^5\text{Pa}$ .

61. Một bình đủ lớn chứa không khí thông với một áp kế chất lỏng A dạng chữ U thể tích không đáng kể, và thông với môi trường ngoài qua một khóa K (H.20).

Thoạt tiên khóa K đóng, áp suất trong bình cao hơn áp suất khí quyển chút ít, và chênh lệch các mức chất lỏng trong áp kế là  $h$ .



Hình 20

Ta mở khóa K rồi đóng lại ngay và một lát sau thấy chênh lệch các mức chất lỏng đạt giá trị ổn định là  $h'$ .

Hãy xác định tỉ số  $\gamma = C_p/C_v$  của không khí theo  $h$  và  $h'$ .

### ➔ III - CHẤT RẮN VÀ CHẤT LỎNG

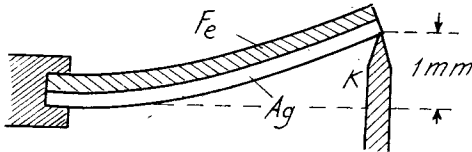
62. Hai băng đồng và sắt có cùng bề dày 2mm và chiều dài  $l_0$  ở  $0^\circ\text{C}$  được hàn ở hai đầu thành băng kép có khe hở 1mm ở giữa. Tính bán kính trung bình của băng ngoài khi băng kép





được hơ nóng lên nhiệt độ  $t = 200^{\circ}\text{C}$ . Giả thiết khí hơ nóng bằng kẹp có dạng cung tròn. Các hệ số giãn nở dài của đồng là  $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ , của sắt là  $\beta = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ .

63. Một băng kép kim loại làm bằng một lá bạc và một lá sắt, chiều dày mỗi lá 0,2 mm, hàn ép chặt vào nhau. Băng dài 10mm, một đầu kẹp chặt, một đầu tự do (H.21)



Hình 21

Ở nhiệt độ  $27^{\circ}\text{C}$  băng phẳng. Người ta dùng một mũi nhọn K, đẩy cho băng vênh lên

1mm ; mặt bạc chạm vào mũi nhọn.

Hỏi ở nhiệt độ nào thì băng không chạm vào mũi nhọn nữa, biết rằng hệ số nở dài của sắt là  $12 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$  và của bạc là  $16 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ? Khi tính cho rằng băng vênh thành một cung tròn.

64. Đồng hồ con lắc có dây treo bằng đồng thau với hệ số nở dài  $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ . Ở nhiệt độ  $t_1 = 30^{\circ}\text{C}$  mỗi ngày (24 giờ) đồng hồ chạy sai 12 giây. Ở nhiệt độ  $t$  nào thì nó chạy đúng? Xét hai trường hợp :

- Chạy nhanh 12s
- Chạy chậm 12s

65. Ở  $0^{\circ}\text{C}$  một vật rắn nổi trong một chất lỏng với 98% thể tích bị ngập. Hỏi bao nhiêu % thể tích chất rắn bị ngập khi nhiệt độ là  $t = 25^{\circ}\text{C}$ ? Các hệ số nở khối của chất rắn là  $\alpha = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ , của chất lỏng là  $\beta = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$

66. Một bình thủy tinh hình lập phương chứa đầy chất lỏng ở  $t = 20^{\circ}\text{C}$ , khối lượng chất lỏng là  $m = 79 \text{ kg}$ . Nhiệt độ tăng lên  $t_1 = 80^{\circ}\text{C}$  thì có 3 kg chất lỏng tràn ra. Biết thủy tinh có hệ số nở dài  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ , tính hệ số nở khối  $\beta$  của chất lỏng.

67. Trộn lẫn ba khối lượng nước  $m_1, m_2, m_3$  có nhiệt độ là  $t_1 > t_2 > t_3$ . Tính nhiệt độ và khối lượng riêng của hỗn



hợp, biết khối lượng riêng của nước ở  $4^{\circ}\text{C}$  là  $d_0$  và hệ số nở khối của nước là  $\beta$ .

Áp dụng bằng số :  $m_1 = 50\text{kg}$ ,  $m_2 = 30\text{kg}$ ,  $m_3 = 20\text{kg}$   
 $t_1 = 60^{\circ}\text{C}$ ,  $t_2 = 40^{\circ}\text{C}$ ,  $t_3 = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $d_0 = 10^3 \text{ kg/m}^3$

$\beta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$ . Tính nhiệt độ và khối lượng riêng của hỗn hợp.

**68.** Dùng ống nhỏ giọt có đường kính miệng  $d = 0,4\text{mm}$ , người ta nhỏ  $1\text{cm}^3$  nước thành 100 giọt. Tính hệ số căng mặt ngoài  $c$  của nước. Lấy  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

**69.** Coi cái kim như một hình trụ có đường kính  $d$ . Nếu bôi mỡ thì kim có thể nổi trên mặt nước nếu  $d < d_{\text{max}}$ . Tính  $d_{\text{max}}$ . Biết khối lượng riêng của thép là  $m_0 = 7800\text{kg/m}^3$ , hệ số căng mặt ngoài của nước là  $c = 0,073\text{N/m}$

**70.** Dậy một cái bình thủy tinh có lỗ nhỏ đường kính  $d_0 = 0,1 \text{ mm}$ . Có thể đổ thủy ngân vào bình đến độ cao nào mà thủy ngân vẫn không chảy qua lỗ ? Hệ số căng mặt ngoài của thủy ngân là  $c = 0,465\text{N/m}$ . Khối lượng riêng của thủy ngân  $m_0 = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Lấy  $g = 10\text{m/s}^2$ .

**71.** Người ta nhỏ  $1\text{g}$  thủy ngân lên một tấm thủy tinh nằm ngang, đặt lên trên thủy ngân một tấm thủy tinh khác mang một quả nặng có khối lượng  $M = 80\text{kg}$ . Thủy ngân bị nén thành một vết tròn có bán kính  $R = 5\text{cm}$ . Cho rằng thủy ngân hoàn toàn không dính ướt thủy tinh, tính hệ số căng mặt ngoài  $c$  của thủy ngân. Khối lượng riêng của thủy ngân  $m_0 = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Lấy  $g = 9,8\text{m/s}^2$

**72.** Hai giọt thủy ngân có bán kính  $r = 0,5\text{mm}$  tiếp xúc với nhau và thành một giọt (vẫn có hình cầu bán kính  $R$ ). Nhiệt độ thủy ngân tăng lên, tại sao ? Giả thiết nhiệt không truyền cho môi trường ngoài, tính độ tăng nhiệt độ biết hệ số căng mặt ngoài của thủy ngân là  $c = 0,47 \text{ N/m}$ , nhiệt dung riêng là  $a = 138\text{J/kg K}$ , khối lượng riêng là  $m_0 = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

**73.** Một ống mao dẫn dài  $20\text{cm}$ , bán kính trong  $R = 0,5\text{mm}$ , một đầu hàn kín, một đầu hở. Người ta đặt ống thẳng đứng sao cho đầu hở chạm vào mặt nước.



Hãy xác định chiều cao của cột nước trong ống, cho biết nước làm ướt hoàn toàn ống thủy tinh.

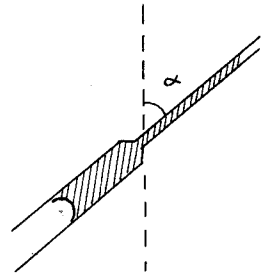
Hệ số sức căng mặt ngoài của nước là  $c = 72,5 \cdot 10^{-3} \text{N/m}$ . Áp suất khí quyển là  $p = 10^5 \text{Pa}$ . Khối lượng riêng của nước là  $d = 10^3 \text{kg/m}^3$ .

74. Một bình kim loại có khóa, thể tích 25l, bị rò một lỗ nhỏ tiết diện tròn. Khi rút khí trong bình đến áp suất  $10^{-3} \text{Pa}$  rồi khóa lại, thì sau 1 giờ áp suất trong đó tăng lên đến 10 Pa. Để tìm lỗ rò, người ta bơm khí vào bình rồi thả xuống nước (sát mặt nước) và quan sát xem bọt khí phụt ra từ chỗ nào. Hỏi muốn công việc có kết quả thì áp suất của khí trong bình ít nhất phải bằng bao nhiêu? Cho biết nước làm ướt hoàn toàn thành bình; sức căng mặt ngoài của nước là  $c = 73 \cdot 10^{-3} \text{N/m}$ . Áp suất khí quyển là  $p_0 = 10^5 \text{Pa}$ , vận tốc trung bình của phân tử không khí là  $\bar{v} = 400 \text{m/s}$ ; Nhiệt độ không khí là  $27^\circ \text{C}$ .  $R = 8,31 \text{J/mol.K}$ . Số Avôgadrô  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} / \text{mol}$ .

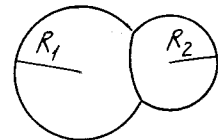
75. Một ống thủy tinh gồm hai phần có bán kính trong  $r_1$  và  $r_2$  hàn đồng trục với nhau. Trong ống có một đoạn nước có khối lượng  $M$  (H.22). Để ống nằm ngang thì nước rút toàn bộ vào phần ống nhỏ; để thẳng đứng nước chảy hết ra ngoài. Nếu để ống nghiêng góc  $\alpha$  so với đường thẳng đứng thì nước có một phần trong ống lớn, một phần trong ống nhỏ.

Hãy xác định cực tiểu của  $\alpha$  (để vẫn còn nước trong ống) Cho biết sức căng mặt ngoài của nước là  $c$ , khối lượng riêng là  $d$ ; nước làm ướt hoàn toàn thành ống.

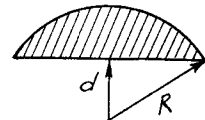
76. Hai bọt xà phòng dính vào nhau như trong hình 23. Bán kính cong của hai bọt là  $R_1$  và  $R_2$



Hình 22



Hình 23



Hình 24



- a) Xác định bán kính cong của màng ngăn cách hai bọt ấy
- b) Giả sử  $R_1 = R_2 = R$  và màng ngăn cách bị phá vỡ. Tính bán kính  $r$  của bọt mới tạo thành.

Khi tính cho rằng áp suất phụ dưới mặt cong rất nhỏ so với áp suất khí quyển  $H$ . Thể tích của hình chỏm cầu (H.24) tính theo công thức  $V = \frac{\pi}{3}(2R^3 - 3R^2d + d^3)$

#### IV - BIẾN ĐỔI TRẠNG THÁI (1)

77. Ở nhiệt độ  $t_1 = 22^\circ\text{C}$  độ ẩm tương đối của không khí là 60%. Nhiệt độ hạ xuống  $t_2 = 10^\circ\text{C}$ , tính khối lượng nước ngưng tụ trong  $1\text{m}^3$  không khí. Áp suất hơi nước bão hòa ở  $22^\circ\text{C}$  là  $p_1 = 2,6 \cdot 10^3 \text{Pa}$ , ở  $10^\circ\text{C}$  là  $p_2 = 1,2 \cdot 10^3 \text{Pa}$ .

78. Một phòng kín có thể tích  $V = 60\text{m}^3$  và nhiệt độ  $t = 20^\circ\text{C}$ ; độ ẩm của không khí là 50%. Áp suất trong phòng là  $p_0 = 10^5 \text{Pa}$ .

a) Tính khối lượng nước cần đun cho bay hơi để hơi nước trong phòng thành bão hòa.

b) Tính khối lượng không khí ẩm trong phòng khi độ ẩm là : 1) 50%

2) 100%. Tính áp suất mới trong phòng.

c) Nếu khi độ ẩm tăng lên 100% người ta cho thoát một ít không khí để giữ áp suất vẫn bằng  $p_0$  thì không khí ẩm trong phòng có khối lượng bằng bao nhiêu? So sánh với khi độ ẩm là 50% và giải thích. Áp suất hơi nước bão hòa ở  $20^\circ\text{C}$  là  $p_{bh} = 2300 \text{Pa}$ .

79. Một người đeo kính từ ngoài đường có nhiệt độ  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  bước vào một phòng có nhiệt độ  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ . Độ ẩm không khí trong phòng có giá trị cực đại bằng bao nhiêu thì kính của

(1) Trong các đề ở phần này, không ghi các hằng số quen thuộc như  $R = 8,31\text{J/mol K}$ ,  $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 0,018 \text{kg/mol}$ ,  $\mu$  (không khí) =  $0,029 \text{kg/mol}$



người ấy không bị mờ (vì hơi nước ngưng tụ) ? Áp suất hơi nước bão hòa ở  $t_1$  là  $p_1 = 1200$  Pa, ở  $t_2$  là  $p_2 = 2300$  Pa.

80. Một đám mây dày 5 km là không khí có độ ẩm 80% và nhiệt độ  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ . Nhiệt độ tụt xuống  $t_2 = 5^\circ\text{C}$ . Tính bề dày lớp nước mưa trên mặt đất. Áp suất hơi nước bão hòa ở  $t_1$  là  $p_1 = 2300$  Pa, ở  $t_2$  là 870 Pa.

81. Máy điều hòa mỗi giây hút  $3\text{m}^3$  không khí từ khí quyển có nhiệt độ  $t_1 = 40^\circ\text{C}$  và độ ẩm 80%. Máy làm không khí lạnh xuống  $t_2 = 5^\circ\text{C}$  và đưa vào buồng. Sau một thời gian máy hoạt động, nhiệt độ trong buồng là  $t_3 = 25^\circ\text{C}$ . Tính lượng nước ngưng tụ mỗi giây ở máy và độ ẩm trong phòng. Áp suất hơi nước bão hòa ở các nhiệt độ  $t_1, t_2, t_3$  là  $p_1 = 7400$  Pa ;  $p_2 = 870$  Pa ;  $p_3 = 3190$  Pa.

82. Một bình kín hình trụ có thể tích 20l, ở giữa có một vách ngăn di động được, chia nó làm hai phần A và B. Phần A chứa 18 g nước, phần B chứa 14g Nitơ. Bình được nung nóng đến  $100^\circ\text{C}$ .

- 1) Xác định thể tích của các phần A, B và áp suất ở trong bình.
- 2) Nếu vách ngăn bị thủng, áp suất trong bình bằng bao nhiêu ?

Cho biết áp suất hơi nước bão hòa ở  $100^\circ\text{C}$  là  $10^5$  Pa.

83. Không khí được hút nhanh ra khỏi một bình cách nhiệt chứa nước ở  $0^\circ\text{C}$ . Có 12,7% nước bay hơi, số còn lại đông đặc. Tính nhiệt bay hơi của nước biết nhiệt nóng chảy của nước đá là  $330\text{kJ/kg}$ .

84. 0,2 kg hơi nước ở nhiệt độ  $150^\circ\text{C}$  và áp suất chuẩn được bơm vào một bình chứa 2kg nước và 0,5kg nước đá ở  $0^\circ\text{C}$ . Tìm nhiệt độ cuối cùng x trong bình biết : nhiệt dung của bình là  $0,63\text{kJ/K}$  ; các nhiệt dung riêng của nước là  $4,19\text{kJ/kg.K}$ , của hơi nước là  $1,97\text{kJ/kg.K}$  ; nhiệt nóng chảy của nước đá là  $330\text{kJ/kg}$ , nhiệt hóa hơi của nước là  $2260\text{kJ/kg}$ .

85. 200 kg chì lỏng ở nhiệt độ nóng chảy  $327^\circ\text{C}$  được đổ vào một hỗn hợp gồm 20 kg nước và 1kg nước đá ở  $0^\circ\text{C}$ . Tìm nhiệt độ và thành phần cuối của hệ, bỏ qua các mất mát vì nhiệt tỏa ra ngoài. Cho biết :



Nhiệt nóng chảy của chì :  $21\text{kJ/kg}$

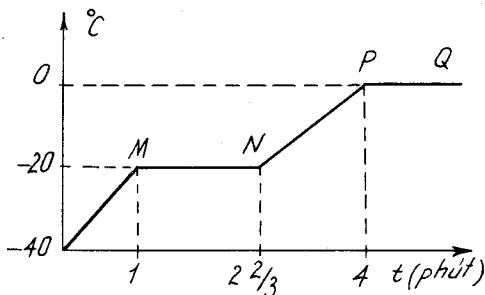
Nhiệt dung riêng của chì :  $0,125\text{kJ/kg.K}$

Nhiệt dung riêng của nước :  $4,19\text{kJ/kg.K}$

Nhiệt hóa hơi của nước :  $2260\text{kJ/kg}$

Nhiệt nóng chảy của nước đá :  $330\text{kJ/kg}$

86. Trong một bình cách nhiệt có :  $1\text{kg}$  nước đá,  $1\text{kg}$  một chất A dễ nóng chảy, không tan được trong nước, và một bếp điện công suất không đổi, nhiệt dung không đáng kể. Nhiệt độ ban đầu trong bình là  $-40^\circ\text{C}$ . Sau khi cho bếp hoạt động, nhiệt độ trong bình



Hình 25

biến đổi theo thời gian như đồ thị trong hình 25. Cho biết nhiệt dung riêng của nước đá là  $c_d = 2.10^3\text{J/kg.K}$ , của chất rắn A là  $c = 10^3\text{J/kg.K}$

Tính : - nhiệt nóng chảy của chất rắn A.

- Nhiệt dung riêng của chất A sau khi đã chảy lỏng.

## V - ĐỘNG CƠ NHIỆT

87. Một nhà máy nhiệt điện dùng tuabin hơi nước để phát điện. Nhiệt độ của nôi hơi là  $280^\circ\text{C}$ , của buồng ngưng hơi là  $45^\circ\text{C}$ . Người ta dùng than để đun nóng nôi hơi, và hiệu suất sử dụng nhiệt là  $70\%$  ; Hiệu suất của máy phát điện là  $90\%$ . Hỏi để sản xuất  $1\text{kW}$  giờ điện cần bao nhiêu than, biết rằng  $1\text{kg}$  than cháy cho ta  $24000\text{kJ}$  ? Coi hiệu suất của tua bin bằng hiệu suất của chu trình Cacnô.



**88.** Một máy hơi nước có công suất 11kW. Nhiệt độ của nồi hơi là  $180^{\circ}\text{C}$ , của buồng ngưng là  $50^{\circ}\text{C}$ .

a) Máy tiêu thụ mỗi giờ 180 kg hơi. Tính hiệu suất thực và nhiệt lượng hao phí (không biến thành công) trong một giờ.

b) Nếu máy có hiệu suất lí tưởng (theo định luật Cac nô) thì lượng hơi cần mỗi giờ là bao nhiêu ? Tính nhiệt lượng hao phí.

Biết 1 kg hơi ở  $180^{\circ}\text{C}$  khi chuyển thành nước ở  $50^{\circ}\text{C}$  tỏa ra  $2,55 \cdot 10^3 \text{kJ}$ .

**89.** Một máy hơi nước có công suất 150kW. Xi lanh có thể tích  $0,2\text{m}^3$ . Hơi nước ở nhiệt độ  $165^{\circ}\text{C}$  được nạp trong  $4/10$  khoảng chạy của pittông, giãn nở rồi ngưng tụ trong buồng ngưng có nhiệt độ  $45^{\circ}\text{C}$ . Nước từ buồng ngưng chuyển sang lò hơi để nấu thành hơi. Cứ mỗi vòng quay của bánh đà, hơi nước nạp lần lượt vào hai mặt của pittông. Tính :

a) Khối lượng nước tiêu thụ mỗi giờ

b) Hiệu suất thực.

c) Hiệu suất lí tưởng.

Biết bánh đà quay mỗi phút 70 vòng, khối lượng riêng của hơi nước ở  $165^{\circ}\text{C}$  là  $3,66 \text{kg/m}^3$ , nhiệt dung riêng của nước là  $4,19 \text{kJ/kg}$ . K, nhiệt hóa hơi của nước ở  $165^{\circ}\text{C}$  là  $2,05 \cdot 10^3 \text{kJ/kg}$

**90.** Nếu nhiệt lượng nhận từ nguồn nóng  $Q_1$  biến đổi (tăng hoặc giảm)  $a\%$ , nhiệt lượng nhả cho nguồn lạnh  $Q_2$  biến đổi  $b\%$  thì hiệu suất lí tưởng  $h$  của động cơ nhiệt tăng hay giảm?

Áp dụng bằng số. Ban đầu động cơ có hiệu suất  $h = 50\%$   
 Tính hiệu suất  $h'$  khi :

a)  $Q_1$  tăng  $10\%$ ,  $Q_2$  tăng  $20\%$

b)  $Q_1$  tăng  $10\%$ ,  $Q_2$  giảm  $20\%$

**91.** Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình gồm hai đường đẳng nhiệt và hai đường đẳng tích. Thể tích lớn nhất là  $0,02\text{m}^3$ , nhỏ nhất là  $0,01 \text{m}^3$ . Áp suất lớn nhất là  $5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ , nhỏ nhất là  $10^5 \text{Pa}$ . Tác nhân là 1 mol khí lí tưởng có nhiệt dung mol

đẳng tích  $C_V = \frac{3}{2} R$



a) Tính các thông số trạng thái và vẽ đồ thị  $p - V$

b) Tính hiệu suất thực và hiệu suất lí tưởng.

92. Một máy làm lạnh có nhiệt độ buồng lạnh  $-3^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ dàn tỏa nhiệt  $57^{\circ}\text{C}$ . Công suất của động cơ là  $2\text{kW}$ . Tính lượng nước đá sản ra mỗi giờ từ nước có nhiệt độ  $17^{\circ}\text{C}$ . Giả thiết máy có hiệu suất thực bằng  $\frac{1}{5}$  hiệu suất lí tưởng. Nhiệt đông đặc của nước là  $334\text{ kJ/kg}$ . Nhiệt dung riêng của nước là  $4,19\text{ kJ/kg K}$ .

(Hiệu suất của máy làm lạnh là tỉ số giữa nhiệt lượng lấy từ buồng lạnh  $Q_2$  và công  $A$  cần sản ra).

93. Một động cơ nhiệt có thể hoạt động theo hai chu trình:

Theo chu trình  $C$  tác nhân từ trạng thái 1, có áp suất  $p$  và thể tích  $V$ , bị nung đẳng tích tới trạng thái 2 có áp suất  $3p$ , rồi giãn nở đẳng áp tới trạng thái 3 có thể tích  $3V$ , và bị nén trở lại trạng thái 1 bằng quá trình trong đó áp suất tỉ lệ với thể tích.

Theo chu trình  $C'$  tác nhân giãn nở từ trạng thái 1 đến trạng thái 3 bằng quá trình giống như trong chu trình  $C$  nhưng ngược chiều, sau đó biến đổi đẳng tích đến trạng thái 4 có áp suất  $p$  và bị nén đẳng áp trở về trạng thái 1.

a) Vẽ đồ thị  $p - V$  biểu diễn hai chu trình

b) Tính các hiệu suất  $h$  và  $h'$  của hai chu trình

Tác nhân là một mol khí lí tưởng có nhiệt dung mol đẳng tích  $C_v = 1,5 R$ .

94. Một máy làm đá hoạt động theo chu trình Carnô chạy ngược : Người ta dùng động cơ điện để chạy máy, và khí ấy máy hút nhiệt ở nguồn lạnh có nhiệt độ  $0^{\circ}\text{C}$  và nhả nhiệt cho nguồn nóng có nhiệt độ  $60^{\circ}\text{C}$ .

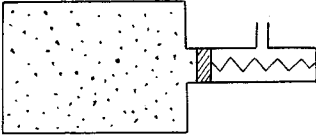
Hỏi để làm được  $1\text{kg}$  nước đá từ nước ở  $25^{\circ}\text{C}$  cần tốn bao nhiêu điện năng, biết rằng hiệu suất của động cơ điện là  $80\%$ . Cho biết nhiệt nóng chảy của nước đá là  $334\text{J/g}$ .



## VI

## A- ĐỀ THI CHỌN HỌC SINH GIỎI TOÀN QUỐC

1. (1986) - Một bình có thể tích  $V$  chứa 1 mol khí lí tưởng và một cái van bảo hiểm là một xi lanh rất nhỏ so với bình, trong có một pittông diện tích  $S$ , giữ bằng lò xo có độ cứng  $k$  (H.26). Khi nhiệt độ là  $T_1$  thì pittông ở cách lỗ thoát khí một khoảng  $l$ . Nhiệt độ của khí tăng tới giá trị  $T_2$  nào thì khí thoát ra ngoài ?



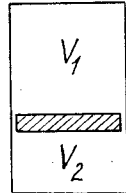
Hình 26

2. (1988) - Một bình kín được chia làm hai phần có thể tích bằng nhau bằng vách xốp. Ban đầu ở phần bên trái có hỗn hợp hai chất khí argon (Ar) và hiđrô (H) ở áp suất toàn phần  $p$ ; ở bên phải là chân không. Chỉ có H khuếch tán được qua vách xốp. Sau khi khuếch tán kết thúc, áp suất trong phần bên trái là  $p' = \frac{2}{3} p$ .

a) Tính tỉ lệ các khối lượng  $m_A/m_H$ ,  $m_A$  là khối lượng của argon;  $m_H$  là khối lượng của hiđrô trong bình.

b) Tính áp suất riêng phần ban đầu  $p_A$  của argon và  $p_H$  của hiđrô. argon và hiđrô không tương tác hóa học với nhau. Khối lượng mol của argon là  $\mu_A = 40\text{g/mol}$ , của hiđrô là  $\mu_H = 2\text{g/mol}$ . Coi quá trình là đẳng nhiệt.

3. (1989) - Một pittông nặng có thể chuyển động không ma sát trong một xi lanh kín đứng thẳng (H.27). Phía trên pittông có 1 mol khí, phía dưới cũng có 1 mol khí của cùng một chất khí lí tưởng. Ở nhiệt độ tuyệt đối  $T$  chung cho cả xilanh, tỉ số các thể tích khí là  $\frac{V_1}{V_2} = n > 1$ . Tính



Hình 27

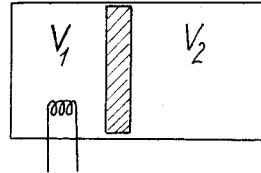
tỉ số  $x = \frac{V'_1}{V'_2}$  khi nhiệt độ có giá trị  $T'$  cao hơn.



Dãn nở của xilanh không đáng kể. Áp dụng bảng số :  $n = 2$ ,  $T' = 2T$  ; tính  $x$ .

4. (1990) - Một xilanh cách nhiệt nằm ngang, thể tích  $V_1 + V_2 = V_0 = 80$  lít, được chia làm hai phần không thông với nhau bởi một pittông cách nhiệt (H.28).

Pittông có thể chuyển động không ma sát. Mỗi phần của xilanh chứa 1 mol khí lí tưởng đơn nguyên tử. Ban đầu pittông đứng yên, nhiệt độ hai phần khác nhau. Cho dòng điện chạy qua điện trở để truyền cho khí ở bên trái nhiệt lượng  $Q = 120J$ .



Hình 28

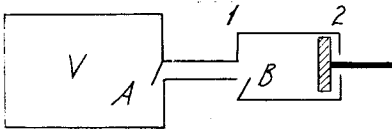
a) Nhiệt độ ở phần bên phải cũng tăng, tại sao ?

b) Khi đã có cân bằng, áp suất mới trong xi lanh lớn hơn áp suất ban đầu bao nhiêu ?

5. (1991) - Hình 29a là sơ đồ nén không khí vào bình có thể tích  $V$  bằng bơm có thể tích  $v$ . Khi pittông đi sang bên phải, thì van A đóng không cho không khí thoát ra khỏi bình, đồng thời van B mở cho không khí đi vào xi lanh. Khi pittông đi sang bên trái thì van B đóng, van A mở, pittông nén không khí vào bình.

a) Ban đầu pittông ở vị trí 1 và áp suất trong bình là  $p_0$ , áp suất khí quyển là  $p_K$ . Tính số lần phải ấn pittông để áp suất trong bình có giá trị cuối  $p_c$ . Người ta ấn chậm để nhiệt độ trong bình không đổi.

b) Bố trí lại các van như trong hình 29b thì có thể rút không khí trong bình. Ban đầu pittông ở vị trí 1, áp suất trong bình là  $p_0$ . Tính số lần cần kéo pittông để áp suất trong



a)



b)

Hình 29

bình giảm đi  $r$  lần,  $p_c = \frac{p_0}{r}$ .

Áp dụng bảng số :  $r = 100$ ,  $V = 10v$ , tính số lần cần kéo pittông.

6. (1992) - Một mol chất khí lí tưởng có chu trình biến đổi sau đây. Từ trạng thái 1 với  $p_1 = 10^5$  Pa,  $T_1 = 600K$ ,



dẫn nở đẳng nhiệt đến trạng thái 2 có  $p_2 = 2,5 \cdot 10^4$  Pa rồi bị nén đẳng áp đến trạng thái 3 có  $T_3 = 300\text{K}$ , và bị nén đẳng nhiệt đến trạng thái 4, cuối cùng trở lại trạng thái 1 bằng quá trình đẳng tích.

a) Tính  $V_1, V_2, V_3, p_4$  và vẽ đồ thị  $p - V$

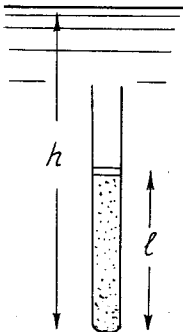
b) Trong mỗi quá trình và cả chu trình chất khí nhận hay sinh bao nhiêu công, nhận hay tỏa bao nhiêu nhiệt ?

Cho nhiệt dung mol đẳng tích  $C_v = 2,5R$  ;  $R = 8,31\text{J/molK}$ . Công mà 1 mol khí sinh trong dẫn nở đẳng nhiệt từ thể tích

$V$  đến thể tích  $V'$  là  $A = RT \ln \frac{V'}{V}$

## B - ĐỀ THI CHỌN ĐỘI TUYỂN ĐI THI QUỐC TẾ

7. (1987)- Một ống nghiệm chứa khí hiđrô có nút dây là một pittông khối lượng không đáng kể dịch chuyển không ma sát trong ống. Lúc đầu ống ở ngoài không khí có áp suất  $p_0$ .



Hình 30

Chiều dài phần ống chứa H là L. Người ta đặt ống vào một chậu thủy ngân có khối lượng riêng  $d$ , ống đứng thẳng, đáy ống cách mặt thoáng Hg một khoảng  $h > L$  (H.30). Tính chiều dài mới  $l$  của phần ống chứa H. Nhiệt độ H giữ không đổi.

Cân bằng của nút (khi ống ở trong Hg) có bền hay không ?

8. (1988) - Một xilanh đóng kín bằng pittông và đặt trong buồng điều nhiệt có nhiệt độ  $27^\circ\text{C}$  chứa hỗn hợp hai chất khí không tương tác hóa học với nhau. Lượng chất 1 là  $n_1 = 0,5\text{mol}$ , lượng chất 2 là  $n_2 = 0,4\text{mol}$ . Người ta nén từ thể tích ban đầu  $V_0 = 200\text{dm}^3$  xuống thể tích cuối  $V_c = 30\text{dm}^3$

a) Tính áp suất ban đầu của hỗn hợp.

b) Trạng thái hai chất biến đổi thế nào trong quá trình nén ?



Tính thể tích và áp suất của từng chất và của cả hỗn hợp ứng với các điểm đặc biệt của đồ thị  $p$ - $V$  và vẽ đồ thị này (gồm ba đường cong).

c) Tính khối lượng các chất lỏng có trong xilanh ở cuối quá trình.

Chất 1 có khối lượng mol  $\mu_1 = 0,02$  kg/mol và áp suất hơi bão hòa ở  $27^\circ\text{C}$  bằng  $p_{b1} = 0,83 \cdot 10^4$  Pa. Chất 2 có  $\mu_2 = 0,04$  kg/mol và  $p_{b2} = 1,66 \cdot 10^4$  Pa. Giả thiết hơi bão hòa cũng tuân theo phương trình của các khí lí tưởng.

Lấy  $R = 8,31$  J/mol.K

9. (1992) - Bằng thực nghiệm người ta vẽ được đồ thị  $p$ - $l$  (H. 31) của chu trình biến đổi chất khí trong một động cơ nổ 4 thời kì ( $p$  tỉ lệ với áp suất trong xilanh,  $l$  tỉ lệ với khoảng chạy của pittông). Diện tích FCDE bằng  $12$  cm<sup>2</sup>, diện tích FBA bằng  $2$  cm<sup>2</sup>.  $AB = 10$  cm.  $l$  của trục  $p$  ứng với áp suất  $10^6$  Pa.

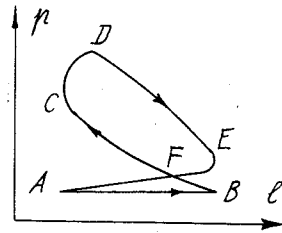
Xilanh có tiết diện  $S = 10$  cm<sup>2</sup>, khoảng chạy của pittông là  $d = 5$  cm.

a) Bốn kì của động cơ ứng với những đoạn nào trên đồ thị ?

b) Tính công suất của động cơ khi trục khuỷu quay với vận tốc 7200 vòng/phút.

c) Động cơ tiêu thụ mỗi phút 12g xăng có năng suất tỏa nhiệt  $46 \cdot 10^6$  J/kg. Tính hiệu suất thực.

Tính hiệu suất lí thuyết, biết nhiệt độ khí cháy là  $1500^\circ\text{C}$ , nhiệt độ ống xả là  $150^\circ\text{C}$



Hình 31

## Phần hai

## LỜI GIẢI

## I - CHẤT KHÍ LÍ TƯƠNG

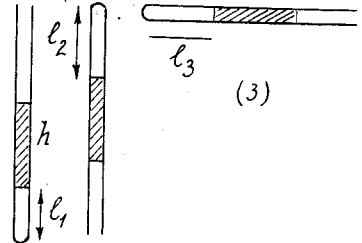
## A - ĐỊNH LUẬT BÔI-MARIÔT

1. a) Đo áp suất bằng cm Hg thì áp suất của không khí bị giam trong ba vị trí là  $p_0 + h$ ,  $p_0 - h$  và  $p_0$ . Thể tích khí tỉ lệ với các chiều dài  $l_1$ ,  $l_2$  và  $l_3$  (H. 32)

Theo định luật Bôi-Mariôt ta có :

$$(p_0 + h) l_1 = (p_0 - h) l_2, \text{ hay : } (1) \quad (2)$$

$$p_0(l_2 - l_1) = h(l_1 + l_2). \text{ Suy ra:}$$

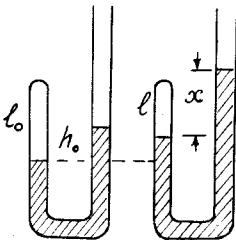


Hình 32

$$p_0 = \frac{12,5 \cdot 12}{2} = 75 \text{ cm Hg}$$

b) Các vị trí 1 và 3 cho ta :

$$(p_0 + h) l_1 = p_0 l_3 \rightarrow l_3 = \frac{87,5 \cdot 5}{75} = 5,8 \text{ cm}$$



Hình 33

2. Gọi  $x$  là khoảng chênh hai mực sau khi đã đổ thêm Hg (H.33). Ta có  $(p_0 + h_0) l_0 = (p_0 + x) l$  Suy ra  $x = 14$  cm. Mực bên trái cột Hg lên cao 1 cm, mực bên phải lên cao  $x + 1 - h_0 = x - 10$  so với lúc trước, vậy ta đã đổ thêm  $1 + x - 10 = 5$  cm. Thể tích Hg đổ thêm là  $5 \text{ cm}^3$ .



3. a) Gọi  $p$  là áp suất của không khí ở hai bên đoạn Hg,  $l_0$  chiều dài của mỗi phần ống chứa không khí khi ống nằm ngang (H.34)

$$l_0 = \frac{L-1}{2} = 20\text{cm}$$

Gọi  $p_1, l_1$  và  $p_2, l_2$  là các áp suất và chiều dài các phần dưới và trên của ống đứng thẳng, ta có  $l_1 = 20 - 6 = 14\text{ cm}$

$l_2 = 20 + 6 = 26\text{ cm}$ . Theo định luật Bôi-Mariôt :

$p l_0 = p_1 l_1 = p_2 l_2$ . Mặt khác  $p_1 = p_2 + l$ . Vậy :

$$\frac{p l_0}{l_1} = p_1 = \frac{p l_0}{l_2} + l ; l_0, l, l_1, l_2 \text{ đều đã biết.}$$

$$\text{Suy ra : } p = \frac{\frac{l}{l_0}}{\frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_2}} \approx 15,2 \text{ cm Hg}$$

$$p_2 = \frac{p l_0}{l_2} \approx 11,7 \text{ cm Hg ; } p_1 \approx 21,7 \text{ cm Hg}$$

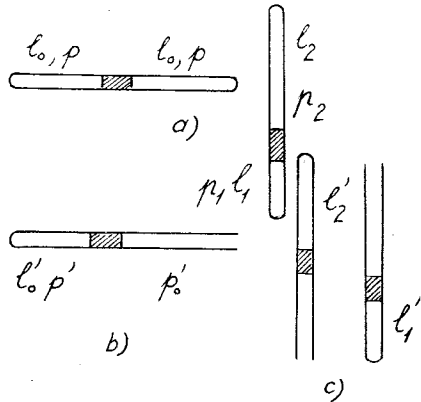
b) Gọi  $p'$  và  $l'_0$  là áp suất và chiều dài phần ống bên trái sau khi mở đầu bên phải, ống nằm ngang (h. 34b). Hiển nhiên  $p'$  bằng áp suất khí quyển. Ta có :

$$p l_0 = p' l'_0 \rightarrow l'_0 = \frac{15,2 \cdot 20}{76} = 4 \text{ cm}$$

Như vậy Hg đã dịch chuyển  $20 - 4 = 16\text{ cm}$  sang trái.

c) - Ống đứng thẳng, ta mở đầu dưới. Phần trên có chiều dài  $l'_2$  và áp suất  $p_0 - l$ ,  $p_0$  là áp suất khí quyển.

$$\text{Ta có : } p_2 l_2 = (p_0 - l) l'_2$$



Hình 34



$$l'_2 = \frac{11,7 \cdot 26}{66} = 4,6 \text{ cm. Vậy Hg đã lên cao } l_2 - l'_2 = 21,4 \text{ cm}$$

- Ống đứng thẳng, ta mở đầu trên. Phần dưới bây giờ có chiều dài  $l'_1$  và áp suất  $p_0 + l$ . Ta có  $p_1 l_1 = (p_0 + l) l'_1$

$$l'_1 = \frac{21,7 \cdot 14}{86} = 3,5 \text{ cm}$$

Vậy Hg đã tụt xuống  $l_1 - l'_1 = 10,5 \text{ cm}$

4. Áp suất cân tạo trong bánh là  $p = p_0 + p'$

Với  $p' = \frac{350}{0,005} = 0,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ;  $p = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  lớn hơn  $1,5 p_0$  nên thể tích sau là  $2000 \text{ cm}^3$

Gọi  $n$  là số lần bơm để đạt tới áp suất  $p$ .

a) Mỗi lần bơm ta đưa  $8 \times 25 = 200 \text{ cm}^3$  không khí ở áp suất  $p_0$  vào bánh. Cộng với  $1500 \text{ cm}^3$  không khí cũng ở áp suất  $p_0$ , ta có  $(1500 + 200n) \text{ cm}^3$  không khí ở áp suất  $p_0$ , chuyển đẳng nhiệt thành  $2000 \text{ cm}^3$  không khí ở áp suất  $p = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Vậy  $(1500 + 200n) 10^5 = 2000 \cdot 1,7 \cdot 10^5$ . Suy ra :

$$n = \frac{19}{2} \approx 10 \text{ lần}$$

b) Nếu mỗi lần bơm chỉ đưa được  $100 \text{ cm}^3$  không khí vào bánh xe thì cũng lập luận như trên, ta được  $n = 19$  lần

5. a) Sau khi bơm lần thứ  $n$  áp suất trong B là  $p_n$ . Kéo pittông ra đến cùng, áp suất trong bơm và vòi là  $p_0$ . Khi bơm lần  $(n + 1)$  ta đã thực hiện hai bước :

- Nén khí trong thân bơm và vòi bơm đến áp suất  $p_n$ , thể tích khí lúc này là  $V'$ , van ở bình B mở, tiếp tục nén khí trong bình và bơm đến thể tích  $V_B + v$

Ta có :  $p_0 (V + v) = p_n V'$

$$V' = \frac{p_0 (V + v)}{p_n}$$



$$p_n(V' + V_B) = p_{n+1}(v + V_B)$$

$$p_{n+1} = p_n \frac{(V' + V_B)}{v + V_B}$$

$$p_{n+1} = p_n \frac{V_B}{V_B + v} + p_o \frac{V + v}{V_B + v}$$

Công thức truy hồi này cho phép ta xác định  $p_{n+1}$  theo  $p_n$  và

$$p_o = 1 \text{ atm}$$

b) Áp suất tối đa đạt được khi :

$$p_{n+1} = p_n \text{ hay}$$

$$\frac{p_n \cdot v}{V_B + v} = p_o \frac{V + v}{V_B + v}$$

$$\text{suy ra : } p_n = p_{\max} = p_o \frac{V + v}{v}$$

*Chú ý* : - Có thể tìm  $p_{\max}$  bằng điều kiện để khí có thể đi từ vòi vào bình :  $\frac{p_o(V + v)}{v} > p$ . Ngược lại là  $p_{\max}$

**6.** Áp dụng định luật Bôi-Mariôt cho lượng không khí ở trên cột Hg. Gọi  $x$  là chiều dài đoạn ống chứa không khí ấy (thể tích khí tỉ lệ với  $x$ ). Áp suất của không khí bằng  $p_o - p$  :

$$(p_o - p)x = (p'_o - p')x'$$

$$7x = 4x' \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác } x + 748 = x' + 736 = l$$

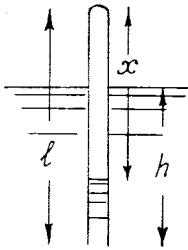
$$x' - x = 12 \quad (2)$$

Hai phương trình (1) và (2) cho  $x = 16$ ,  $x' = 28$ . Suy ra :  $l = 764 \text{ mm}$

**7.** Ta đo áp suất bằng m Hg nên đổi  $p_o = 10^5 \text{ N/m}^2$

$$\text{thành } p_o = \frac{10^5}{d} = 0,735 \text{ mHg}$$





Hình 35

Khi miệng ống bắt đầu đựng mặt thoáng Hg thì không khí có áp suất  $p_0$  và thể tích tỉ lệ với chiều dài  $l$  của ống. Khi đã ngập sâu thì không khí có áp suất  $p$  và thể tích tỉ lệ với  $x$  (H.35).  
 Vậy :

$$p_0 l = px \quad (1)$$

Mặt khác  $p = p_0 + h - (l - x) =$   
 $= p_0 + h - l + x$  (2) Ta có hai phương trình

với hai ẩn  $p$  và  $x$  ; (1) cho  $x = \frac{p_0 l}{p}$ . Thay vào (2)

$$p = p_0 + h - l + \frac{p_0 l}{p}, \text{ ta có phương trình bậc 2 :}$$

$$p^2 + (l - h - p_0)p - p_0 l = 0. \text{ Thay số :}$$

$$p^2 - 0,585p - 0,66 = 0$$

$$\Delta = 2,98 ; p = \frac{0,585 + 1,73}{2} = 1,16 \text{ m Hg (bỏ nghiệm âm)}$$

$$x = \frac{0,735 \cdot 0,9}{1,16} = 0,57 \text{ m}$$

8. Gọi  $p$  là áp suất của không khí bị giam,  $x$  là chiều dài cột Hg (H.36) Trước khi bịt đầu trên, không khí có áp suất  $p_0$  và thể tích tỉ lệ với  $\frac{l}{2}$ . Về sau nó có áp suất  $p$  và thể tích tỉ lệ với  $l - x$ . Vậy :

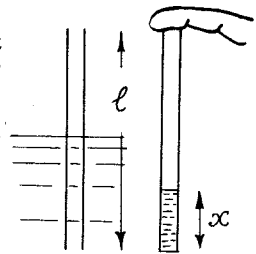
$$p_0 \frac{l}{2} = p(l - x) \text{ Mặt khác } p = p_0 - x$$

Ta đi tới phương trình bậc hai :

$$2x^2 - 2(l + p_0)x + p_0 l = 0$$

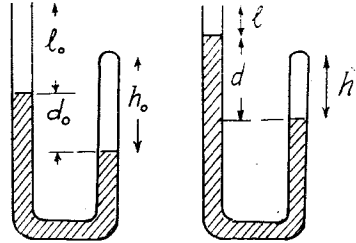
$$\text{Thay số : } 2x^2 - 3,52x + 0,76 = 0$$

Giải ra, ta có hai nghiệm  $x = 0,25$  m và  $x = 1,51$  m. Bỏ nghiệm sau, nghiệm đầu cho  $p = 0,51$  m Hg



Hình 36

9. Gọi  $L$  là chiều dài của ống (kể cả hai nhánh và đoạn nằm ngang),  $l$ ,  $b_0$  chiều dài các phần ống chứa Hg và để trống,  $d$  khoảng chênh lệch giữa hai mặt thoáng sau khi đổ thêm Hg (H.37)



Hình 37

$l + a$  và  $b$  là chiều dài các phần ống chứa Hg và còn trống sau khi đổ thêm Hg. Ta có  $L = h_0 + l + b_0 = h + l + a + b$  (1) và  $d_0 + b_0 = d + b + h_0 - h$  (2)

Trừ hai phương trình, ta suy ra :

$$d = d_0 + a - 2(h_0 - h) = 20 - 2(30 - h) = 2h - 40$$

Áp dụng định luật Bôi Mariôt cho không khí bị giam, ta có :  $(p_0 + d_0) h_0 = (p_0 + d)h$  hay  $2700 = (76 + 2h - 40)h$

$$2h^2 - 36h - 2700 = 0$$

$$h^2 - 18h - 1350 = 0$$

Giải phương trình bậc hai và chỉ lấy nghiệm dương, ta được  $h = 28,8$  cm và  $d = 17,6$  cm

$h < h_0$  : không khí bị nén thêm vì chênh lệch hai mực Hg tăng ( $d > d_0$ )

10. Nước thoát làm thể tích khí tăng,  $p$  giảm từ giá trị ban đầu  $p = p_0$ . Khi lớp nước có bề dày  $x$ (cm) thì áp suất là  $p$  và thể tích là  $V = 500 - 10x$  (H.38) Ta có :  $p_0 V_0 = p(500 - 10x)$

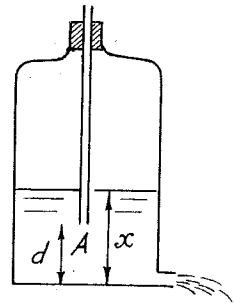
$$p_0 = 1000(\text{cm H}_2\text{O}), V_0 = 200 \text{ cm}^3 \text{ Vậy :}$$

$$p = \frac{200000}{500 - 10x} = \frac{20000}{50 - x} \quad (1) \quad p \text{ giảm khi } x$$

giảm chừng nào chưa có không khí lọt vào bình.

Áp suất ở đầu A của ống bằng  $p_A = p + x - d$  và cũng giảm dần. Nhưng khi  $x = x_1$ ,  $p = p_1$  ta có :

$p_A = p_1 + x_1 - d = p_0$ , nghĩa là  $p_1 = p_0 + d - x_1$  (2) thì không khí qua ống lọt vào bình làm tăng  $p$  đến  $p_0$ .



Hình 38

Thay  $p_1 = \frac{20000}{50 - x_1}$  vào (2) ta có :



$$\frac{20000}{50 - x_1} = 1010 - x_1 \text{ hay :}$$

$$x_1^2 - 1060 x_1 + 30500 = 0 \text{ Giải ra ta được :}$$

$$x_1 = 29,6 \text{ cm ; } p_1 = 980,4 \text{ (cm H}_2\text{O)}$$

p đã đạt giá trị  $p_0$  thì giữ giá trị này cho đến khi nước đã chảy hết.

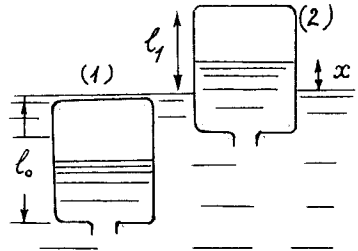
## B - PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA CÁC KHÍ LÝ TƯỞNG

$$11. V' = 0,9 V ; T' = T + 16 ; p' = 1,2 p$$

$$\frac{pV}{T} = \frac{1,2p \cdot 0,9V}{T + 16} \rightarrow 1,08T = T + 16$$

Suy ra  $T = 200\text{K}$

12. a) Ở vị trí 1 (H.39) không khí có thể tích tỉ lệ với  $l_0/2$  và áp suất bằng  $p_0 + dg \frac{l_0}{2}$ . Ở vị trí 2 giả sử mực chất lỏng trong bình có chênh lệch  $x$  so với mặt thoáng. Thể tích của không khí tỉ lệ với  $l_1 - x$  ( $x > 0$  thì cao hơn mặt thoáng,  $x < 0$  thì thấp hơn). Áp suất của không khí bằng  $p_0 - dgx$



Hình 39

Định luật Bôi Mariôt cho ta :

$$\left(p_0 + dg \frac{l_0}{2}\right) \frac{l_0}{2} = (p_0 - dgx) (l_1 - x)$$

$$\text{Thay số : } p_0 = 9,4 \cdot 10^4 \text{ Pa, } dg = 8000\text{N/m}^3, l_0 = 0,2\text{m, } l_1 = 0,12\text{m}$$

$$(94000 + 800) 0,1 = (94000 - 8000x) (0,12 - x)$$

Ta đi đến phương trình bậc hai :

$$80x^2 - 950x + 18 = 0$$



Giải ra, ta được  $x = 0,019 \text{ m} = 1,9 \text{ cm}$

(loại nghiệm  $x = 11,86 \text{ m}$ )

$x > 0$  vậy mực chất lỏng trong bình cao hơn mặt thoáng. Áp suất trong bình :

$$p = p_0 - dgx = 93850 \text{ Pa}$$

b) Ở nhiệt độ  $T = 37 + 273 = 310 \text{ K}$  không khí trong bình có áp suất  $p$  và thể tích tỉ lệ với  $12 - 1,9 = 10,1 \text{ cm}$ . Giả sử ở nhiệt độ  $T'$  không còn chênh lệch các mực chất lỏng thì tức là không khí có áp suất khí quyển  $p_0$  và thể tích tỉ lệ với  $12 \text{ cm}$ . Phương trình trạng thái cho ta :

$$\frac{p \cdot 10,1}{310} = \frac{p_0 \cdot 12}{T'} \text{ Suy ra :}$$

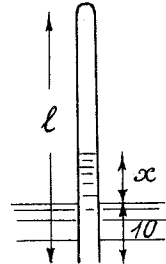
$$T' \approx 370 \text{ K}$$

13 Khi chưa mở nút, không khí có thể tích tỉ lệ với  $l$ , áp suất  $p_0$ , nhiệt độ  $T_0 = 500 \text{ K}$ . Khi mở nút và ở nhiệt độ  $T = 300 \text{ K}$  mực nước trong ống cao hơn mặt thoáng  $x \text{ cm}$  (H.40), không khí có thể tích tỉ lệ với  $40 - x$ , áp suất  $p = p_0 - x$

$$\text{Ta có : } \frac{p_0 l}{T_0} = \frac{(p_0 - x)(40 - x)}{T}$$

$$\text{Thay số : } \frac{50000}{500} = \frac{(1000 - x)(40 - x)}{300}$$

ta có phương trình bậc hai  $x^2 - 1040x + 10000 = 0$ . Giải ra ta được  $x = 9,7 \text{ cm}$  (bỏ nghiệm không thích hợp)



Hình 40

14. Gọi  $V_1$  là thể tích của bình có nhiệt độ  $T_1 = 273 + t$ ,  $V_2$  thể tích của bình có nhiệt độ  $T_2 = 273 - t$ . Giọt Hg khi đứng yên thì áp suất ở hai bình bằng nhau. Hai bình chứa cùng một khối lượng không khí, vậy :

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1 + V_2}{T_1 + T_2} = \frac{2V_0}{546} = \frac{V_0}{273}$$

$$V_1 = \frac{V_0 T_1}{273} ; V_1 - V_0 = V_0 \left( \frac{T_1 - 273}{273} \right) = \frac{200t}{273}$$



Độ tăng thể tích này bằng thể tích  $v$  đoạn ống dài 10cm tiết diện  $0,2\text{cm}^2$ ,  $v = 2\text{cm}^3$ . Vậy :

$$\frac{200t}{273} = 2 \quad ; \quad t = 2,73^\circ\text{C}$$

15. Trước hết ta tính chiều dài  $l$  của phần ống trên mặt thoáng Hg. Áp dụng phương trình trạng thái cho lượng không khí ở hai trạng thái, trạng thái 1 :

$p_1 = 75 - 35 = 40\text{cm Hg}$ ,  $V_1$  tỉ lệ với  $l - 35$ ,  $T_1 = 15 + 273 = 288\text{K}$  và trạng thái 2 :

$p = 75 - 33 = 42\text{cm Hg}$ ,  $V$  tỉ lệ với  $l - 33$ ,  $T = 39 + 273 = 312\text{K}$

ta có:  $\frac{40(l - 35)}{288} = \frac{42(l - 33)}{312}$ . Suy ra :  $l = 98\text{ cm}$

Giả sử ở  $p_0 = 76\text{ cm Hg}$  và  $T = 300\text{K}$  nó trở  $x\text{ cm}$  thì lượng khí có áp suất  $76 - x$  (cm Hg) và thể tích tỉ lệ với  $98 - x$  (cm)

Áp dụng phương trình trạng thái cho trạng thái 1 và trạng thái 3, ta có :

$$\frac{40 \cdot 63}{288} = \frac{(76 - x)(98 - x)}{300}$$

$$x^2 - 174x + 4823 = 0$$

Giải ra và bỏ nghiệm không thích hợp, ta được :

$$x = 34,6\text{cm}$$

16. Phương trình trạng thái  $pV = \frac{m}{\mu} RT$  chứng tỏ áp suất không khí  $p$  trong bình ( $V$  không đổi) tỉ lệ với khối lượng  $m$ . Nếu  $m_0$  là khối lượng ban đầu thì trong 10 phút đầu người nhai tiêu thụ  $0,2 m_0$  không khí, tức là mỗi phút tiêu thụ  $0,02 m_0$  không khí. Khi sửa chữa thì mỗi phút tiêu thụ  $0,03 m_0$  không khí và sau  $x$  phút tiêu thụ  $0,03 m_0 x$ . Bắt đầu sửa chữa trong bình còn  $0,8 m_0$  không khí ;

sau  $x$  phút phải còn  $\frac{30}{150} m_0 = 0,2 m_0$ . Vậy :

$$0,03 m_0 x = 0,6 m_0 \quad \text{Suy ra : } x = 20 \text{ phút.}$$

17. Gọi  $V$  là thể tích của bình,  $p_n$  là áp suất gây nổ.



$$m_1 = 1000\text{g}, T_1 = 623\text{K},$$

$\mu_N = 28\text{g/mol}$ . Phương trình trạng thái cho ta :

$$p_n V = \frac{1000}{28} 8,31 \cdot 623 \quad (1)$$

Nếu  $m$  là khối lượng  $\text{H}_2$  ( $\mu_H = 2\text{g/mol}$ ) gây ra áp suất tối đa  $p_n/5$  ở nhiệt độ  $T = 323\text{K}$  thì :

$$\frac{p_n}{5} V = \frac{m}{2} 8,31 \cdot 323 \quad (2)$$

Chia (2) cho (1) ta suy ra  $m = 27,6\text{g}$

18. Gọi  $n$  là số mol khí trong ba bình có thể tích

$$V_1 + V_2 + V_3 = 6V, \text{ áp suất } p_0 \text{ và nhiệt độ } T_0$$

$$\text{Ta có : } n = \frac{6 p_0 V}{RT_0}$$

Về sau bình 1 (thể tích  $V$ ) chứa  $n_1$  mol khí ở áp suất  $p$  và nhiệt độ  $T_0/2$  vậy  $n_1 = \frac{2pV}{RT_0}$

$$\text{Tương tự như vậy : } n_2 = \frac{p \cdot 2V}{R \cdot 1,5 T_0} = \frac{4pV}{3RT_0}$$

$$n_3 = \frac{3pV}{2RT_0}. \text{Hiển nhiên } n = n_1 + n_2 + n_3$$

$$\frac{6 p_0 V}{RT_0} = \frac{pV}{RT_0} \left( 2 + \frac{4}{3} + \frac{3}{2} \right) = \frac{29 pV}{6 RT_0}$$

$$\text{Vậy } p = \frac{36}{29} p_0$$

19. Chia hai vế của phương trình trạng thái  $pV = \frac{m}{\mu} RT$

cho  $V$ , ta có  $p = \frac{d}{\mu} RT$ ,  $d$  là khối lượng riêng của khí.



Áp dụng cho khí do thuốc súng sinh ra :

$$d = \frac{d_0}{100} = 0,01 \text{ g/cm}^3 = 10 \text{ kg/m}^3 \quad \mu = 0,03 \text{ kg/mol}$$

$$p = \frac{10}{0,03} 8,31 \cdot 1000 = 2,8 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Chú ý : Khi dùng giá trị  $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$  thì phải dùng các đơn vị SI, kg và m vì  $J = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ . Nếu dùng  $d = 0,01 \text{ g/cm}^3$  và  $\mu = 30 \text{ g/mol}$  thì kết quả là 2,8 : sai.

20. Nếu  $m$  là khối lượng của bình rỗng thì khối lượng khí trong bình trước và sau là :

$$m_1 = M_1 - m \quad \text{và} \quad m_2 = M_2 - m$$

Ta có :

$$\frac{p_1}{T_1 m_1} = \frac{p_2}{T_2 m_2} = \frac{R}{\mu V}$$

Biến đổi để làm xuất hiện  $m_1 - m_2 = M_1 - M_2 = 1 \text{ kg}$

$$\text{ta có : } \frac{m_1}{\frac{p_1}{T_1}} = \frac{m_2}{\frac{p_2}{T_2}} = \frac{M_1 - M_2}{\frac{p_1}{T_1} - \frac{p_2}{T_2}} = \frac{T_1 T_2 (M_1 - M_2)}{p_1 T_2 - p_2 T_1}$$

$$m_2 = \frac{p_2 T_1 (M_1 - M_2)}{p_1 T_2 - p_2 T_1} ; T_1 = 310 \text{ K} ; T_2 = 280 \text{ K}$$

$m_2 = 0,585 \text{ kg}$ . Đó là khối lượng khí còn lại, khối lượng khí ban đầu là  $m_1 = 1,585 \text{ kg}$

$$\text{Thể tích bình : } V = \frac{RT_1 m_1}{\mu p_1} = \frac{RT_2 m_2}{\mu p_2}$$

$$\mu = 0,032 \text{ kg/mol. Tính ra : } V = 0,0085 \text{ m}^3 = 8,5 \text{ lít}$$

21. Coi thể tích không khí là không đổi thì áp suất tỉ lệ với nhiệt độ. Nếu  $p_1$  là áp suất lúc  $T_1 = 353 \text{ K}$  thì



$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{T_1}{T_0} ; T_0 = 293 \text{ K}$$

$$p_1 = \frac{293}{353} 10^5 = 0,83 \cdot 10^5 \text{ Pa. Chênh lệch áp suất là :}$$

$p = p_0 - p_1 = 0,17 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Áp lực mà cốc tác dụng lên da do chênh lệch áp suất ở đáy cốc sinh ra. Đáy này có diện tích bằng diện tích miệng chén:

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, d = 0,04 \text{ m}, S \approx 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\text{Áp lực } F = pS \approx 21,4\text{N}$$

22. Gọi  $p_0$  là áp suất do pittông nặng gây ra cho khí trong ngăn dưới. Ta có :

$$p_1 + p_0 = p_2 = 2p_1 \text{ Vậy } p_0 = p_1$$

Gọi  $V_1$  và  $V_2$  là thể tích của hai ngăn ở  $T_1$ . Ta có :

$$p_1 V_1 = \frac{2p_1 V_2}{3} \text{ vì } \frac{pV}{n} = RT \text{ (n là số mol)}$$

Suy ra  $V_2 = \frac{3}{2} V_1$ . Nếu thể tích cả hai ngăn là  $5v$  thì

$$V_1 = 2v ; V_2 = 3v$$

Gọi  $V$  là thể tích của hai ngăn khi bằng nhau  $V = 2,5v$ . Áp dụng định luật Bôi Mariôt cho khí ở ngăn trên, ta có :

$$p_1 V_1 = p'_1 V \rightarrow p'_1 = \frac{4}{5} p_1 \quad (1)$$

$p'_1$  là áp suất mới trong ngăn trên.

Khí trong ngăn dưới từ trạng thái  $2p_1, V_2, T_1$  chuyển sang trạng thái  $p'_2, V, T_2$ , vậy :

$$\frac{2p_1 V_2}{T_1} = \frac{p'_2 V}{T_2} \text{ suy ra : } p'_2 = \frac{12}{5} \frac{T_2}{T_1} p_1 \quad (2)$$





Mặt khác pittông cân bằng có nghĩa là :

$p'_2 = p'_1 + p_1$  (3) ( $p_1$  là áp suất do trọng lượng pittông gây ra) Thay (1) và (2) vào (3) ta tính được :

$$T_2 = \frac{3}{4} T_1 = 300K$$

23. a) Áp dụng phương trình trạng thái  $\frac{pV}{T} = \frac{p'V'}{T'}$ . Để cho tiện, dùng đơn vị :

$$V : \text{mm}^3 ; p : \text{mmHg}$$

Suy ra:

$$\frac{p_o V_o}{T_o} = \frac{760 \cdot 200S}{273} = \frac{p' V'}{T'} = \frac{(760 + 2h)(200 + h)S}{273 + t}$$

$$t = 0,00359h^2 + 2,083h$$

Đó là quy luật để chia độ nhiệt biểu này.

b) Tính giá trị của h ở 40°C và 41°C.

$$h_{40} = 18,6\text{mm}$$

$$h_{41} = 19,05 \text{ mm}$$

suy ra độ lớn của 1 độ ở lân cận 40°C là :

$$h_{41} - h_{40} = 0,45 \text{ mm}$$

24. Gọi áp suất trong hai bình ở trạng thái cuối là p (đo bằng mm Hg)

m là khối lượng khí toàn phần

m' là khối lượng khí trong bình nhỏ ở 0°C.

Ta sử dụng phương trình trạng thái của khí ; ở trạng thái đầu :

$$760 \cdot (200 + 100) = \frac{m}{\mu} RT = \frac{m}{\mu} R \cdot 300 \quad (1)$$

ở trạng thái cuối :

$$- \text{ Với bình nhỏ : } p \cdot 100 = \frac{m'}{\mu} R \cdot 273$$



$$\text{- Với bình lớn : } p \cdot 200 = \frac{m - m'}{\mu} R \cdot 373$$

$$\text{hay : } \frac{p \cdot 100}{273} + \frac{p \cdot 200}{373} = \frac{m}{\mu} R \quad (2)$$

Khử  $\frac{m}{\mu} R$  từ hai phương trình (1) và (2), ta được phương trình bậc nhất theo p :

$$\frac{100p}{273} + \frac{200p}{373} = 760$$

Suy ra

$$p = 842 \text{ mm Hg}$$

25. a) Khóa mở khi  $p_1 = p_m = 10^5 \text{ Pa}$ . Cho tới khi khóa mở, khí trong bình bị nung đẳng tích nên:

$$\frac{p_o}{T_o} = \frac{p_m}{T_m} \text{ Suy ra: } T_m = \frac{300}{0,9} \approx 333\text{K}$$

Khóa mở, một ít khí lọt sang bình 2 làm  $p_1$  tụt một ít,  $\Delta p$  bé hơn  $10^5 \text{ Pa}$  một ít, khóa đóng. Nhưng tiếp tục nung thì  $p_1$  lại tăng, khóa lại mở. Có thể coi như khóa luôn giữ cho chênh lệch áp suất bằng  $\Delta p = 10^5 \text{ Pa}$ .

b) Tới nhiệt độ  $T = 500\text{K}$  thì áp suất trong bình 2 là p, trong bình 1 là  $p + \Delta p$ . Gọi n là tổng số mol khí,  $n_1$  và  $n_2$  là các số mol khí trong hai bình lúc cuối, phương trình trạng thái cho ta, lúc đầu:  $p_o V_1 = n RT_o$  (1)

$$\text{lúc cuối : } (p + \Delta p) V_1 = n_1 RT \quad (2)$$

$$\text{và } pV_2 = n_2 RT \quad (3)$$

$$\text{Ta có : } n = n_1 + n_2$$

Thay n,  $n_1$ ,  $n_2$  bằng các biểu thức rút từ (1) - (3) ta có:

$$\frac{p_o V_1}{RT_o} = \frac{(p + \Delta p) V_1}{RT} + \frac{p V_2}{RT}$$

Thay số, ta tính được :  $p = 0,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  (bình 2)



$$\text{và } p + \Delta p = 1,4 \cdot 10^5 \text{ Pa (bình 1)}$$

### C - PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI ÁP DỤNG CHO CÁC HỖN HỢP KHÍ

26. Ban đầu ta có  $\frac{2,8}{28} = 0,1 \text{ mol N}_2$

Tới nhiệt độ  $T = 1500 + 273 = 1773\text{K}$ ,  $0,1x$  mol khí phân tử đã phân li thành  $0,2x$  mol khí đơn nguyên tử, còn  $0,1(1-x)$  mol vẫn là khí phân tử. Cộng là  $0,2x + 0,1(1-x) = 0,1(x + 1)$  mol khí. Phương trình trạng thái :

$$1,92 \cdot 10^5 \cdot 0,01 = 0,1(x + 1) \cdot 8,31 \cdot 1773$$

cho ta :  $x = 0,3 = 30\%$

27.  $\mu_1 = 28 \text{ g/mol}$  ;  $\mu_2 = 2 \text{ g/mol}$

Ban đầu trong bình có :  $\frac{m_1}{28} \text{ mol N}_2$  và  $\frac{m_2}{2} \text{ mol H}_2$  ở nhiệt

độ  $T$  trong bình có :  $2 \frac{m_1}{28} = \frac{m_1}{14} \text{ mol N}$  và  $\frac{m_2}{2} \text{ mol H}_2$  ta có :

$pV = \left( \frac{m_1}{14} + \frac{m_2}{2} \right) RT$  (1)  $V$  là thể tích của bình ở nhiệt độ  $2T$  trong bình có :

$$\frac{m_1}{14} \text{ mol N và } m_2 \text{ mol H}$$

$$3pV = \left( \frac{m_1}{14} + m_2 \right) 2 RT$$
 (2) Chia (2) cho (1) ta có :

$$3 = \frac{\frac{m_1}{7} + 2m_2}{\frac{m_1}{14} + \frac{m_2}{2}} = \frac{2m_1 + 28m_2}{m_1 + 7m_2}$$



Chia cho  $m_2$  và kí hiệu :  $\frac{m_1}{m_2} = x$  ta có :

$$3(x + 7) = 2x + 28 \rightarrow x = 7$$

28. Gọi  $M_0$  là khối lượng của toàn bộ khí. Ở  $T = -93 + 273 = 180\text{K}$ , có  $M_0 - 2 = M$  hiđrô là khí, chiếm thể tích

$V_0 - v$ ,  $v = \frac{m}{c} = 100\text{cm}^3$  là thể tích của chất hấp thụ (2g hiđrô bị hấp thụ không làm tăng thể tích của chất này)

$V = V_0 - v = 1 \text{ lít} = 10^{-3} \text{ m}^3$ . Ta có:

$$\frac{pV}{MT} = \frac{R}{\mu} \text{ Suy ra } M = \frac{pV\mu}{RT} = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,002}{8,31 \cdot 180} \approx 27 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

$$M = 0,027 \text{ g} ; M_0 = 2,027 \text{ g}$$

Ở  $T_1 = 273 + 37 = 310\text{K}$ , toàn bộ hiđrô là khí, vẫn chiếm thể tích  $V$  nhưng có áp suất  $p_1$ .

$$\frac{p_1 V}{M_0 T_1} = \frac{R}{\mu} = \frac{pV}{MT} \text{ Suy ra } p_1 = \frac{M_0}{M} \frac{T_1}{T} p$$

$$\text{Thay số } p_1 = \frac{2,007 \cdot 310 \cdot 2 \cdot 10^4}{0,027 \cdot 180} \approx 258,6 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

29. Gọi  $C_1$  là số mol khí  $\text{NO}_2$ ,  $C_2$  là số mol khí  $\text{N}_2\text{O}_4$  trong hỗn hợp. Áp dụng phương trình trạng thái khí lí tưởng :

$$pV = \frac{m}{\mu} RT = CRT$$

và định luật Dalton về hỗn hợp khí ta có :  $pV = (C_1 + C_2) RT$

Tổng khối lượng của khí là:

$$m = C_1 \cdot \mu_{\text{NO}_2} + C_2 \cdot \mu_{\text{N}_2\text{O}_4}$$

Ta được hai phương trình chứa hai ẩn là  $C_1$  và  $C_2$ .

Giải hệ phương trình đó, với :

$$p = 10^5 \cdot \frac{969}{760} = 1,275 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$



$$m = 0,9g$$

$$\mu_{NO_2} = 46 \quad \mu_{N_2O_4} = 92$$

$$V = 0,25 \text{ lit} = 0,25 \cdot 10^{-3} m^3$$

$$R = 8,31 \text{ J/mol.K}$$

Suy ra :  $C_1 = 0,00600 \text{ mol}$

$$C_2 = 0,00678 \text{ mol}$$

Vì một mol  $N_2O_4$  phân hủy thành 2 mol  $NO_2$  nên số mol  $N_2O_4$  đã phân hủy là  $\frac{C_1}{2} = 0,003$  tức là 31% tổng số phân tử  $N_2O_4$  ban đầu.

**30.** Vì quả cầu lơ lửng trong không khí nên khối lượng riêng  $d$  của chất khí trong quả cầu bằng khối lượng riêng của không khí. Ta tìm khối lượng mol  $\mu$  của chất khí ấy. Nó có áp suất  $p$  và nhiệt độ  $T = 600 + 273 = 873 \text{ K}$  Vậy :

$$p = \frac{d}{\mu} RT \quad (1)$$

Đối với không khí thì :  $p = \frac{d}{\mu_o} RT_o$  (2) với  $T_o = 293K$ ,

cân bằng (1) và (2)  $\mu = \frac{T \mu_o}{T_o} = 86,4$

Mặt khác theo lí thuyết thì  $\mu = 14 + n \cdot 18$  vậy  $14 + 18n = 86,4 \rightarrow n = 4$

**31.**  $V = 0,0001 m^3$  ;  $2mg H_2$  là  $0,001 \text{ mol } H_2$ , có áp suất riêng phần ban đầu là :

$$p_H = \frac{0,001 \cdot 8,31 \cdot 360}{0,0001} \approx 3 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$4mg He$  cũng là  $0,001 \text{ mol } He$  nên ban đầu cũng có áp suất :  $p_{He} = p_H$

Heli khuếch tán sang phải cho đến khi áp suất của nó ở hai bên bằng nhau và bằng  $\frac{p_H}{2} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

Vậy cuối cùng áp suất ở bên phải là:



$$p'_{\text{He}} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Áp suất ở bên trái bằng tổng các áp suất riêng phần:

$$p_{\text{H}} + p'_{\text{He}} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

32. Phản ứng  $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$  có nghĩa là 1 mol  $\text{H}_2$  kết hợp với  $\frac{1}{2}$  mol  $\text{O}_2$  thành 1 mol hơi nước. Bình chứa 8g  $\text{O}_2$  bằng  $\frac{1}{4}$  mol  $\text{O}_2$ , kết hợp với  $\frac{1}{2}$  mol  $\text{H}_2$  thành  $\frac{1}{2}$  mol  $\text{H}_2\text{O}$  còn thừa  $\frac{1}{2}$  mol  $\text{H}_2$  (1g). Từ  $1 + \frac{1}{4} = \frac{5}{4}$  mol hỗn hợp ban đầu, nay có  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$  mol hỗn hợp mới. Nếu  $p_0$ ,  $T_0$  là áp suất và nhiệt độ ban đầu và  $p = 2p_0$ ,  $T$  là áp suất và nhiệt độ cuối thì ta có:

$$\frac{p}{nT} = \frac{R}{V} = C^{\text{te}} \quad (n \text{ là số mol})$$

$$\frac{p_0}{\frac{5}{4} T_0} = \frac{2p_0}{T}. \text{ Vậy } T = \frac{5}{2} T_0 = 750\text{K}$$

33. a) Nếu  $m_i$  là khối lượng của  $n_i$  lít khí ở áp suất  $p$  và nhiệt độ  $T$  thì có thể viết :

$$pn_i = \frac{m_i}{\mu_i} RT. \text{ Ba chất khí có cùng } p, T \text{ nên } m_i \text{ tỉ lệ với } n_i \mu_i$$

Mặt khác  $N_i = \frac{m_i}{100}$  vậy  $N_i$  cũng tỉ lệ với  $n_i \mu_i$

$$N_i = \frac{n_i \mu_i}{\sum n_i \mu_i}$$

$$\text{b) } \mu_1 (\text{N}_2) = 28 \text{ g/mol}; \mu_2 (\text{O}_2) = 32 \text{ g/mol};$$

$$\mu_3 (\text{Ar}) = 40 \text{ g/mol}; \sum n_i \mu_i = 28,78,1 + 32,21 + 40 \cdot 0,9 = 2894,8$$



$$N_1 = \frac{2186,8}{2894,8} = 0,755 = 75,5\%$$

$$N_2 = \frac{672}{2894,8} = 0,232 = 23,2\%$$

$$N_3 = \frac{36}{2894,8} = 0,012 = 1,2\%$$

c) 100g không khí chứa  $\frac{75,5}{28} = 2,7$  mol nitơ,  $\frac{23,2}{32} = 0,73$  mol ôxi và  $\frac{1,2}{40} = 0,03$  mol argon nghĩa là ứng với  $2,7 + 0,73 + 0,03 = 3,46$  mol

Vậy 1 mol không khí có khối lượng  $\frac{100}{3,46} \approx 29$ g

$$\mu \text{ (không khí)} = 29\text{g/mol}$$

Cách tính khác:

$$\mu = \frac{\sum N_i \mu_i}{100} \text{ hoặc } \mu = \frac{\sum n_i \mu_i}{100}, \text{ đều cho } 29\text{g/mol}$$

## D - PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI KẾT HỢP VỚI ĐỊNH LUẬT ACSIMET

34. Gọi  $d_0$  và  $d$  là các khối lượng riêng của không khí ở  $T_0 = 27 + 273 = 300$  K, và ở  $T$ , là nhiệt độ cần thiết để khí cầu bắt đầu bay. Khi bắt đầu bay lực đẩy Acsimet  $d_0 gV$  bằng tổng các trọng lượng của vỏ  $m$ g và của không khí nóng  $d gV$  ( $g$  là gia tốc trọng trường)

$$d_0 gV = mg + dgV$$

$$d = d_0 - \frac{m}{V} \quad (1)$$

29 gam không khí ở áp suất và nhiệt độ chuẩn 1 atm và  $T_c = 273$ K có thể tích 22,4 lít, vậy khối lượng riêng ở các điều kiện ấy là :



$$d_c = \frac{29}{22,4} = 1,295 \text{ g/dm}^3 = 1,295 \text{ kg m}^3$$

$$d_o = \frac{T_c}{T_o} d_c \quad (2) \quad (\text{khối lượng riêng tỉ lệ ngược với nhiệt độ}$$

tuyệt đối khi áp suất không đổi)

$$d_o = 1,178 \text{ kg/m}^3$$

$$(1) \text{ cho ta } d = 0,928 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ta có tương tự như (2) : } d = \frac{T_c}{T} d_c \text{ vậy } T = \frac{T_c d_c}{d}$$

$$T = \frac{273 \cdot 1,295}{0,928} = 381\text{K} = 108^\circ\text{C}$$

35. Khi khí cầu lơ lửng trên không, lực đẩy Acsimet  $Vd_1g$  bằng trọng lượng  $mg$  :  $Vd_1g = mg$ ,  $d_1$  là khối lượng riêng của không khí ở áp suất  $p_1$  và nhiệt độ  $T_1 = 260 \text{ K}$

$$d_1 = \frac{p_1 \mu}{RT_1} = \frac{84 \cdot 10^3 \cdot 0,029}{8,31 \cdot 260} = 1,13 \text{ kg/m}^3$$

Khối lượng riêng của không khí ở áp suất  $p_2$  và nhiệt độ  $T_2 = 240 \text{ K}$  là :

$$d_2 = \frac{p_2 \mu}{RT_2} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0,029}{8,31 \cdot 240} = 0,87 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Thể tích của khí cầu là : } V = \frac{m}{d_1} = \frac{300}{1,13} = 265,5\text{m}^3$$

ném phụ tải có khối lượng  $m'$  thì khí cầu có khối lượng  $m - m'$  và điều kiện lơ lửng mới là:

$$(m - m')g = Vd_2g$$

$$m - m' = Vd_2 = 231\text{kg} ; m' = 300 - 231 = 69\text{kg}$$

36. a) Bóng lơ lửng khi lực đẩy Acsimet  $V_o d_k g$  bằng tổng trọng lượng của vỏ bóng  $mg$  và khí hiđrô  $V_o d_{H_2} g$ ,  $V_o$  là thể tích





của bóng,  $d_K$  và  $d_H$  là các khối lượng riêng của không khí và hiđrô,  $g$  là gia tốc trọng trường.

$$V_o d_K g = mg + V_o d_H g$$

$$V_o (d_K - d_H) = m \quad (1)$$

$$d_K = \frac{P_o \mu_K}{RT_o} = \frac{10^5 \cdot 0,029}{8,31 \cdot 300} = 1,162 \text{ kg/m}^3$$

$$d_H = \frac{P_o \mu_H}{RT_o} = 0,08 \text{ kg/m}^3 ; d_K - d_H = 1,082 \text{ kg/m}^3$$

Đưa vào (1) ta tính được :  $V_o = 0,00462 \text{ m}^3 = 4,62 \text{ dm}^3$

$$V_o = \frac{4}{3} \pi R_o^3, R_o \text{ là bán kính. Vậy:}$$

$$R_o = \sqrt[3]{\frac{3V_o}{4\pi}} \approx 1 \text{ dm}$$

b) Để có thể bay tới độ cao đã nêu thì bóng phải thỏa mãn điều kiện lơ lửng ở độ cao ấy nghĩa là:

$$V(d'_K - d'_H) = m \quad (2)$$

$V$  là thể tích cần thiết,  $d'_K$  và  $d'_H$  là các khối lượng riêng của không khí và hiđrô ở các điều kiện :  $p = 0,5 p_o$  và  $T = 280 \text{ K}$

Khối lượng riêng tỉ lệ thuận với áp suất và tỉ lệ ngược với nhiệt độ tuyệt đối, vậy:

$$d'_K = d'_H = \frac{p}{p_o} \frac{T_o}{T} (d_K - d_H) = 0,536 \cdot 1,082 = 0,58 \text{ kg/m}^3$$

Đưa vào (2) ta tính ra  $V = 8,62 \text{ dm}^3$  và  $R = 1,3 \text{ dm}$

37. Bóng lên tới độ cao mà lực đẩy Acsimet bằng tổng trọng lượng của vỏ và khí hiđrô:

$$Vdg = Mg + m_H g$$

$d$  là khối lượng riêng của không khí,  $m_H$  là khối lượng hiđrô trong bóng ở áp suất  $p$  và nhiệt độ  $T = 218 \text{ K}$  ứng với độ cao ấy.



Gọi  $m$  là khối lượng không khí có thể tích  $V$  cũng ở điều kiện  $p$  và  $T$ ,  $m = Vd$ .

$$\text{Ta có : } m = M + m_H$$

Áp dụng phương trình trạng thái cho các khối lượng không khí  $m$  và hiđrô  $m_H$ , ta có:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT = \frac{m_H}{\mu_H} RT \quad (1)$$

$$\frac{m}{\mu} = \frac{m_H}{\mu_H} = \frac{m - m_H}{\mu - \mu_H} = \frac{M}{\mu - \mu_H} = \frac{7}{0,027} = 259 \text{mol}$$

Mang vào đẳng thức đầu của (1) ta tính được  $p$ :

$$p = \frac{259 \cdot 8,31 \cdot 218}{75} = 6256 \text{Pa}$$

So với ở mặt đất thì áp suất khí quyển ở độ cao đang xét đã giảm :

$$\frac{p_0}{p} = \frac{10^5}{6256} \approx 16 \text{ lần}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}. \text{ Vậy độ cao ấy là } h = 4 \times 5 = 20 \text{km}$$

38. Thể tích của khí cầu:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \frac{\pi d^3}{8} = 2114, 6 \text{m}^3$$

Để khí cầu bay lên được thì lực đẩy Acsimet, bằng trọng lượng của không khí lạnh trong khí cầu, phải lớn hơn trọng lượng không khí nóng và túi do đó :

$$m_0 \geq m_1 + 150$$

$$m_0 = \mu \frac{pV}{RT_0}; m_1 = \mu \frac{pV}{RT_1}$$

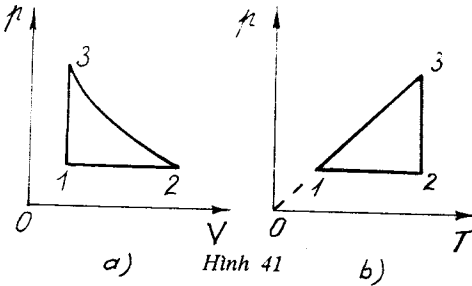
$p$  là áp suất khí quyển,  $V$  là thể tích khí cầu,  $T_0 = 273^\circ\text{C}$ ,  $T_1$  : nhiệt độ khí trong khí cầu.

$$\frac{\mu pV}{R} \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right) \geq 150$$

$$\text{Suy ra : } T_1 = 288,6 \text{K} = 15,6^\circ\text{C}$$



## E - ĐỒ THỊ



39. Quá trình 1-2 là đẳng áp vì V tỉ lệ với T

2 - 3 là đẳng nhiệt

3 - 1 là đẳng tích

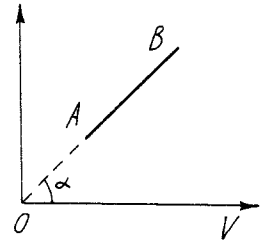
Ta có các đồ thị p - V (H.41a) và p - T (H.41b). Đường 1-3 đi qua gốc O)

40. Gọi  $\alpha$  là góc giữa đường thẳng AB và trục V (H.42)

$$p = V \operatorname{tg} \alpha = V \frac{p_A}{V_A}$$

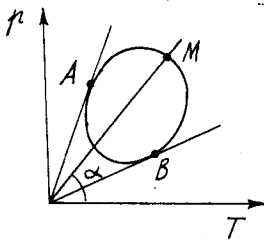
Thay vào phương trình trạng thái  $pV = RT$  ta có :

$$V^2 \frac{p_A}{V_A} = RT \rightarrow V = \sqrt{\frac{RTV_A}{p_A}}$$



Hình 42

41. Từ  $pV = \frac{m}{\mu} RT$  ta rút ra



Hình 43

$$m = \frac{\mu V}{R} \frac{p}{T} = k \frac{p}{T}$$

$\frac{p}{T} = \operatorname{tg} \alpha$ ; m ứng với điểm M tỉ lệ với hệ số góc của đường thẳng OM, vậy nếu vẽ hai tiếp tuyến với đường cong OA và OB, các điểm A và B ứng với m cực đại và cực tiểu (H.43)

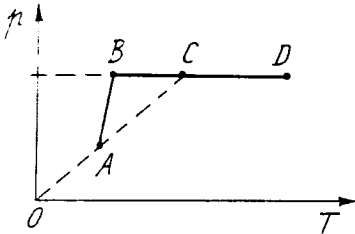
$$42. a) p_A V_A = RT_A \quad (1)$$

$p_c = 2p_A$ ;  $T_c = 2T_A$  Thay vào:

$$p_c V_c = RT_c \text{ ta có : } p_A V_c = RT_A \quad (2)$$



So sánh (1) và (2) ta có:



Hình 44

$$V_c = V_A = \frac{RT_A}{P_A}$$

b)  $V = \frac{RT}{p}$  Từ B đến D,  $p = C^{te}$   
 nên  $V$  tỉ lệ với  $T$  vậy  $V_B < V_c = V_A < V_D$ .

Vậy  $V$  giảm trong quá trình AB rồi tăng trong quá trình BCD (H.44)

43. Các quá trình 4-1 và 2-3 là đẳng áp vì  $V$  tỉ lệ với  $T$ , các quá trình 1-2 và 3-4 là đẳng nhiệt. Vì  $T_1 = 2T_4$  và  $T_2 = 2T_3$  nên:

$$V_4 = \frac{1}{2} V_1 = 20 \text{ dm}^3 \text{ và } V_2 = 2V_3 = 20 \text{ dm}^3 = V_4$$

$$p_1 = p_4 = \frac{RT_1}{V_1} = \frac{8,31 \cdot 400}{0,04} = 0,83 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_2 = p_3 = \frac{RT_2}{V_2} = \frac{8,31 \cdot 400}{0,02} = 1,66 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Đồ thị  $p - V$  được vẽ trong hình 45

44. Ta tính các nhiệt độ :  $T_4 = \frac{p_4 V_4}{R} = \frac{10^5 \cdot 0,00831}{8,31}$

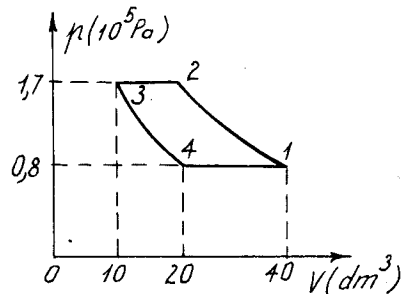
$$T_4 = 100 \text{ K}$$

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{R} = 400 \text{ K} = 4 T_4$$

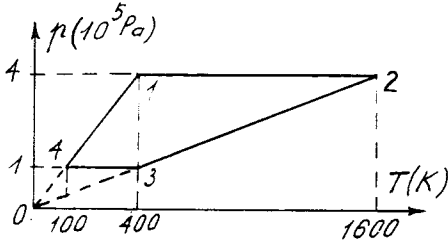
$$T_3 = T_1$$

Vì  $p_2 = 4p_4$  nên từ đường thẳng qua gốc 2 - 4 (H.17) ta suy ra

$$V_2 = V_3 = 4V_1 = 33,24 \text{ dm}^3$$



Hình 45



Hình 46

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{R} = \frac{4p_1 V_1}{R} = 4T_1 = 1600\text{K}$$

Đồ thị  $p - T$  vẽ trong H.46

45. a) Áp suất  $p$  là hàm bậc nhất của thể tích  $V$

$p = aV + b$  (1) Ta tính các hệ số  $a$  và  $b$  :

$$a = \frac{p_1 - p_2}{V_1 - V_2} < 0 \text{ Thay vào (1) và cho } V = V_2$$

$$p = p_2 \text{ ta tìm được } b = \frac{p_2 V_1 - p_1 V_2}{V_1 - V_2}$$

$$\text{Vậy } p = \frac{p_1 - p_2}{V_1 - V_2} V + \frac{p_2 V_1 - p_1 V_2}{V_1 - V_2}$$

Thay (1) vào phương trình trạng thái  $pV = RT$

Ta có  $T = \frac{1}{R} (aV^2 + bV)$  (2). Trong tọa độ  $T, V$  ta biểu diễn

bằng một đoạn của đường parabol đi qua gốc, quay bề lõm xuống dưới (H.47). Nếu đoạn này chứa đỉnh của parabol thì  $T$  có cực đại  $T_{\max}$

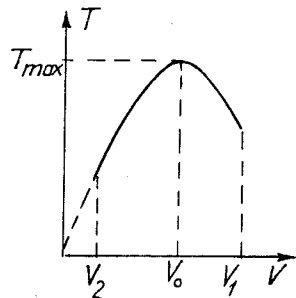
b)  $T_{\max}$  ứng với :

$$V_0 = -\frac{b}{2a} = \frac{p_2 V_1 - p_1 V_2}{2(p_2 - p_1)}$$

Thay vào (2) ta được:

$$T_{\max} = \frac{p_2 V_1 - p_1 V_2}{2R(V_1 - V_2)(p_2 - p_1)}$$

Điều kiện để có  $T_{\max}$  là :  $V_2 < V_0 < V_1$



Hình 47



Bất đẳng thức đầu:

$$V_2 < \frac{p_2 V_1 - p_1 V_2}{2(p_2 - p_1)}$$

Sau các biến đổi cho ta :  $\frac{V_2}{V_1} < \frac{p_2}{2p_2 - p_1}$

Bất đẳng thức sau:

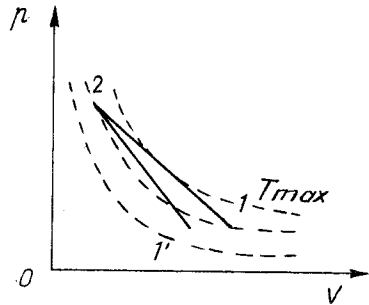
$$\frac{p_2 V_1 - p_1 V_2}{2(p_2 - p_1)} < V_1$$

cho ta :  $\frac{V_2}{V_1} > \frac{2p_1 - p_2}{p_1}$

Tóm lại, có  $T_{\max}$  nếu :

$$\frac{2p_1 - p_2}{p_1} < \frac{V_2}{V_1} < \frac{p_2}{2p_2 - p_1}$$

c) Trong hình 48, 1 - 2 ứng với trường hợp có  $T_{\max}$  đoạn thẳng 1 - 2 là tiếp tuyến của đường đẳng nhiệt  $T_{\max}$ . 1' - 2 ứng với trường hợp không có  $T_{\max}$



Hình 48

## G - THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ

46. Khi nước đã cân bằng với hơi bão hòa, số phân tử bay ra bằng số phân tử bay vào nước. Lấy 3 trục tọa độ vuông góc, với trục x vuông góc với mặt nước và thay chuyển động hỗn loạn của các phân tử hơi nước bằng chuyển động của ba nhóm phân tử dọc theo ba trục, chỉ có  $\frac{1}{6}$  số phân tử bay vào nước.



Số bay vào trong 1 giây là  $\frac{1}{6}$  số nằm trong hình trụ có tiết diện  $1\text{m}^2$  và chiều dài bằng  $\bar{v}$  :

$$N = \frac{1}{6} n \bar{v} \quad (n \text{ là mật độ phân tử hơi nước bão hòa})$$

$$p = nkT \quad (k \text{ là hằng số Bônxơman})$$

$$N = \frac{p}{6kT} \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \frac{p}{k} \sqrt{\frac{R}{12\mu T}} \quad (1)$$

Đó cũng là số phân tử bay hơi trong 1s. Khối lượng nước bay hơi trong 1s là:

$$M = Nm = \frac{N\mu}{A} \quad (2) \quad (m \text{ là khối lượng một phân tử nước, } A$$

là số Avôgadrô). Thế (1) vào (2) và chú ý rằng  $k = \frac{R}{A}$  ta có:

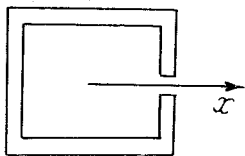
$$M = p \sqrt{\frac{\mu}{12RT}}$$

$$\text{Thay số, ta được : } M = 2,7\text{kg/s}$$

Nếu thực sự có cân bằng thì khối lượng nước trở lại hồ  $M' = M$ . Thực tế gió làm lớp hơi nước không hoàn toàn bão hòa nên  $M' < M$  và hồ mất nước dần do hiện tượng bay hơi.

47. Ở trạng thái không đổi của khí trong bình thì số phân tử không đổi, nghĩa là số đi ra bằng số đi vào (H.49). Thay chuyển động hỗn loạn bằng chuyển động theo ba phương vuông góc ta chỉ cần xét phương x vuông góc với lỗ có diện tích s số N phân tử đi vào trong 1 giây bằng  $\frac{1}{6}$  số phân tử trong hình trụ có

tiết diện s và chiều dài  $\bar{v}$  là vận tốc trung bình chính xác hơn :  
vận tốc toàn phương trung bình)



Hình 49

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

$$N = \frac{1}{6} ns\bar{v}, \quad n \text{ là mật độ khí ở ngoài bình :}$$



$$n = \frac{p}{kT}, \text{ vậy : } N = \frac{1}{6} \frac{p}{kT} \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \frac{p}{k} \sqrt{\frac{R}{12\mu T}} \quad (1)$$

Tương tự như vậy số phân tử đi ra là:

$$N_1 = \frac{p_1}{k} \sqrt{\frac{R}{12\mu 4T}}$$

Cân bằng  $N$  và  $N_1$  ta rút ra :  $p_1 = 2p$

48. Khi đã có trạng thái dừng thì số phân tử trong B không đổi. Lập luận như trong bài 47 ta thấy rằng số phân tử từ A và B tỉ lệ với  $\frac{p}{\sqrt{T}}$  ;

$$N_A = a \frac{p}{\sqrt{T}} ; a = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{R}{12\mu}} \quad (\text{xem bài 47})$$

Tương tự như vậy, số phân tử từ C vào B là:

$$N_C = a \frac{p}{\sqrt{2T}}$$

Số phân tử rời B (qua hai lỗ) là :  $N = 2a \frac{p}{\sqrt{T_1}}$

Ta có :  $N = N_A + N_C$ , nghĩa là:

$$\frac{p}{\sqrt{T}} + \frac{p}{\sqrt{2T}} = \frac{2p_1}{\sqrt{T_1}} \quad (1)$$

Mặt khác, trạng thái dừng cũng có nghĩa là động năng các hạt của B không đổi, tức là động năng do  $N_A$  và  $N_C$  mang tới bằng động năng do  $N$  mang đi. Động năng của mỗi phân tử tỉ lệ với nhiệt độ.  $E_A = \frac{3}{2} kT$ , vậy động năng do các phân tử từ A mang tới là :

$$N_A E_A = b \frac{pT}{\sqrt{T}} = bp\sqrt{T}, \quad b \text{ là hệ số tỉ lệ}$$

Tương tự, động năng do các phân tử từ C mang tới bằng :





$$N_c E_c = b \frac{p_1 T_1}{\sqrt{2T}} = b p_1 \sqrt{2T}$$

Động năng do các phân tử rời B mang đi là:

$$NE = b \frac{2p_1 T_1}{\sqrt{T_1}} = 2b p_1 \sqrt{T_1}$$

Cân bằng năng lượng  $NE = N_A E_A + N_c E_c$  cho ta phương trình thứ hai:

$$2p_1 \sqrt{T_1} = p\sqrt{T} + p\sqrt{2T} \quad (2)$$

Ta có hai phương trình để tìm hai ẩn  $p_1$  và  $T_1$ . Nhân (1) với (2) ta khử  $T_1$  và tính được:

$$p_1 = p \frac{\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}} \quad \text{Thế vào (2) ta rút ra:}$$

$$T_1 = T\sqrt{2}$$

## II - NỘI NĂNG - NHIỆT VÀ CÔNG

49. Gọi  $n$  là số mol khí. Chất khí không sinh công nên toàn bộ nhiệt lượng dùng để làm tăng nội năng, do đó nhiệt độ tăng:

$$Q = \Delta U = n C_v \Delta T$$

Mặt khác, phương trình trạng thái :  $pV = nRT$  cho ta

$$\Delta p = \frac{nR}{V} \Delta T = \frac{nR}{V} \frac{Q}{nC_v} = \frac{RQ}{VC_v}$$

Thay số ( $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$ ) ta được :  $\Delta p = 10^5 \text{Pa}$

Vậy áp suất mới là :  $p = p_0 + \Delta p = 2 \cdot 10^5 \text{Pa}$ .

50. Khí phải sinh công :  $A = (F + Sp_0) l$  ở áp suất không đổi:  $p = p_0 + \frac{F}{S}$ . Công này cũng bằng :



$A = p \cdot V_2 - V_1 = R \cdot T_2 - T_1$ ;  $V_1$  và  $V_2$  là các thể tích trước và sau khi pittông dịch chuyển.

Thay số ta có :  $A = (2000 + 4 \cdot 10^{-2} \cdot 10^5) 0,5 = 3000J$  và  $T_2 = 661K$  ;  $\Delta T = 361K$

Nhiệt lượng cần truyền :  $Q = C_p \cdot \Delta T \approx 7500J$

51. Số mol khí trong bình 2 là  $n_2 = \frac{P_2 V_2}{RT_2}$  số mol khí trong

bình 1 là  $n_1 = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{4P_2 V_2}{RT_1}$

$$\text{Vậy } n_1 = 4 \frac{T_2}{T_1} n_2 \quad (1)$$

Nội năng của 1 mol khí lí tưởng là  $U_o = \frac{i}{2} RT$  ,  $i$  là số bậc tự do của phân tử. Hệ khí trong hai bình không trao đổi công hoặc nhiệt với bên ngoài nên có nội năng không đổi. Đối với khí trong từng bình thì nội năng có biến thiên, độ giảm nội năng của bình 2 bằng độ tăng nội năng của bình 1

$$n_2 (T_2 - T) = n_1 (T - T_1) \quad (2)$$

Hai phương trình (1) và (2) cho phép ta tính T.

Chia 2 cho (1) ta được :  $(T_2 - T) T_1 = 4 T_2 (T - T_1)$

$$T = \frac{5T_1 T_2}{4T_2 + T_1} \approx 326 \text{ K}$$

$$\text{Áp suất } p = \frac{(n_1 + n_2) RT}{3V_2} = \frac{T}{3} \left( \frac{n_1 R}{V_2} + \frac{n_2 R}{V_2} \right)$$

Thay  $n_1$  và  $n_2$  bằng các giá trị đã thu được ở trên, ta có :

$$p = \frac{P_1 T}{3} \left( \frac{2}{T_1} + \frac{1}{2T_2} \right) = 0,83 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$



52. Từ nguyên lí thứ nhất của NDH viết dưới dạng vi phân :  $dQ = dU + dA$ , ta suy ra:

$\frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{dA}{dT}$ ,  $\frac{dQ}{dT} = C$ , nhiệt dung cần tìm,  $\frac{dU}{dT}$  chính là  $C_v$ , nhiệt dung mol đẳng tích.

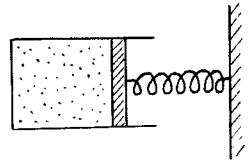
Lấy vi phân phương trình trạng thái  $pV = RT$ , và chú ý rằng cả  $p$  và  $V$  đều biến đổi, ta có:

$$pdV + Vdp = RdT. \text{ Theo đầu bài, } dp = \alpha dV$$

$$\text{Vậy } Vdp = \alpha VdV = pdV. \text{ Mặt khác : } pdV = dA$$

$$\text{Vậy } 2pdV = 2 dA = RdT, \frac{dA}{dT} = \frac{R}{2}$$

$$\text{và } C = C_v + \frac{R}{2} = \frac{1}{2} (C_v + C_p)$$



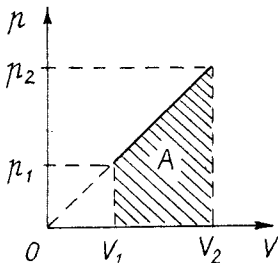
Hình 50 vẽ thiết bị có thể dùng để thực hiện quá trình này.  $V$  tăng thì lò xo bị nén nên  $p$  cũng tăng.

Hình 50

53. Theo nguyên lí 1 của NDH :  $\Delta U = Q - A$  (1)

$$\text{Công sinh ra : } A = (V_2 - V_1) \frac{p_2 + p_1}{2} \quad (\text{H. 51})$$

$$A = \frac{b}{2} (p_2^2 - p_1^2) \quad (2)$$



Hình 51

$$\text{Mặt khác } pV = bp^2 = RT$$

$$\Delta T = \frac{b}{R} (p_2^2 - p_1^2)$$

$$\Delta U = C_v \Delta T = \frac{C_v b}{R} (p_2^2 - p_1^2) \quad (3)$$

Thế (2) và (3) vào (1) ta tính được

$$b = \frac{2QR}{(2C_v + R)(p_2^2 - p_1^2)}$$

54. a) Trạng thái 1: đã biết  $p_1$ ,  $V_1$ , tính ra  $T_1 = \frac{p_1 V_1}{R}$  Trạng

thái 2: đã biết  $p_2$ ,  $V_2 = V_1$  vì 1 - 2 là đẳng tích,

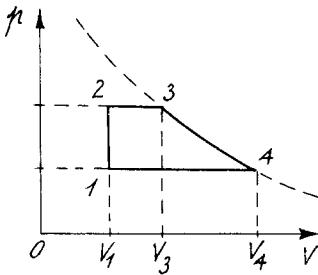
$$T_2 = \frac{p_2 V_1}{R}$$

Trạng thái 3:  $p_3 = p_2$  vì 2 - 3 là đẳng áp, đã biết  $T_3$ ,

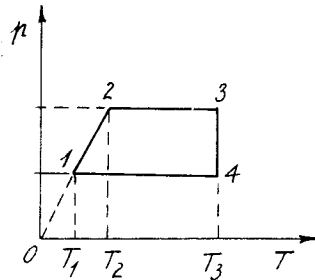
$$\text{vậy } V_3 = \frac{RT_3}{p_3}$$

Trạng thái 4:  $T_4 = T_3$  vì 3 - 4 là đẳng nhiệt,

$$p_4 = p_1 \text{ vì } 4 - 1 \text{ là đẳng áp, } V_4 = \frac{RT_3}{p_4} > V_3 \text{ vì } p_4 < p_3$$



Hình 52

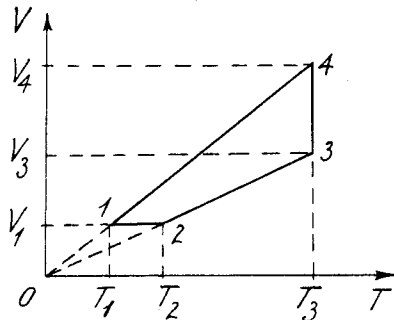


Hình 53

Các đồ thị vẽ trong hình 52, 53, và 54

b) 1 - 2 là đẳng tích công  $A_1 = 0$  áp suất tăng vậy chất khí nhận nhiệt lượng

$$Q_1 = \Delta U = C_v (T_2 - T_1)$$



Hình 54



2 - 3 là đẳng áp, khí sinh công  $A_2 = p_2 (V_3 - V_2)$  và nhận nhiệt lượng  $Q_2 = C_p (T_3 - T_2)$

3 - 4 là đẳng nhiệt,  $\Delta U = 0$  vậy công sinh ra bằng nhiệt lượng

khí nhận;  $Q_3 = A_3 = RT_3 \ln \frac{p_2}{p_1}$

4 - 1 là đẳng áp, khí nhận công  $A'_4 = p_1 (V_4 - V_1)$  và tỏa nhiệt lượng  $Q'_4 = C_p (T_3 - T_1)$

Trong cả chu trình khí nhận nhiệt lượng :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q'_4$$

và sinh công:

$$A = A_2 + A_3 - A'_4. \text{ Ta phải có : } Q = A.$$

c) Áp dụng bằng số. Ta tính được  $T_1 = 100 \text{ K}$ ,  $T_2 = 200 \text{ K}$ ,  
 $T_3 = T_4 = 400 \text{ K}$ ,  $V_3 = 2V_1 = 0,1662 \text{ m}^3$ ,  $V_4 = 4 V_1 = 0,3324 \text{ m}^3$ .

$Q_1 = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 100 = 1246,5 \text{ J}$ ;  $A_2 = 2 \cdot 10^5 \cdot 0,00831 = 1662 \text{ J}$ ;

$C_p = C_v + R = 2,5 R$ ,  $Q_2 = 2,5 \cdot 8,31 \cdot 200 = 4155 \text{ J}$ .

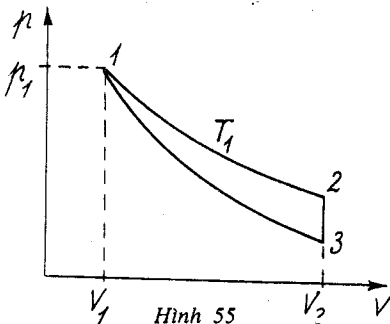
$Q_3 = A_3 = 8,31 \cdot 400 \cdot \ln 2 = 2303,5 \text{ J}$

$A'_4 = 10^5 \cdot 3 \cdot 0,00831 = 2493 \text{ J}$ ;  $Q'_4 = 2,5 \cdot 8,31 \cdot 300 = 6232,5 \text{ J}$

Nhiệt lượng nhận trong chu trình đúng bằng công sinh ra:

$$Q = A = 1472,5 \text{ J}$$

$$55. a) T_1 = \frac{p_1 V_1}{R} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 0,00831}{8,31} = 200 \text{ K}$$



$$T_2 = T_1; p_2 = \frac{p_1}{6} = \frac{10^5}{3} \text{ Pa}$$

Vì 1 - 3 là quá trình đoạn

$$\text{nhiệt nên } \frac{p_1}{p_3} = \left( \frac{V_3}{V_1} \right)^\gamma;$$

$$V_3 = V_2 = 6V_1$$



$$C_p = C_v + R = 3,5 R, \gamma = \frac{3,5}{2,5} = 1,4$$

$$x = \frac{P_1}{P_3} = 6^{1,4}, \log x = 1,4 \cdot \log 6 = 1,089$$

$$x = 12,3 \text{ vậy } p_3 = \frac{P_1}{12,3} = 16260 \text{ Pa}$$

$$\text{Ta cũng có: } \frac{T_1}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{\gamma-1} = 6^{0,4} = y$$

$$\log y = 0,4 \cdot \log 6 = 0,3112, y = 2,05 ; T_3 = \frac{T_1}{2,05} = 98\text{K}$$

Đồ thị được vẽ trong hình 55.

b) Trong quá trình đẳng nhiệt, công sinh ra  $A_1$  bằng nhiệt nhận  $Q_1$  :  $A_1 = RT_1 \ln \frac{P_1}{P_2} = 8,31 \cdot 200 \cdot \ln 6$

$$A_1 = Q_1 = 2978 \text{ J}$$

Trong quá trình đẳng tích 2 - 3, nhiệt độ giảm 102 K, công  $A_2 = 0$ , nhiệt lượng nhả  $Q'_2 = C_v \Delta T = 2119 \text{ J}$

Trong quá trình nén đoạn nhiệt 3 - 1, nhiệt  $Q_3 = 0$  công nhận  $A'_3 = \Delta U = C_v \Delta T = 2119\text{J}$

Nhiệt nhận trong cả chu trình là:  $Q = Q_1 - Q'_2 = 859\text{J}$   
đúng bằng công sinh ra:  $A = A_1 - A'_3 = 859\text{J}$

56. Quá trình giãn nở của khí là đẳng áp cho nên:

$$- \text{Nhiệt nhận được là } C_p (t_2 - t_1) = Q$$

$$- \text{Công sinh ra là } p_1 (V_2 - V_1) = R (t_2 - t_1)$$

$$- \text{Biến thiên nội năng là } C_v (t_2 - t_1)$$

$$\text{với khí đơn nguyên tử, } C_p = \frac{5}{2} R = \frac{5}{2} \cdot 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$



suy ra:

$$t_2 - t_1 = \frac{Q}{C_p} = \frac{8,31 \cdot 3600 \cdot 2}{5 \cdot 8,31} = 1440^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 1467^\circ\text{C}$$

Công sinh ra :  $A = \frac{2}{5} \cdot Q = 3,324 \text{ Wh.}$

Độ tăng nội năng là :  $\Delta U = Q - A = \frac{3}{5} Q = 4,986 \text{ Wh}$

Áp dụng phương trình trạng thái :  $pV = RT$  ta có:

$$\frac{V}{T} = \frac{R}{p_1} = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

suy ra

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{1467 + 273}{27 + 273} = 5,8$$

57. a) Sau 40 lần bơm, ta đã đưa  $40 \times 150 \text{ cm}^3 = 6000 \text{ cm}^3$  khí ở áp suất khí quyển vào trong bóng có thể tích  $3000 \text{ cm}^3$ . Áp dụng phương trình Bôi - Mariôt:

$$pV = p'V' \text{ suy ra } p = 2 \text{ atm}$$

b) Theo giả thiết  $T$  bằng hằng số, nội năng của khí không đổi  $U = \text{const}$

Công chất khí nhận được trong quá trình nén đẳng nhiệt từ thể tích 6 l đến 3 l là:

$$A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{6}{3} = \frac{m}{\mu} RT \ln 2 = pV \ln 2 = 416 \text{ Jun}$$

Trong 20 nhát bơm đầu tiên, ta chỉ làm nhiệm vụ chuyển không khí từ ngoài trời vào ruột bóng mà không nén khí. Công tiêu tốn khi không có ma sát là không.

58. Gọi  $T_1$  và  $T_2$  là các nhiệt độ tuyệt đối của nitơ và argon khi chưa mở khóa.



Số mol nitơ là :  $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{p_1 V_1}{RT_1}$ , số mol argon là  $\frac{m_2}{\mu_2} = \frac{p_2 V_2}{RT_2}$

Nội năng của lượng nitơ là :

$$U_1 = \frac{m_1}{\mu_1} C_1 T_1 = C_1 \frac{p_1 V_1}{R} = \frac{5p_1 V_1}{2}$$

Nội năng của lượng argon là :

$$U_2 = \frac{m_2}{\mu_2} C_2 T_2 = C_2 \frac{p_2 V_2}{R} = \frac{3p_2 V_2}{2}$$

Khi mở khóa, khí giãn nở không sinh công, hai bình lại cách nhiệt nên nội năng của hệ được bảo toàn :

$$U = U_1 + U_2 = \frac{5}{2} p_1 V_1 + \frac{3}{2} p_2 V_2 = 39,375 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Gọi T là nhiệt độ của hỗn hợp, C nhiệt dung của nó:

$$C = \frac{m_1}{\mu_1} C_1 + \frac{m_2}{\mu_2} C_2 = (600 \cdot 2,5 + 30 \cdot 1,5) \cdot 8,31$$

$$C = 0,1284 \cdot 10^5 \text{ J/K}$$

$$\text{Từ } U = CT \text{ suy ra : } T = \frac{39,375}{0,1284} = 306,7 \text{ K}$$

Hỗn hợp chứa  $n = 630$  mol, ta suy ra áp suất của nó:

$$p = n \frac{RT}{V_1 + V_2} = 2,14 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

**59.** Chỉ có trao đổi nhiệt giữa nước trong cốc và "cốc + nhiệt biểu".

Gọi t là nhiệt độ của nước trong phích (giả thiết nó không đổi)

Sau khi rót nước lần thứ nhất, nhiệt độ của nước trong cốc giảm từ t xuống  $t_1$ , còn nhiệt độ của cốc và nhiệt biểu tăng từ  $t_f$  lên  $t_1$ .





Khi rút lần thứ hai thì cốc và nhiệt có nhiệt độ  $t' < t_1$  vì đã nguội đi sau khi đổ nước đầy. Nhiệt độ của nước giảm từ  $t$  xuống  $t_2$ , còn nhiệt độ của cốc và nhiệt biểu tăng từ  $t'$  lên  $t_2$

Gọi  $C$  và  $C_1$  là nhiệt dung của lượng nước trong cốc và của "cốc + nhiệt biểu", ta có các phương trình cân bằng nhiệt:

$$C(t - t_1) = C_1(t_1 - t')$$

$$C(t - t_2) = C_1(t_2 - t')$$

$$\text{suy ra : } \frac{t - t_1}{t - t_2} = \frac{t_1 - t_f}{t_2 - t'} ;$$

$$t = \frac{t_2 t_f - t_1 t'}{t_2 - t_1 + t_f - t'} = \frac{1875 - 60t'}{40 - t'}$$

Hàm số  $t(t')$  nghịch biến,  $t'$  càng lớn thì  $t$  càng nhỏ ;  $t$  nhỏ nhất khi  $t' = t_1$ , vậy  $t_{\min} = 86,3^\circ\text{C}$ .

60. Số mol khí trong bóng là:

$$n = \frac{m}{\mu} = \frac{pV}{RT} \quad V = \frac{4}{3} \frac{\pi (22)^3}{8} 10^{-6} = 557 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$T = 300 \text{ K} ; n = 0,447 \text{ mol}$$

Khi bóng tiếp đất, nó bị bẹp, khí trong bóng bị nén đẳng tích và đoạn nhiệt. Theo nguyên lí 1 của NDLH, công  $A$  biến thành độ tăng nội năng:

$$A = \Delta U = nC_v \Delta T$$

$$C_v = \frac{5}{2} R = 20,8 \text{ J/mol} \cdot \text{K} ; A = mgh = 0,8 \cdot 100 \cdot 25 = 200 \text{ J}$$

$$\text{Vậy } \Delta T = \frac{A}{nC_v} = \frac{200}{0,447 \cdot 20,8} = 21,5 \text{ K}$$

$$T = 27 + 21,5 = 48,5^\circ\text{C}$$

61. Khi mở khóa K, khí trong bình giãn nở đoạn nhiệt và lạnh đi, áp suất của khí bằng áp suất khí quyển  $H$  ; sau đó



nó tăng dần nhiệt độ đến nhiệt độ ban đầu ở thể tích không đổi. Ta có:

- Trong quá trình thứ nhất:

$$T^\gamma p^{1-\gamma} = C^{te}$$

$$\frac{T_1}{T_0} = \left( \frac{H + dgh}{H} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \left( 1 + \frac{dgh}{H} \right)^{\frac{1}{\gamma} - 1}$$

$T_0, T_1$ , là nhiệt độ trước và ngay sau khi mở khóa ;  $H$  : áp suất khí quyển ;  $d$  : khối lượng riêng chất lỏng:

- Trong quá trình thứ hai :  $\frac{-P}{T} = hs$

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{H}{H + dgh'} = \frac{1}{1 + \frac{dgh'}{H}}$$

- Vì  $dgh, dgh'$  nhỏ so với  $H$ , có thể tích gần đúng theo công thức

$$(1 + \varepsilon)^n \approx 1 + n \varepsilon, \text{ suy ra}$$

$$1 + \frac{dgh}{H} \cdot \left( \frac{1}{\gamma} - 1 \right) = 1 - \frac{dgh'}{H} \text{ hay}$$

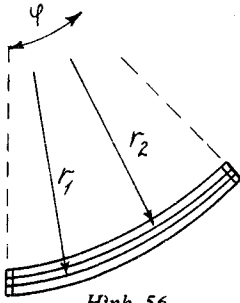
$$\gamma = \frac{h}{h - h'}$$

### III - CHẤT RẮN VÀ CHẤT LỎNG

62. Gọi  $r_1$  và  $r_2$  là các bán kính trung bình của băng đồng và băng sắt khi đã hơi nóng (Băng đồng ở ngoài vì đồng giãn nở nhiều hơn sắt) Gọi  $\varphi$  là góc chung của hai cung (H. 56)

Chiều dài của hai băng ở nhiệt độ  $t$  là : Băng đồng :

$$l_1 = l_0 (1 + \alpha t) = r_1 \varphi \quad \text{Băng sắt : } l_2 = l_0 (1 + \beta t) = r_2 \varphi$$



Hình 56

Ta suy ra:

$$\frac{1 + \alpha t}{r_1} = \frac{1 + \beta t}{r_2} = \frac{(\alpha - \beta)t}{r_1 - r_2} = A$$

$$r - r_2 = 3\text{mm}, A = \frac{(\alpha - \beta)t}{r_1 - r_2} = \frac{10^{-3}}{3}$$

$$r_1 = \frac{1 + \alpha t}{A} = \frac{3 \cdot 1,0034}{10^{-3}} \approx 3010 \text{ mm}$$

63. Khi nung nóng, băng vênh thành cung tròn, góc ở tâm là  $\varphi$ . Khi  $\varphi$  nhỏ,  $\text{tg } \varphi \approx \varphi \approx \sin \varphi$  do đó góc ở tâm lúc đầu

$$\text{là: } \varphi_0 \approx 2 \cdot \frac{h}{l_0} \approx \frac{1}{10} \text{ Rad}$$

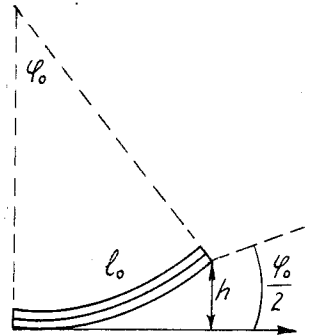
Băng không chạm vào mũi nhọn khi :  $\varphi \geq \varphi_0$

Gọi R là bán kính cong của băng ở nhiệt độ t và  $l_B$ ,  $l_s$  chiều dài của băng bạc và của băng sắt ở nhiệt độ t.

$$l_B = 20 \cdot \frac{1 + \alpha_B t}{1 + 27\alpha_B} = R\varphi$$

$$l_s = 20 \cdot \frac{1 + \alpha_s t}{1 + 27\alpha_s} = (R - 0,2)\varphi$$

$\alpha_s$ ,  $\alpha_B$  là các hệ số nở dài của sắt và bạc : suy ra ở trường hợp giới hạn  $\varphi = \varphi_0$ :



Hình 57

$$20 \cdot \frac{1 + \alpha_B t}{1 + 27\alpha_B} - 0,2 \cdot \frac{1}{10} = 20 \frac{1 + \alpha_s t}{1 + 27\alpha_s}$$

$$\text{hay } t \approx 277^\circ\text{C}$$

64. a) Gọi  $T_1$  là chu kì (sai) của con lắc ở  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ , bằng  $T = 1\text{s}$  chu kì đúng ở  $t^\circ\text{C}$ ; chạy nhanh nghĩa là  $T_1 < T$ . Khi đồng hồ đúng đã qua 86400 chu kì = 1 ngày thì đồng hồ chạy sai đã qua 86412 chu kì, vậy :



$$86400 T = 86412 T_1 \quad (1)$$

Gọi  $l_0$  là chiều dài con lắc ở  $0^\circ\text{C}$ , chiều dài ở  $t_1$  là  $l_1 = l_0 (1 + \alpha t_1)$ , chiều dài ở  $t$  là  $l = l_0 (1 + \alpha t)$

$$\text{Ta có : } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{g}} \sqrt{1 + \alpha t}$$

$$\text{và } T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{g}} \sqrt{1 + \alpha t_1} \text{ Mang vào} \quad (1)$$

$$86400 \sqrt{1 + \alpha t} = 86412 \sqrt{1 + \alpha t_1}$$

$$1 + \alpha t = \left(\frac{86412}{86400}\right)^2 (1 + \alpha t_1) \text{ Ta tính được } t \approx 46^\circ\text{C}$$

b) Khi đồng hồ đúng đã qua 86400 chu kì thì đồng hồ sai chỉ mới qua 86388 chu kì:

$$86400 T = 86388 T_1$$

Cũng lập luận như trên ta đi tới đáp số :  $t = 13,6^\circ\text{C}$

**65.** Gọi  $D$  là trọng lượng riêng của chất rắn và  $d$  là trọng lượng riêng của chất lỏng.

Ở  $0^\circ\text{C}$ , 98% chất rắn bị ngập có nghĩa là:

$$D_0 = 0,98 d_0 \quad (1)$$

Gọi  $V_0$  là thể tích của vật ở  $0^\circ\text{C}$ , thì thể tích ở  $t = 25^\circ\text{C}$  là  $V = V_0 (1 + 25\alpha)$  Nếu  $n$  là tỉ lệ phần ngập thì thể tích phần ngập là  $nV$ .

Trọng lượng riêng của chất lỏng ở  $t = 25^\circ\text{C}$  là:

$$d = \frac{d_0}{1 + \beta t}, \text{ của chất rắn là : } D = \frac{D_0}{1 + \alpha t}$$

$$\text{Ta có : } d = \frac{D_0}{0,98(1 + \beta t)} = \frac{D(1 + \alpha t)}{0,98(1 + \beta t)} \quad (2)$$

Khi vật nổi lực đẩy Acsimét  $nVd$  bằng trọng lượng  $VD$  của vật :  $nVd = VD$  Thay (2) vào ta có :



$$n = \frac{0,98(1 + \beta t)}{1 + \alpha t} = \frac{0,98 \cdot 1,0205}{1,00009} = 1, \text{ vật lơ lửng trong chất lỏng.}$$

Đó là vì chất lỏng giãn nở nhiều hơn chất rắn, trọng lượng riêng của nó giảm mạnh hơn trọng lượng riêng của chất rắn ; ở  $0^\circ\text{C}$  thì  $D_o < d_o$ , vật nổi ; nhưng ở  $25^\circ\text{C}$  thì  $D = d$ , vật lơ lửng.

66. Gọi  $V$  và  $W$  là thể tích của chất lỏng và dung tích của bình ở  $t^\circ$ ,  $V = W$ . Nếu  $V_o$  và  $W_o$  là các thể tích ấy ở  $0^\circ\text{C}$  thì:

$$V = V_o (1 + \beta t), \quad W = W_o (1 + 3 \alpha t) \quad \text{và}$$

$$V_o (1 + \beta t) = W_o (1 + 3 \alpha t) \quad (1)$$

Gọi  $d$  và  $d_o$  là khối lượng riêng của chất lỏng ở  $t^\circ$  và  $0^\circ\text{C}$

$$d = \frac{m}{V} = \frac{d_o}{1 + \beta t} \quad (2)$$

Ở nhiệt độ  $t_1$ , bình có dung tích :  $W_1 = W_o (1 + 3\alpha t_1)$  đó cũng là thể tích của khối lượng  $m_1$  chất lỏng,  $m_1 = 76\text{kg}$ . Khối lượng riêng của chất lỏng ở  $t_1$  là :

$$d_1 = \frac{m_1}{W_1} = \frac{m_1}{W_o(1 + 3\alpha t_1)}$$

Thay  $W_o$  bằng giá trị rút từ (1) ta có:

$$d_1 = \frac{m_1(1 + 3\alpha t)}{V_o(1 + 3\alpha t_1)(1 + \beta t)} \quad (3)$$

$$\text{Mặt khác, } d_1 = \frac{d_o}{1 + \beta t_1} = \frac{m(1 + \beta t)}{V(1 + \beta t_1)} = \frac{m}{V_o(1 + \beta t_1)} \quad (4)$$

Cân bằng (3) và (4) ta có:

$$\frac{m_1(1 + 3\alpha t)}{(1 + 3\alpha t_1)(1 + \beta t)} = \frac{m}{(1 + \beta t_1)}$$

Làm tính và bỏ qua các số hạng chứa  $\alpha\beta$  vì quá nhỏ ta có phương trình:

$$m_1(1 + \beta t_1 + 3 \alpha t) = m(1 + \beta t + 3 \alpha t_1)$$



$$\text{Suy ra : } \beta = \frac{m - m_1 + 3\alpha(mt_1 - m_1t)}{m_1t_1 - mt}$$

Thay số ta tính được :  $\beta \approx 7.10^{-4} \text{ K}^{-1}$

( $\beta > 3\alpha$ , chất lỏng giãn nở nhiều hơn bình nên mới tràn ra)

**67.** Gọi  $t$  là nhiệt độ của hỗn hợp. Chắc chắn  $t_1 > t > t_3$ , nhưng so với  $t_2$  thì có hai khả năng:

1)  $t_2 > t$ , nghĩa là  $m_1$  và  $m_2$  truyền nhiệt cho  $m_3$ :

$$m_1(t_1 - t) + m_2(t_2 - t) = m_3(t - t_3) \quad (1)$$

2)  $t_2 < t$ , nghĩa là  $m_1$  truyền nhiệt cho  $m_2$  và  $m_3$ :

$$m_1(t_1 - t) = m_2(t - t_2) + m_3(t - t_3) \quad (2)$$

Cả hai trường hợp đều tuân theo phương trình:

$$m_1(t_1 - t) + m_2(t_2 - t) + m_3(t_3 - t) = 0 \quad (3)$$

$$\text{Ta suy ra } t = \frac{m_1t_1 + m_2t_2 + m_3t_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

Khối lượng riêng của nước ở  $4^\circ\text{C}$  bằng khối lượng  $d_0$  của  $V_0 = 1\text{m}^3$  nước. Ở nhiệt độ  $t^\circ\text{C}$  khối lượng nước này có thể tích  $V = V_0 [1 + \beta(t - 4)]$ , vậy khối lượng riêng của nước ở  $t^\circ\text{C}$  là:

$$d = \frac{d_0}{1 + \beta(t - 4)}$$

$$\text{Áp dụng bằng số : } t = \frac{3000 + 1200 + 400}{100} = 46^\circ\text{C}$$

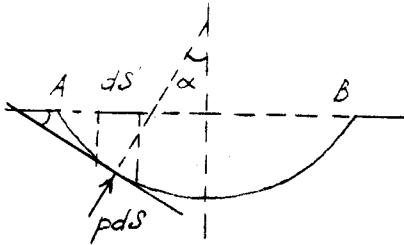
$$1 + \beta(t - 4) = 1,00756 ; d = \frac{10^3}{1,00756} \approx 992,5 \text{ kg/m}^3$$

**68.** Mỗi giọt nước có khối lượng  $m = 0,01 \text{ g}$ . Khi sắp rơi, trọng lượng  $mg$  của giọt cân bằng với lực do hệ số căng mặt ngoài sinh ra dọc chu vi miệng ống:

$$mg = c \pi d$$

$$c = \frac{mg}{\pi d} = \frac{9,8 \cdot 10^{-5}}{1,256 \cdot 10^{-3}} = 0,078 \text{ N m}$$

69. Kim bôi mỡ thì nước không dính ướt kim và lõm xuống thành mặt trụ. Có áp suất phụ  $p = \frac{2c}{d}$ . Các thành phần



Hình 58

nằm ngang của áp suất phụ triệt tiêu nhau, các thành phần thẳng đứng tổng hợp lại thành lực nâng  $F$ . Xét diện tích nguyên tố  $dS$  của mặt trụ, chịu áp lực  $p dS$  có thành phần thẳng đứng là

$p dS \cos \alpha$  (H. 58),  $dS \cos \alpha$  là hình chiếu  $dS'$  xuống  $AB$  của  $dS$ .

$F = \sum p dS \cos \alpha = \sum p dS' = p S'$ ,  $S'$  là diện tích của mặt phẳng  $AB$ .  $F$  cực đại khi  $S'$  cực đại nghĩa là khi  $AB$  đi qua trục của kim hình trụ. Nếu chiều dài của kim là  $l$  thì  $S'_{\max} = l d$

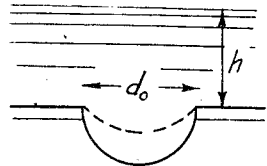
$F_{\max} = p l d = 2 c l$  Lực nâng này cân bằng với trọng lượng của kim có đường kính  $d_{\max}$

$$2 c l = \frac{d_{\max}^2}{4} \pi l m_0 g$$

Ta suy ra  $d_{\max} = 2 \sqrt{\frac{2c}{\pi m_0 g}}$

Thay số :  $d_{\max} = 1,56 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,56 \text{ mm}$

70. Thủy ngân tạo thành mặt cầu ở lỗ thủng, áp suất phụ  $p = \frac{4c}{d}$ ,  $d$  là đường kính mặt cầu, cân bằng với áp suất thủy tĩnh  $m_0 g h$ ,  $h$  là độ cao của mặt thoáng so với đáy, nhờ vậy thủy ngân không chảy



Hình 59

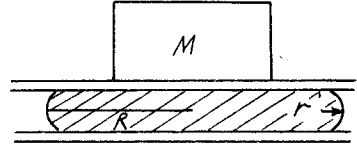


qua lỗ. Có thể cho rằng giới hạn bên của mặt cầu này là khi đường kính của nó bằng đường kính của lỗ (H. 59)

$$\frac{4c}{d_0} = m_0 g h_{\max}; h_{\max} = \frac{4c}{d_0 m_0 g}$$

$$\text{Thay số ta có: } h_{\max} = \frac{4 \cdot 0,465}{10^{-4} \cdot 13,6 \cdot 10^4} = 0,137\text{m} = 13,7\text{cm}$$

71. Có thể cho rằng mép của vết Hg có dạng máng tiết diện hình nửa đường tròn với bán kính  $r$ . Để tính  $r$ , ta tính thể tích của vết Hg theo hai cách:



Hình 60

$V = \frac{1}{13,6} = 0,0735 \text{ cm}^3$ , và  $V$  là thể tích của hình trụ có diện tích đáy  $S = \pi R^2$  và chiều cao  $2r$ ,  $V = 2\pi R^2 r$ . Suy ra:

$$r = 4,68 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 4,68 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Trọng lượng quả nặng cân bằng với áp lực  $pS$  của Hg,  $p$  là áp suất trong vết Hg.  $p$  cũng là áp suất phụ ở mép có giá trị  $p = c \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)$  vì  $R$  và  $r$  chính là các bán kính cong của mặt hình máng (H. 60). Ta có phương trình:

$$Mg = c \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) \pi R^2. \text{ Thay số: } Mg = 784\text{N}$$

$$S = \pi R^2 = 78,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2; \frac{1}{R} + \frac{1}{r} = 213700$$

$$\text{Rút ra: } c = 0,467 \text{ N/m}$$

72. Khi hai giọt Hg tiếp xúc, khuynh hướng giảm mặt ngoài làm chúng trở thành một giọt. Thật vậy hai giọt có diện tích mặt ngoài  $S = 8\pi r^2 = 6,28\text{mm}^2$ . Giọt lớn có diện tích mặt ngoài  $s = 4\pi R^2$ . Điều kiện thể tích không đổi cho phép ta tính  $R$ :  
 $V = \frac{8}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi R^3 \rightarrow R = r\sqrt[3]{2} = 0,5 \cdot 1,26 = 0,63\text{mm}$





$$s = 4,98\text{mm}^2. \text{ Độ giảm diện tích } \Delta S = 1,3\text{mm}^2$$

Năng lượng mặt ngoài giảm một lượng  $E = c\Delta S$ . Vì không có truyền nhiệt cho môi trường ngoài và hệ cũng không sinh công (thể tích không đổi) nên  $E$  chuyển thành nội năng của hệ, nghĩa là làm nhiệt độ tăng một lượng  $\Delta t$ . Ta có:

$$E = c\Delta S = aM\Delta t$$

$M$  là khối lượng thủy ngân  $M = m_0 V = 14,24 \cdot 10^{-6}\text{kg}$

$c = 0,47\text{N/m} = 0,47\text{J/m}^2$ . Ta tính được:

$$E = 0,47 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} = 0,61 \cdot 10^{-6}\text{J}$$

$$\Delta t = \frac{0,61 \cdot 10^{-6}}{138 \cdot 14,24 \cdot 10^{-6}} \approx 3 \cdot 10^{-4}\text{K}$$

**73.** Gọi  $p'$  là áp suất trong ống

$p$  là áp suất khí quyển

$l$  là chiều dài ống

$x$  là độ cao của nước trong ống

$$\text{Ta có : } pl = p'(l - x) \quad (1)$$

$$p' = \frac{2c}{R} + dgx = p \quad (2)$$

$$\text{Suy ra : } -dgx^2 + x(dgl + \frac{2c}{R} + p) - \frac{2cl}{R} = 0$$

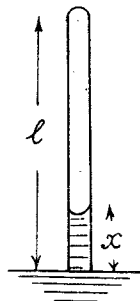
với :  $d = 1000 \text{ kg/m}^3$  ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$l = 0,2\text{m}, R = 5 \cdot 10^{-4}\text{m}, p = 10^5 \text{ N/m}^2$$

Giải phương trình và bỏ nghiệm không thích hợp ( $> 0,2$ ) ta được:

$$x = 0,76\text{mm} \quad 0,58\text{mm} \quad 0,57$$

**74.** Gọi  $n_0$  là mật độ phân tử của không khí ở ngoài bình. Nếu  $V_0$  là thể tích một mol không khí ở áp suất  $p_0$  và nhiệt độ  $T = 27 + 273 = 300\text{K}$  thì :



Hình 61



$$n_0 = \frac{N_A}{V_0} = \frac{N_A p_0}{RT} = 2,414 \cdot 10^{25} \frac{1}{\text{m}^3}$$

Vì mật độ tỉ lệ với áp suất ( $p = nkT$ ) nên mật độ ứng với áp suất  $10^{-3}\text{Pa}$  không đáng kể. Mật độ 1 giờ sau khi đóng khóa (ứng với áp suất  $10 \text{ Pa} = p_0 \cdot 10^{-4}$ ) là

$$n'_0 = n_0 \cdot 10^{-4} = 2,414 \cdot 10^{21} \frac{1}{\text{m}^3}$$

Lúc ấy trong bình có  $n = n'_0 V = 6,035 \cdot 10^9$  phân tử ( $V = 0,025\text{m}^3$ ). Có số phân tử này là do các phân tử ở ngoài lọt vào (số ở trong đi ra không đáng kể vì mật độ ở trong rất thấp). Phân tích các phân tử chuyển động hỗn loạn thành 3 nhóm bay theo 3 trục vuông góc, chỉ có 1/2 nhóm bay theo hướng đi vào bình là lọt vào. Số lọt vào trong 1 giây bằng 1/6 số phân tử trong hình trụ có đáy là diện tích lỗ rò và chiều dài bằng vận tốc trung bình của phân tử, nghĩa là bằng  $\frac{1}{6} \pi r^2 \bar{v} n'_0$ ,  $r$  là bán kính lỗ rò. Số lọt vào sau 1 giờ

là  $n = \frac{3600}{6} \pi r^2 \bar{v} n'_0$ . Thay các giá trị đã biết của  $n$ ,  $\bar{v}$  và  $n'_0$  ta tính được :  $r \approx 1,8 \cdot 10^{-6}\text{m}$

Khi thả bình xuống nước sát mặt nước, điều kiện để khí sủi lên được là áp suất  $p$  trong bình phải thắng áp suất phụ của mặt cong hình cầu bán kính  $r$  và áp suất khí quyển:

$$p \geq \frac{2c}{r} + p_0 \text{ Suy ra : } p \geq 1,8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

**75.** Khi nước đứng cân bằng trong ống, ống phải có đầu nhỏ ở trên, đầu to ở dưới, để hiệu các áp suất phụ gây bởi hai mặt cong cân bằng với áp suất thủy tĩnh của cột nước :

$$2c \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = dgl \cos \alpha (r_1 < r_2)$$

$l$  là chiều dài của đoạn nước :

$$\text{Vậy } \cos \alpha = \frac{2c}{dgl} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$



$\alpha$  nhỏ nhất khi  $l$  bé nhất, nước nằm gần toàn bộ trong ống to:

$$l_{\min} \approx \frac{M}{d\pi r_2^2}$$

$$\cos\alpha_{\min} = \frac{2\pi r_2 c}{gM} \left( \frac{r_2}{r_1} - 1 \right)$$

76. a) Áp suất trong hai bọt khí là:

$$p_1 = H + \frac{4c}{R_1}, p_2 = H + \frac{4c}{R_2}$$

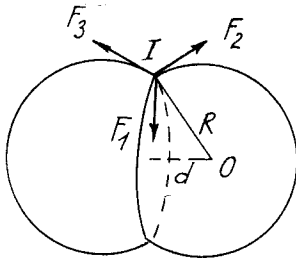
(lớp xà phòng giới hạn bởi hai mặt cầu nên áp suất phụ trong bọt gấp đôi áp suất phụ do một mặt cầu gây ra,  $c$  là hệ số căng mặt ngoài của nước xà phòng)

Nếu  $R_2 < R_1$  thì  $p_2 > p_1$ ,  $p_2 - p_1$  là áp suất phụ do mặt phân cách hai bọt gây ra, mặt này có bán kính cong  $R_{12}$

$$\frac{4c}{R_{12}} = p_2 - p_1 = 4c \left( \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right)$$

$$\text{Suy ra : } R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2}$$

b) Nếu  $R_1 = R_2 = R$  thì mặt phân cách là mặt phẳng. Mỗi đơn vị dài của chu vi mặt phân cách chịu 3 lực căng đều bằng  $c$ . Ba lực này cân bằng vậy chúng đồng phẳng và từng đôi làm với nhau góc  $120^\circ$  (H. 62).  $F_2$  vuông góc với bán kính  $IO$ , vậy góc  $F_1 IO$  bằng  $30^\circ$  và  $d = R/2$



Hình 62

Dựa vào công thức đã cho, ta tính được thể tích hai bọt dính vào nhau:

$$V = \frac{9}{4} \pi R^3$$

Áp suất không khí trong bọt xấp xỉ bằng áp suất khí quyển nên thể tích



không đổi khi tạo thành một bọt mới có bán kính  $r$ . Suy ra

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = V \text{ và } r = \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{R}{\rho}}$$

#### IV - BIẾN ĐỔI TRẠNG THÁI

77. Ở  $22^\circ\text{C} = 295\text{K}$  độ ẩm là 60% có nghĩa là áp suất hơi nước trong không khí là  $p = 0,6 \cdot 2,6 \cdot 10^3 = 1560\text{Pa}$ . Coi hơi nước như khí lí tưởng, ta tính khối lượng riêng của hơi ấy theo công thức:

$$\frac{m}{V} = d_1 = \frac{p\mu}{RT_1} = \frac{1560 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 295} = 11,45 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

Ở  $10^\circ\text{C} = 283\text{K}$  khối lượng riêng của hơi nước bão hòa cũng tính được bằng công thức tương tự:

$$d_{bh} = \frac{P_2\mu}{RT_2} = \frac{1200 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 283} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

Vậy khối lượng hơi nước ngưng tụ trong  $1\text{m}^3$  là:

$$d_1 - d_{bh} = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 = 2,25 \text{ g/m}^3$$

78. a) Khối lượng riêng hơi bão hòa ở  $T = 20 + 273 = 293\text{K}$  là:

$$d_{bh} = \frac{2300 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 293} = 0,017 \text{ kg/m}^3$$

Độ ẩm 50% có nghĩa là khối lượng riêng của hơi nước là:

$$d_n = 0,5 \cdot 0,017 = 0,0085 \text{ kg/m}^3$$

Đó cũng là lượng hơi nước cần tạo thêm trong  $1\text{m}^3$  để có độ ẩm 100%. Vậy lượng nước cần đun thành hơi:



$$m = V d_n = 60 \cdot 0,0085 = 0,51 \text{ kg nước}$$

b) Khối lượng không khí ẩm là tổng của khối lượng không khí khô và khối lượng hơi nước.

1) Khi độ ẩm là 50%, áp suất  $p_n$  của hơi nước bằng  $\frac{1}{2}$  áp suất hơi bão hòa:

$$p_n = 0,5 \cdot 2300 = 1150 \text{ Pa}$$

Theo định luật Dalton, áp suất trong phòng  $p_o$  bằng tổng các áp suất của không khí khô  $p_k$  và áp suất hơi nước  $p_n$ :

$$p_o = p_k + p_n$$

$$p_k = 10^5 - 1150 = 98850 \text{ Pa}$$

$$\text{khối lượng riêng của không khí khô : } d_k = \frac{98850 \cdot 0,029}{8,31 \cdot 293} = 1,177 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Khối lượng riêng của không khí ẩm : } d = d_k + d_n = 1,186 \text{ kg/m}^3$$

Khối lượng không khí ẩm trong phòng là:

$$m_o = 1,186 \cdot 60 = 71,16 \text{ kg}$$

2) Ở trên, khi độ ẩm là 100% ta đã thấy rằng khối lượng riêng hơi bão hòa là  $d_{bh}$ , khối lượng riêng không khí khô là  $d_k$ , vậy khối lượng riêng không khí ẩm bão hòa là:

$$d = d_{bh} + d_k = 0,017 + 1,177 = 1,194 \text{ kg/m}^3$$

Khối lượng toàn bộ không khí ẩm bão hòa là:

$$m = 1,194 \cdot 60 = 71,64 \text{ kg}$$

Phương trình trạng thái  $pV = \frac{m}{\mu} RT$  cho thấy  $p$  tỉ lệ với  $m$  ( $\mu$  của không khí ẩm biến đổi không đáng kể)

$$\frac{p}{p_o} = \frac{m}{m_o}, p = \frac{71,64}{71,16} \cdot 10^5 = 1,0067 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$



c) Nếu áp suất toàn phần là  $p_o$  mà áp suất hơi nước là áp suất bão hòa  $p_{bh}$  thì áp suất không khí khô là:

$$p'_k = p_o - p_{bh} = 10^5 - 2300 = 97700 \text{ Pa}$$

khối lượng riêng của không khí khô là:

$$d'_k = \frac{97700 \cdot 0,029}{8,31 \cdot 293} = 1,164 \text{ kg/m}^3$$

khối lượng riêng của không khí ẩm là:

$$d'_k + d_{bh} = 1,164 + 0,017 = 1,181 \text{ kg/m}^3$$

khối lượng không khí ẩm là:

$$m' = 1,181 \cdot 60 = 70,86 \text{ kg} < m_o$$

Độ ẩm cao hơn, nhưng khối lượng không khí ẩm lại bé hơn. Đó

là vì  $n = \frac{p_o}{kT}$ , mật độ phân tử không đổi, nhưng một số phân tử không khí đã được thay thế bằng phân tử hơi nước nhẹ hơn.

$$\mu \text{ (hơi nước)} = 0,018 \text{ kg/mol} < \mu \text{ (không khí)} = 0,029 \text{ kg/mol}$$

**79.** Người ấy bước vào phòng thì kính còn giữ nhiệt độ  $t_1$  làm cho lớp không khí tiếp xúc cũng có nhiệt độ ấy. Không có ngưng tụ nếu độ ẩm của lớp không khí ấy nhỏ hơn 100%, nghĩa là  $d < d_1$  (1)

$d$  là khối lượng riêng hơi nước sẵn có trong phòng

$d_1$  là khối lượng riêng hơi nước bão hòa ở  $T_1 = 10 + 273 = 283 \text{ K}$

$d_1 = \frac{p_1 \mu}{RT_1}$  (2). Ta tính  $d$ . Phòng có nhiệt độ  $T_2 = 293 \text{ K}$  ứng

với áp suất hơi nước bão hòa  $p_2$  tức là khối lượng riêng hơi

nước bão hòa  $d_2 = \frac{p_2 \mu}{RT_2}$ . Nếu  $A$  là độ ẩm sẵn có thì khối lượng



riêng hơi nước sẵn có là  $d = Ad_2 = \frac{Ap_2^\mu}{RT_2}$  (3). Thay (2) và (3) vào (1):

$$\frac{Ap_2^\mu}{RT_2} < \frac{p_1^\mu}{RT_1}$$

$$\text{Rút ra } A < \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{1200 \cdot 293}{2300 \cdot 283} \longrightarrow A < 54\%$$

80. Khối lượng riêng của hơi nước bão hòa ở  $T_1 = 293\text{K}$  là:

$$d_1 = \frac{p_1^\mu}{RT_1} = \frac{2300 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 293} = 0,017 \text{ kg/m}^3$$

khối lượng riêng của hơi nước trong đám mây là:

$$d = 0,8 \cdot 0,017 = 0,0136 \text{ kg/m}^3$$

Nếu nhiệt độ tụt xuống  $T_2 = 278\text{K}$  thì hơi nước bão hòa có khối lượng riêng:

$$d_2 = \frac{p_2^\mu}{RT} = \frac{870 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 278} = 0,0068 \text{ kg/m}^3$$

Vậy trong mỗi  $\text{m}^3$  lượng nước ngưng tụ rơi xuống là:

$$0,0136 - 0,0068 = 0,0068 \text{ kg/m}^3$$

Mỗi  $\text{m}^2$  trên mặt đất ứng với  $1\text{m}^2 \cdot 5\text{km} = 5000\text{m}^3$  mây, trút xuống  $0,0068 \cdot 5000 = 34\text{kg}$  nước, tạo thành lớp nước dày:

$$\frac{34 \text{ dm}^3}{10^2 \text{ dm}^2} = 0,34\text{dm}$$

81. Áp suất hơi nước trong khí quyển là:

$$p_1 = 0,8 \cdot 7400 = 5920\text{Pa}$$

Khối lượng riêng của hơi ấy (ở nhiệt độ  $T_1 = 313\text{K}$ ) là:

$$d_1 = \frac{5920 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 313} = 0,041 \text{ kg/m}^3$$



Ở máy, không khí có nhiệt độ  $T_2 = 278\text{K}$  nên khối lượng riêng của hơi nước tối đa bằng khối lượng riêng của hơi bão hòa ở  $T_2$ :

$$d_2 = \frac{870 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 278} = 0,0068 \text{ kg/m}^3$$

Lượng nước ngưng tụ trong  $1\text{m}^3$  là:

$$0,041 - 0,0068 = 0,034 \text{ kg/m}^3$$

Lượng nước ngưng tụ mỗi giây ở máy là:

$$0,034 \cdot 3 = 0,102\text{kg}$$

Sau một thời gian không khí trong phòng là không khí đã đi qua máy, nghĩa là có hơi nước với khối lượng riêng  $d_2 = 0,0068 \text{ kg/m}^3$

Ở nhiệt độ  $T_3 = 298\text{K}$ , khối lượng riêng hơi nước bão hòa là:

$$d_3 = \frac{3190 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 298} = 0,023 \text{ kg/m}^3$$

Vây độ ẩm trong phòng là:

$$\frac{d_2}{d_3} = \frac{0,0068}{0,023} = 29,6\%$$

82.  $18\text{g H}_2\text{O} = 1\text{mol}$  ;  $T = 100 + 273 = 373\text{K}$

$14\text{g N}_2 = 0,5\text{mol}$  ;  $V = 20\text{l} = 0,020\text{m}^3$

1) Nếu nước bay hơi toàn bộ và chiếm toàn bộ 20l thì áp suất là:

$$p = \frac{RT}{V} = \frac{8,31 \cdot 373}{0,020} = 154980\text{Pa} > 10^5\text{Pa}$$

Nước không thể bay hơi hết ; Áp suất ở A phải bằng  $10^5\text{Pa}$  nếu nước bay hơi một phần, hoặc lớn hơn  $10^5\text{Pa}$  khi nước ở thể lỏng ( $V_A \approx 0$ ).

+ Nếu thể tích phần B chiếm toàn bộ 20l thì áp suất là :





$$p = 0,5 \cdot \frac{RT}{V} = 77490\text{Pa} < 10^5\text{Pa}$$

do đó phải có một phần nước bay hơi và:

$$p_A = p_B = 10^5\text{Pa}$$

$$\text{Suy ra : } V_B = 0,5 \frac{RT}{10^5} = 0,0155\text{m}^3 \approx 15,5 \text{ lit}$$

$$V_A = 4,5\text{l}$$

+ Nếu vách ngăn bị thủng, thì trong bình có hỗn hợp  $N_2$  và hơi nước bão hòa:

$$\begin{aligned} p_A = p_B &= 100000 + 77490 \\ &= 177490\text{Pa} \approx 177500\text{Pa} \end{aligned}$$

83. Gọi  $m$  là khối lượng nước trong bình.  $0,127\text{m}$  nước lỏng bay hơi thu một lượng nhiệt bằng  $0,127\text{mL}$ ,  $L$  là nhiệt bay hơi. Bình cách nhiệt nên lượng nhiệt này là do phần nước kia, có khối lượng  $0,873\text{m}$ , cung cấp. Nhiệt tỏa ra khi nước đông đặc cũng bằng nhiệt nó thu khi nóng chảy. Vậy  $0,873\text{m}$  nước lỏng đông đặc đã cung cấp  $0,873 \cdot 330\text{m}$  (kJ). Ta có:

$$0,873 \cdot 330 \text{ m} = 0,127 \text{ m} \cdot L. \text{ Suy ra:}$$

$$L = 2270 \text{ kJ/kg}$$

84. Gọi  $x$  là nhiệt độ cuối cùng trong bình.  $0,2\text{kg}$  hơi nước từ  $150^\circ\text{C}$  xuống  $100^\circ\text{C}$  tỏa ra nhiệt bằng:

$$0,2 \cdot 50 \cdot 1,97 = 19,7\text{kJ}$$

sau đó ngưng tụ thành nước và tỏa ra nhiệt bằng:

$$0,2 \cdot 2260 = 452\text{kJ}$$

rồi từ  $100^\circ\text{C}$  xuống  $x^\circ\text{C}$  và tỏa ra:

$$0,2(100 - x)4,19 = 83,8 - 0,838x \text{ (kJ)}$$



Tổng cộng nhiệt lượng tỏa ra là :  $555,5 - 0,838x$  (kJ). Ta tính nhiệt lượng thu vào:

0,5 kg nước đá tan thành nước ở  $0^{\circ}\text{C}$  thu vào:

$$0,5 \cdot 330 = 165 \text{ kJ}$$

Cộng với 2 kg nước sẵn có, ta có 2,5 kg nước ở  $0^{\circ}\text{C}$ , nóng lên  $x^{\circ}\text{C}$ , nó thu:

$$2,5 \cdot 4,19x = 10,475x \text{ (kJ)}$$

Bình chứa từ  $0^{\circ}\text{C}$  lên  $x^{\circ}\text{C}$  cũng thu  $0,63x$  (kJ)

Tổng cộng nhiệt lượng thu là :  $165 + 11,1x$

Phương trình cân bằng nhiệt:

$$555,5 - 0,838x = 165 + 11,1x$$

cho ta  $x \approx 33^{\circ}$  (trong bình có 2,7 kg nước ở nhiệt độ này)

**85.** Gọi  $x$  là nhiệt độ cuối cùng của hệ. Thành phần của hệ phụ thuộc giá trị của  $x$ . Ta hãy giả thiết  $x < 100^{\circ}\text{C}$

200 kg chì đông đặc ở  $327^{\circ}\text{C}$  tỏa ra nhiệt bằng:

$$200 \cdot 21 = 4200 \text{ kJ}$$

Ngội từ  $327^{\circ}\text{C}$  xuống  $x^{\circ}\text{C}$  nó tỏa ra:

$$200 (327 - x) 0,125 = 8175 - 25x \text{ (kJ)}$$

Tổng cộng nhiệt tỏa ra là  $12375 - 25x$  (kJ)

Nhiệt này làm 1 kg nước đá nóng chảy (thu 330 kJ) và làm 21 kg nước từ  $0^{\circ}\text{C}$  nóng lên  $x^{\circ}\text{C}$ , thu

$$21 \cdot 4,19x = 88x \text{ kJ}$$

Tổng cộng nhiệt thu vào là :  $330 + 88x$  (kJ)

phương trình cân bằng nhiệt:

$$12375 - 25x = 330 + 88x$$



cho là :  $x = 106$ , như vậy giả thiết của ta không đúng.

Ta nêu giả thiết mới :  $x = 100^\circ\text{C}$

Để dàng tính được nhiệt do chỉ tỏa ra là  $9875 \text{ kJ}$  ;  $21 \text{ kg}$  nước từ  $0^\circ\text{C}$  lên  $100^\circ\text{C}$  thu  $8800 \text{ kJ}$ , cộng với  $330 \text{ kJ}$  làm nước đá tan, thành  $9130 \text{ kJ}$ . Như vậy vẫn còn  $9875 - 9130 = 745 \text{ kJ}$ . Nhiệt này làm cho  $\frac{745}{2260} \approx 0,33 \text{ kg}$  nước hóa hơi, vẫn ở  $100^\circ\text{C}$ .

Vậy cuối cùng hệ bao gồm  $200 \text{ kg}$  chỉ đặc,  $21 - 0,33 = 20,67 \text{ kg}$  nước và  $0,33 \text{ kg}$  hơi nước, tất cả ở nhiệt độ  $100^\circ\text{C}$ .

86. Các quá trình vật lí đã xảy ra theo trình tự thời gian:

0 - 1 phút (OM) : sưởi nóng nước đá và chất rắn A

1 - 2ph 40s (MN) : chất rắn A nóng chảy

2ph 40s - 4 phút (NP) : sưởi nóng nước đá và chất lỏng A

Trên 4 phút (PQ) : nước đá tan.

Gọi Q : công suất bếp sưởi

$L_A$  : nhiệt nóng chảy của chất A

$c_L$  : nhiệt dung riêng chất A ở thể lỏng

Ta có:

$$\text{OM} \rightarrow (c_d + c) (-20 + 40) = 60 Q$$

$$\text{MN} \rightarrow 100 Q = L_A$$

$$\text{NP} \rightarrow 80 Q = (c_d + c_L) (0 + 20)$$

Suy ra :  $Q = 1 \text{ kW}$

$$L_A = 10^5 \text{ J/kg}$$

$$c_L = 2 \cdot 10^3 \text{ kg K}$$



## V - ĐỘNG CƠ NHIỆT

87. Cho rằng chu trình của tuabin hơi nước rất gần với chu trình Carnot, hiệu suất là :

$$h = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0,425 = \frac{A}{Q_1}$$

Để sản xuất 1 kW h điện cần 1 công:

$$W = \frac{3600 \cdot 100}{90} = 4000 \text{kJ}$$

Nhiệt lượng tương ứng phải lấy từ than là:

$$Q = \frac{W}{h} \cdot \frac{100}{70} = 13445 \text{ kJ}$$

Lượng than tiêu thụ là :

$$M = 0,56 \text{ kg/ kWh}$$

88. a) Nhiệt mà máy lấy từ nguồn nóng trong 1 giờ là

$$Q_1 = 180 \cdot 2,55 \cdot 10^3 \text{ kJ} = 459000 \text{ kJ.}$$

Công sinh ra (trong 1 giờ) :  $A = 11 \cdot 3600 = 39600 \text{ kJ}$

Nhiệt truyền cho buồng ngưng (hao phí):

$$Q_2 = Q_1 - A = 419400 \text{ kJ}$$

$$\text{Hiệu suất : } h = \frac{A}{Q_1} = \frac{39600}{459000} = 0,086 = 8,6\%$$

b) Nhiệt độ tuyệt đối của nôi hơi là :  $T_1 = 273 + 180 = 453 \text{ K}$   
 của buồng ngưng là :  $T_2 = 273 + 50 = 323 \text{ K}$



$$\text{Hiệu suất lí tưởng : } h_{\text{lt}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{130}{453} = 28,7\% = 3,34 \text{ h}$$

$$\text{Mật khác : } h_{\text{lt}} = \frac{Q'_1 - Q'_2}{Q'_1} = \frac{A}{Q'_1}$$

$$\text{Nhiệt lấy từ nguồn nóng : } Q'_1 = \frac{A}{h_{\text{lt}}} = \frac{39600}{0,287} = 138 \cdot 10^3 \text{ kJ}$$

$$\left( Q'_1 = \frac{Q_1}{3,34} \right)$$

$$\text{Nhiệt hao phí } Q'_2 = Q'_1 - A = 98400 \text{ kJ}$$

$$\text{Lượng hơi cần trong 1 giờ : } m = \frac{138}{2,55} \approx 54 \text{ kg}$$

**89. a)** Cứ mỗi vòng quay của bánh đà, thể tích hơi nạp vào xi lanh là  $2 \cdot 0,4 \cdot 0,2 = 0,16 \text{ m}^3$

Mỗi giờ bánh đà quay  $70 \cdot 60 = 4200$  vòng, thể tích hơi là  $0,16 \cdot 4200 = 672 \text{ m}^3$ , có khối lượng  $3,66 \cdot 672 = 2460 \text{ kg}$ . Đó cũng là khối lượng nước tiêu thụ mỗi giờ (tiêu thụ hiểu theo nghĩa là biến đổi thành hơi, nước đi theo chu trình kín nên về nguyên tắc thì không mất mát).

b) Mỗi giây có  $\frac{2460}{3600} = 0,683 \text{ kg}$  nước rút từ buồng ngưng đưa sang là để nâng lên nhiệt độ  $165^\circ\text{C}$  (vẫn là nước vì áp suất cao) rồi hóa hơi ở nhiệt độ đó. Lượng nhiệt tốn để hóa hơi  $0,683 \text{ kg}$  nước của buồng ngưng là:

$$Q_1 = 0,683 [4,19 (165 - 45) + 2050] = 1743 \text{ kJ}$$

Công sinh ra :  $A = 150 \text{ kJ}$ . Hiệu suất thực:

$$h = \frac{150}{1743} = 0,086 = 8,6\%$$



$$c) T_1 = 273 + 165 = 438 \text{ K} ; T_2 = 273 + 45 = 318 \text{ K}$$

$$\text{Hiệu suất lí tưởng } h_{lt} = \frac{438 - 318}{438} = 27,4\%$$

$$90. h = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \text{ sẽ tăng nếu } \frac{Q_2}{Q_1} \text{ giảm. Vậy}$$

- nếu cả  $Q_1, Q_2$  đều tăng thì  $Q_1$  phải tăng nhiều hơn, nghĩa là  $a > b$

- nếu cả  $Q_1, Q_2$  đều giảm thì  $Q_1$  phải giảm ít hơn nghĩa là  $a < b$

-  $Q_2$  giảm,  $Q_1$  tăng

Áp dụng bằng số:

a)  $Q_1$  và  $Q_2$  tăng nhưng  $Q_1$  tăng ít hơn:

$$h' = 1 - \frac{1,2Q_2}{1,1Q_1} = 1 - 1,09 \frac{Q_2}{Q_1}$$

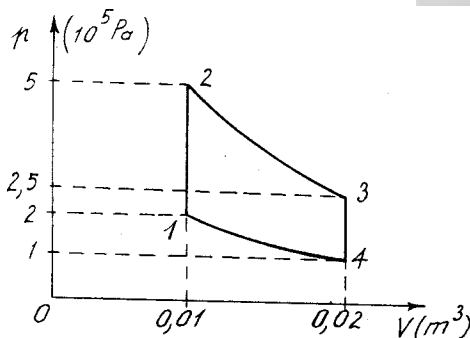
Hiệu suất ban đầu  $h = 0,5$  có nghĩa là :  $\frac{Q_2}{Q_1} = 0,5$ , vậy

$$h' = 1 - 1,09 \cdot 0,5 = 0,45 < h$$

$$b) h' = 1 - \frac{0,8Q_2}{1,1Q_1} = 1 - 0,73 \cdot 0,5 = 0,64 > h$$

91. a) Gọi số 2 là trạng thái có áp suất lớn nhất. Ta đã

$$\text{biết : } p_2 = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa, } V_2 = 0,01 \text{ m}^3, \text{ vậy : } T_2 = \frac{p_2 V_2}{R} = \\ = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 0,01}{8,31} = 602\text{K.}$$



Hình 63

Đã biết :  $T_3 = T_2$ ,  
 $V_3 = 0,02 \text{ m}^3$ ,  
 Vậy :  $p_3 = \frac{RT_3}{V_3} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Tương tự :

$$T_4 = \frac{p_4 V_4}{R} = \frac{10^5 \cdot 0,02}{8,31} = 240\text{K}$$

$$p_1 = \frac{RT_4}{V_1} = \frac{8,31 \cdot 240}{0,01} = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Đồ thị p-V được vẽ trong hình 63

b) Công sinh ra A bằng công trong quá trình đẳng nhiệt

$$2 - 3 \quad (A_1 = RT_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = 8,31 \cdot 602 \cdot \ln 2 \rightarrow A_1 = 3467 \text{ J}) \text{ trừ}$$

$$\text{đi công trong quá trình đẳng nhiệt } 4 - 1 \quad (A_2 = RT_4 \ln \frac{V_4}{V_1} = 8,31 \cdot 240 \cdot \ln 2 = 1382 \text{ J})$$

$$\text{Vậy : } A = 3467 - 1382 = 2085 \text{ J}$$

Về trao đổi nhiệt thì tác nhân nhận nhiệt Q trong quá trình đẳng tích 1 - 2 và nhận nhiệt Q' trong quá trình đẳng nhiệt 2 - 3. Nó nhả nhiệt trong hai quá trình 3 - 4 và 4 - 1.

$$Q = C_v (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} 8,31 \cdot 362 = 4512 \text{ J}$$

Vì 2 - 3 là đẳng nhiệt nên  $Q' = A_1 = 3467 \text{ J}$

Nhiệt nhận từ nguồn nóng là:

$$Q_1 = Q + Q' = 4512 + 3467 \approx 8000 \text{ J}$$



$$\text{Hiệu suất thực : } h = \frac{A}{Q_1} = \frac{2085}{8000} \approx 0,26 = 26\%$$

$$\text{Hiệu suất lí tưởng : } h_{lt} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = \frac{362}{602} \approx 0,6 = 60\%$$

92. Ta tính hiệu suất lí tưởng:

$$h_{lt} = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \quad (Q_1 \text{ là nhiệt đưa ra dàn tỏa nhiệt})$$

$$h_{lt} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{270}{330 - 270} = 4,5$$

$$\text{Hiệu suất thực } h = \frac{4,5}{5} = 0,9. \text{ Vì } h = \frac{Q_2}{A}$$

và  $A = 2 \text{ kJ}$  (trong 1 giây) nên mỗi giây máy lấy từ buồng lạnh nhiệt lượng :

$$Q_2 = hA = 1,8 \text{ kJ}$$

Để biến 1 kg nước ở  $17^\circ\text{C}$  thành nước đá ở  $-3^\circ\text{C}$  phải lấy đi:

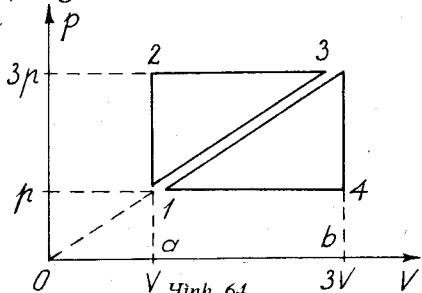
$$4,19 (17 + 3) + 334 = 417,8 \text{ kJ}$$

Mỗi giờ máy làm được

$$\frac{1,8 \cdot 3600}{417,8} = 15,5 \text{ kg nước đá}$$

93. a) Đồ thị được vẽ trong hình 64. Quá trình 3 - 1 biểu diễn bằng một đoạn thẳng đi qua gốc O

Ta tính các nhiệt độ. Gọi  $T_1$  là nhiệt độ của trạng thái 1:







$$T_1 = \frac{pV}{R}; T_2 = \frac{3pV}{R} = 3T_1$$

$$T_3 = \frac{3p3V}{R} = 9T_1; T_4 = \frac{p3V}{R} = 3T_1$$

Hiệu suất của chu trình là :  $h = \frac{A}{Q}$ , A là công sinh ra, Q là nhiệt lượng nhận. Hai chu trình có công bằng nhau, bằng diện tích của hình tam giác trong đồ thị

$$A = \frac{1}{2} 2p \cdot 2V = 2pV = 2RT_1$$

Ta tính nhiệt nhận trong hai chu trình

*Chu trình C* : 1 - 2 là quá trình nung nóng đẳng tích từ  $T_1$  lên  $3T_1$

Tác nhân nhận nhiệt:

$$Q_1 = C_v 2T_1 = 3RT_1$$

2 - 3 là quá trình giãn nở đẳng áp.

$$Q_2 = C_p \Delta T; C_p = 2,5R, \text{ vậy } Q_2 = 15RT_1$$

Trong quá trình 3 - 1 tác nhân nhả nhiệt :

Vậy nhiệt nhận trong chu trình C là:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 18 RT_1$$

$$\text{Hiệu suất là : } h = \frac{A}{Q} = \frac{1}{9}$$

*Chu trình C'* : Trong quá trình giãn nở 1 - 3 tác nhân nhận nhiệt:  $Q'_1 = \Delta U + A_1$

$$\Delta U = C_v (T_3 - T_1) = 1,5R \cdot 8T_1 = 12RT_1$$

$$A_1 \text{ bằng diện tích hình thang } a - 1 - 3 - b : A_1 = 4pV = 4RT_1 \text{ vậy } Q'_1 = 16RT_1$$



Trong các quá trình 3 - 4 và 4 - 1 tác nhân đều nhả nhiệt :

$$\text{Hiệu suất : } h' = \frac{A}{Q'_1} = \frac{1}{8}$$

Vậy chu trình C' có hiệu suất lớn hơn chu trình C.

94. Hiệu suất của chu trình Carnô thuận là:

$$h = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_2 + A} \quad (1)$$

$$T_1 = 273 + 60 = 333 \text{ K}, T_2 = 273 \text{ K}, h = \frac{60}{333} \approx 0,18$$

$Q_1$  là nhiệt lượng nhận ở nguồn  $T_1$

$Q_2$  là nhiệt lượng nhả cho nguồn  $T_2$

A là công sinh ra

Trong chu trình ngược, máy tiêu thụ công A, lấy nhiệt lượng  $Q_2$  của nguồn  $T_2$  và nhả cho nguồn  $T_1$  nhiệt lượng  $Q_2 + A$

$$(1) \text{ cho ta } A = \frac{hQ_2}{1-h} \quad (2)$$

Nhiệt lượng cần lấy của 1 kg nước ở  $25^\circ\text{C}$  để biến thành nước đá là :

$$Q_2 = (4,19 \cdot 25) + 334 = 440 \text{ kJ}$$

(nhiệt dung riêng của nước là  $4,19 \text{ kJ/kg.K}$ )

Đưa vào (2) và kể đến hiệu suất 80% của động cơ điện, ta tính được điện năng tiêu thụ:

$$W = \frac{100 \cdot 440 \cdot 0,18}{80 \cdot (1 - 0,18)} \approx 120,7 \text{ kJ}$$



## VI

## A - ĐỀ THI CHỌN HỌC SINH GIỎI TOÀN QUỐC

1. (1986)- Khi nhiệt độ là  $T_1$ , khí có áp suất:

$p_1 = \frac{RT_1}{V}$ . Áp lực  $p_1S$  của khí cân bằng với lực đàn hồi của lò xo :  $p_1S = kx$  (1) ;  $x$  là độ co của lò xo.

Ở nhiệt độ  $T_2$ , áp suất tăng lên :  $p_2 = \frac{RT_2}{V}$ , làm lò xo có độ co  $x + l$ , và khí thoát ra.

$$p_2S = k(x + l) \quad (2)$$

(2) trừ đi (1) cho ta  $(p_2 - p_1)S = kl$  (3)

Thay trong (3)  $p_1$  và  $p_2$  bằng các biểu thức theo  $T_1$  và  $T_2$  ta có:

$$\left( \frac{RT_2}{V} - \frac{RT_1}{V} \right) S = kl$$

$$\text{Suy ra : } T_2 = T_1 + \frac{klV}{RS}$$

2. (1988)- Để bài giải ngắn gọn, ta có thể giải câu b trước

b) Theo định luật Dalton ta có lúc ban đầu:

$$P = p_A + p_H \quad (1)$$

Sự khuếch tán của hiđrô ngừng khi mật độ phân tử H ở hai phần bằng nhau, tức là mỗi phần chứa khối lượng H bằng  $\frac{1}{2}m_H$  (thể tích hai phần bằng nhau) ; áp suất của H trong phần

bên trái bằng  $\frac{1}{2}p_H$ , và theo định luật Dalton ta có:



$$p_A + \frac{1}{2}p_H = \frac{2}{3}p \quad (2)$$

(1) và (2) cho ta :  $p_A = \frac{p}{3}$ ,  $p_H = \frac{2}{3}p$

a)  $p_A V = \frac{m_A}{\mu_A} RT$ ,  $p_H V = \frac{m_H}{\mu_H} RT$

Chia hai phương trình, ta có:

$$\frac{m_A}{m_H} = \frac{p_A}{p_H} \cdot \frac{\mu_A}{\mu_H} = \frac{1}{2} \cdot \frac{40}{2} = 10$$

3. (1989)- Gọi  $p_1$  và  $p_2$  là các áp suất ở nhiệt độ  $T$ ,  $p'_1$  và  $p'_2$  các áp suất ở nhiệt độ  $T'$ .

Ta có :  $p_2 - p_1 = p'_2 - p'_1 =$  áp suất do pittông gây ra (1)

$$V_1 + V_2 = V'_1 + V'_2 \quad (2)$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 (= RT) \quad (3)$$

$$p'_1 V'_1 = p'_2 V'_2 (= RT') \quad (4)$$

(3) cho :  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} = n$ , (4) cho :  $\frac{p'_2}{p'_1} = \frac{V'_1}{V'_2} = x$

Thế vào (1) và (2) để khử  $p_2$ ,  $p'_2$ ,  $V_2$ ,  $V'_2$  ta có:

$$p_1(n - 1) = p'_1(x - 1) \quad (5)$$

$$V_1\left(1 + \frac{1}{n}\right) = V'_1\left(1 + \frac{1}{x}\right) \quad (6)$$



Nhân (5) và (6) ta có:

$$RT \left( n - 1 \right) \left( 1 + \frac{1}{n} \right) = RT'(x - 1) \left( 1 + \frac{1}{x} \right)$$

$$\text{hay : } T \left( n - \frac{1}{n} \right) = T' \left( x - \frac{1}{x} \right)$$

Kí hiệu  $\frac{T}{T'} \left( n - \frac{1}{n} \right) = a$ , ta đi tới phương trình bậc hai để tìm  $x$ :

$$x^2 - ax - 1 = 0$$

Giải phương trình và chỉ lấy nghiệm dương:

$$x = \frac{1}{2} \left( a + \sqrt{a^2 + 4} \right)$$

$$\text{Áp dụng bằng số : } a = \frac{3}{4}, \Delta = \frac{73}{16}, x = \frac{3 + \sqrt{73}}{8} \approx 1,4$$

4. (1990) a) Gọi  $T_1$  và  $T_2$  là các nhiệt độ ban đầu của hai phần. Khi  $T_1$  tăng thì khí trong phần bên trái giãn nở, pittông nén khí bên phải nên nhiệt độ của khí cũng tăng.

b) Xét hệ gồm khí ở trong hai phần. Hệ này không sinh công nên nhiệt lượng  $Q$  mà nó nhận được biến thành độ tăng nội năng  $\Delta U$ :

$$Q = \Delta U = \Delta \left( \frac{3}{2} RT_1 + \frac{3}{2} RT_2 \right) = \frac{3}{2} R (\Delta T_1 + \Delta T_2) \quad (1)$$

Gọi  $p$  là áp suất ban đầu,  $p + \Delta p$  áp suất về sau trong xi lanh.

$$\text{Ban đầu } pV_1 = RT_1 \quad (2); \quad pV_2 = RT_2 \quad (3)$$

Về sau  $V_1$  thành ra  $V_1 + \Delta V$ ,  $V_2$  thành ra  $V_2 - \Delta V$

$$\text{và ta có : } (p + \Delta p) (V_1 + \Delta V) = R(T_1 + \Delta T_1) \quad (4)$$

$$(p + \Delta p) (V_2 - \Delta V) = R(T_2 + \Delta T_2) \quad (5)$$



Khai triển (4) và (5), có sử dụng (2) và (3) ta được:

$$p\Delta V + V_1\Delta p + \Delta p\Delta V = R\Delta T_1$$

$$-p\Delta V + V_2\Delta p - \Delta p\Delta V = R\Delta T_2$$

$$\text{Cộng lại : } \Delta p (V_1 + V_2) = \Delta p V_0 = R(\Delta T_1 + \Delta T_2)$$

$$\text{Sử dụng (1) ta đi đến : } \Delta p V_0 = \frac{2}{3}Q$$

$$\text{Thay số, ta có : } \Delta p = \frac{2 \cdot 120}{3 \cdot 0,08} = 1000 \text{ Pa}$$

5. (1991) a) Gọi  $m$  là khối lượng không khí trong xilanh (thể tích  $v$ , áp suất  $p_K$ )  $\mu$  khối lượng mol của không khí :

$$p_K v = \frac{m}{\mu} RT$$

Nếu  $M$  là khối lượng không khí trong bình (thể tích  $V$ , áp suất  $p$ ) thì:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT$$

Mỗi lần ấn pittông ta đưa vào bình một lượng không khí nhất định, bằng  $m$ ,  $M$  thành ra  $M + m$ , áp suất tăng thêm  $\Delta p$ , vậy:

$$(p + \Delta p)V = \frac{M + m}{\mu} RT$$

$$(p + \Delta p)V = pV + p_K v$$

Vậy mỗi lần ấn pittông, áp suất trong bình tăng thêm:

$$\Delta p = \frac{p_K v}{V}$$

Số lần cần ấn để  $p_0$  thành  $p_c$  là :



$$n = \frac{p_c - p_o}{\Delta p} = \frac{p_c - p_o}{p_K} \frac{V}{v}$$

b) Gọi  $p$  là áp suất trong bình trước khi kéo pittông  $M$  là lượng không khí trong đó :

$$pV = \frac{M}{\mu}RT$$

Khi kéo, thể tích từ  $V$  thành ra  $V + v$ , áp suất thành ra  $p'$ , khối lượng không khí vẫn là  $M$ , vậy:

$$p'(V + v) = \frac{M}{\mu}RT = pV$$

$$\frac{p'}{p} = \frac{V}{V + v}$$

Vậy cứ mỗi lần kéo pittông thì áp suất lại giảm theo tỉ số  $\frac{V}{V + v}$ . Nếu  $p_n$  là áp suất sau khi kéo  $n$  lần thì:

$$\frac{p_n}{p_o} = \frac{p_n}{p_{n-1}} \cdot \frac{p_{n-1}}{p_{n-2}} \cdots \frac{p_1}{p_o} = \left( \frac{V}{V + v} \right)^n$$

$$\text{Nếu } p_n = p_c = \frac{p_o}{r} \text{ thì } \frac{1}{r} = \left( \frac{V}{V + v} \right)^n$$

$$n = \frac{\log r}{\log \frac{V}{V + v}}$$

$$\text{Áp dụng bằng số : } n = \frac{\log 100}{\log 1,1} = \frac{2}{0,041} \approx 48 \text{ lần}$$

$$6. (1992) \text{ a) } V_1 = \frac{RT_1}{p_1} = \frac{8,31 \cdot 600}{10^5} = 0,05\text{m}^3 = 0,2\text{m}^3$$



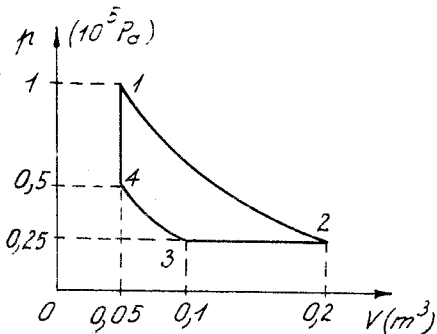
1 - 2 là đẳng nhiệt :

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{10^5 \cdot 0,05}{2,5 \cdot 10^4} = 0,2 \text{ m}^3$$

$$p_3 = p_2, V_3 = \frac{RT_3}{p_3} = \frac{8,31 \cdot 300}{25 \cdot 10^4} = 0,1 \text{ m}^3$$

3 - 4 là đẳng nhiệt:

$$p_4 = \frac{p_3 V_3}{V_4} = \frac{2,5 \cdot 10^4 \cdot 0,1}{0,05} = 5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$



Hình 65

Đồ thị  $p - V$  vẽ trong hình 65.

b) Trong quá trình đẳng nhiệt 1 - 2, nhiệt nhận  $Q_1$  bằng công sinh  $A_1 = RT_1 \ln 4 = 8,31 \cdot 600 \cdot 1,386 = 6911 \text{ J}$

Trong sự nén đẳng áp 2 - 3, khí nhận công:

$$A'_2 = 2,5 \cdot 10^4 \cdot 0,1 = 2500 \text{ J}$$

và tỏa nhiệt :  $Q'_2 = C_p \Delta T$ ,  $C_p = C_v + R = 3,5 R$

$$Q'_2 = 3,5 \cdot 8,31 \cdot 300 = 8726 \text{ J}$$

Trong sự nén đẳng nhiệt 3 - 4, nhiệt tỏa  $Q'_3$  bằng công nhận:

$$A'_3 = RT_3 \ln 2 = 8,31 \cdot 300 \cdot 0,693 = 1728 \text{ J}$$

Trong sự nung đẳng tích 4 - 1, khí nhận nhiệt:

$$Q_4 = C_v \Delta T = 2,5 \cdot 8,31 \cdot 300 = 6232 \text{ J}$$

Trong cả chu trình chất khí nhận nhiệt:

$$Q = Q_1 - Q'_2 - Q'_3 + Q_4 = 6911 - 8726 - 1728 + 6232$$

$$Q = 2689 \text{ J}$$





Công sinh ra là:

$$A = A_1 - A'_2 - A'_3 = 6911 - 2500 - 1728 = 2683 \text{ J}$$

bằng nhiệt nhận, trong phạm vi sai số do lấy giá trị gần đúng của R (giá trị đúng là 8,31448 J.mol.K)

## B - ĐỀ THI CHỌN ĐỘI TUYỂN ĐI THI QUỐC TẾ

7. (1987) Khi ở trong Hg, khí chịu áp suất:

$$p_o + dg(h - l), \quad g \text{ là gia tốc trọng trường.}$$

Thể tích của khí tỉ lệ với chiều dài phần ống chứa khí nên định luật Bôi Mariôt cho ta:

$$p_o L = [p_o + dg(h - l)]l$$

Ta có phương trình bậc hai để tìm  $l$  :

$$f(l) = dgl^2 - (p_o + dgh)l + p_o L = 0$$

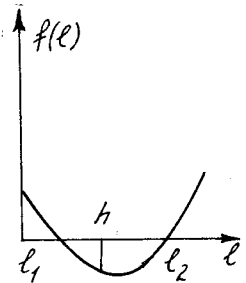
$\Delta = (p_o + dgh)^2 - 4dgp_o L > (p_o + dgh)^2 - 4dgp_o h$  về phải chính là  $(p_o - dgh)^2$  vậy :  $\Delta > 0$

Có hai nghiệm :  $l = \frac{1}{2} (p_o + dgh) \pm \sqrt{\Delta}$  nhưng ta phải bỏ nghiệm  $l_2$  với dấu + vì  $l_2 > h$ . Thật vậy, hình 66 vẽ đường biểu diễn  $f(l)$  mà:

$$f(h) = dgh^2 - (p_o + dgh)h + p_o L = p_o(L - h) < 0$$

Xét cân bằng của nút. Áp suất bên ngoài là  $p_n = p_o + dg(h - l)$ , bên trong là áp suất ứng với chiều dài :

$$l_1 = \frac{1}{2}(p_o + dgh) - \sqrt{\Delta} \text{ tức là } p_t = \frac{p_o L}{l_1}$$



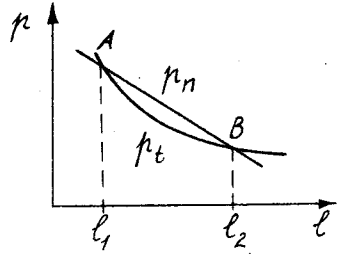
Hình 66



Ta vẽ hai đường biểu diễn  $p_n$  theo  $l$  (đường thẳng AB. H. 67)

$p_t$  theo  $l$  (đường hypebol)

Hai đường này gặp nhau ở A và B ứng với  $l_1$  và  $l_2$ . Ở A nếu  $l$  tăng một chút thì  $p_n$  giảm ít hơn  $p_t$  nên  $p_n$  ấn nút trở về vị trí  $l_1$ , nếu  $l$  giảm một chút thì  $p_t$  đẩy nút về vị trí  $l_1$ , vậy  $l_1$  ứng với cân bằng bên của nút.



Hình 67

8. (1988) - a) Ta tính các áp suất ban đầu :

$$\text{của chất 1 : } p_1 = \frac{n_1 RT}{V_0} = 6225 \text{ Pa}$$

$$\text{của chất 2 : } p_2 = \frac{n_2 RT}{V_0} = 4980 \text{ Pa}$$

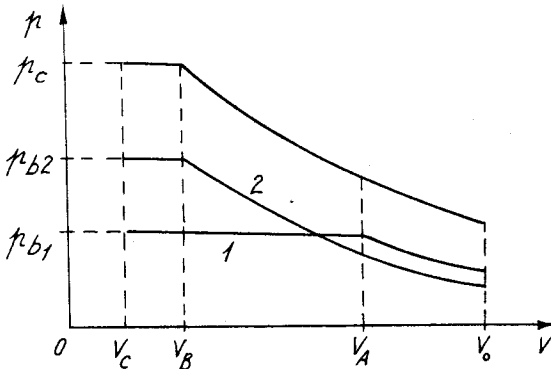
Theo định luật Dalton áp suất của hỗn hợp là :

$$p = p_1 + p_2 = 11205 \text{ Pa}$$

b) Khi nén tới thể tích  $V_A$  thì chất 1 bắt đầu ngưng tụ,

$$V_A = \frac{n_1 RT}{p_{b1}} = 0,15 \text{ m}^3 = 150 \text{ dm}^3$$

Lúc đó chất 2 vẫn là hơi và có áp suất :



Hình 68

$$p_{2A} = \frac{n_2 RT}{V_A}$$



$$p_{2A} = 6640 \text{ Pa}$$

Hỗn hợp có áp suất :  $p_A = p_{b1} + p_{2A} = 14940 \text{ Pa}$

Nén tới thể tích  $V_B$  thì đến lượt chất 2 ngưng tụ :

$$V_B = \frac{n_2 RT}{p_{b2}} = 0,06 \text{ m}^3 = 60 \text{ dm}^3$$

Áp suất hỗn hợp từ lúc đó đến cuối không đổi và bằng tổng hai áp suất hơi bão hòa:

$$p_c = p_{b1} + p_{b2} = 24900 \text{ Pa}$$

c) Lúc cuối khi xi lanh có thể tích  $V_c$  thì số mol hơi bão hòa của chất 1 là:

$$n'_1 = \frac{p_{b1} V_c}{RT} = 0,1$$

(bỏ qua thể tích của chất lỏng 1)

Nghĩa là có :  $n_1 - n'_1 = 0,5 - 0,1 = 0,4 \text{ mol}$  chất lỏng 1 có khối lượng  $m_1 = 0,02 \cdot 0,4 = 0,008 \text{ kg}$

Tương tự, lúc cuối số mol hơi bão hòa chất 2 là :

$$n'_2 = \frac{p_{b2} V_c}{RT} = 0,2 \text{ mol} \text{ . Số mol chất lỏng 2 là :}$$

$0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ mol}$ , có khối lượng  $m_2 = 0,04 \cdot 0,2 = 0,008 \text{ kg}$

Tổng cộng có  $0,016 \text{ kg}$  chất lỏng (H.68)

9. (1992)- a) AB là kì hút khí, BC là kì nén, đến C thì bugi đánh lửa, khí cháy nên áp suất tăng vọt lên  $p_D$  nhưng thể tích biến đổi chưa nhiều. Sau đó DE là kì khí giãn nở sinh công, EA là kì tháo khí ra ống xả.

b) Công là dương (thực sự sinh công) nếu chiều đi trên chu trình là chiều kim đồng hồ. Vậy công dương ứng với diện tích  $12 - 2 = 10 \text{ cm}^2$  của đồ thị.



1 cm của trục l ứng với pittông chạy 0,5 cm và quét thể tích  $0,5S = 5 \text{ cm}^3 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

1 cm của trục p ứng với áp suất  $10^6 \text{ Pa}$ , vậy  $1 \text{ cm}^2$  của đồ thị ứng với công  $5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6 = 5 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 = 5 \text{ J}$ , và  $10 \text{ cm}^2$  ứng với công 50J

Mỗi giây, trục khuỷu quay  $\frac{7200}{60} = 120$  vòng. Cứ 2 vòng có 1 kì sinh công, vậy mỗi giây có 60 kì sinh công,  $A = 60 \cdot 50 = 3000 \text{ J}$ . Công suất của động cơ là 3 kW

c) Mỗi giây động cơ tiêu thụ 0,0002 kg xăng, tỏa nhiệt  $Q = 0,0002 \cdot 46 \cdot 10^6 = 9,2 \cdot 10^3 \text{ J}$

Hiệu suất thực :  $h = \frac{A}{Q} = \frac{3}{9,2} = 32,6\%$

$T_1 = 1500 + 273 = 1773 \text{ K}$  ;  $T_2 = 150 + 273 = 423 \text{ K}$

Hiệu suất lí thuyết :  $h_{lt} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 76\%$



## MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời giới thiệu	3
<b>PHẦN MỘT - ĐỀ BÀI</b>	
I - Chất khí lí tưởng	5
A - Định luật Bôi-Mariôt	5
B - Phương trình trạng thái của các khí lí tưởng	8
C - Phương trình trạng thái áp dụng cho các hỗn hợp khí	11
D - Phương trình trạng thái kết hợp với định luật Acsimet	13
E - Đồ thị	14
G - Thuyết động học phân tử	16
II - Nội năng, Nhiệt và công	16
III - Chất rắn và chất lỏng	19
IV - Biến đổi trạng thái	23
V - Động cơ nhiệt	25
VI - A- Đề thi chọn học sinh giỏi toàn quốc	28
B - Đề thi chọn đội tuyển đi thi Quốc tế	30
<b>PHẦN HAI - LỜI GIẢI</b>	<b>32</b>



---

---

## **BÀI TẬP VẬT LÝ PHÂN TỬ VÀ NHIỆT HỌC**

Mã số: 8H505T1

In 3.000 bản (QĐ05 STK)

Khổ 14,3 x 20,3

Tại Xí nghiệp In Sơn La

Số in: 19. Số XB: 1536/670 - 00.

In xong và nộp lưu chiểu

tháng 3 năm 2001

---

---

*Giá: 5.800 đ*