

# MỤC LỤC



## I HỌC KÌ I \_\_\_\_\_ 1

### Chương 1. VẬT LÝ NHIỆT \_\_\_\_\_ 2

### Chương 2. KHÍ LÝ TƯỞNG \_\_\_\_\_ 3

#### Bài 1. ÁP SUẤT - ĐỘNG NĂNG CỦA CHẤT KHÍ THEO MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ... 4



# PHẦN HỌC KÌ I

# Chương 1

## VẬT LÝ NHIỆT



# Chương 2

## KHÍ LÝ TƯỞNG



# ÁP SUẤT - ĐỘNG NĂNG CỦA CHẤT KHÍ THEO MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ



## LÝ THUYẾT TRỌNG TÂM

### 1 Áp suất chất khí theo mô hình động học phân tử

Áp suất khí tác dụng lên thành bình càng tăng khi các phân tử khí chuyển động nhiệt càng nhanh, khối lượng và mật độ phân tử khí càng lớn.

Biểu thức áp suất chất khí tác dụng lên thành bình:

$$p = \frac{1}{3} \mu m \overline{v^2} \quad (2.1)$$

Trong đó:

- ✓  $p$ : áp suất khí, đơn vị trong hệ SI là Pa;
- ✓  $m$ : khối lượng của mỗi phân tử khí, đơn vị trong hệ SI là kg;
- ✓  $\mu$ : mật độ phân tử khí, đơn vị trong hệ SI là  $\text{m}^{-3}$ ;
- ✓  $\overline{v^2}$ : trung bình của bình phương tốc độ chuyển động nhiệt của mỗi phân tử khí, đơn vị trong hệ SI là  $\text{m}^2/\text{s}^2$ .

**A** Căn bậc hai của  $\overline{v^2}$  là  $\sqrt{\overline{v^2}}$ , độ lớn của đại lượng này không phải là tốc độ trung bình của các phân tử. Nó được gọi là tốc độ căn quân phương của phân tử.

### 2 Động năng tịnh tiến trung bình của phân tử khí

Động năng tịnh tiến trung bình của phân tử khí tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối của khí:

$$W_d = \frac{3}{2} kT \quad (2.2)$$

Trong đó, hằng số Boltzmann  $k$  là hằng số khí đặc trưng cho mối liên hệ giữa nhiệt độ và năng lượng. Giá trị của hằng số Boltzmann trong hệ SI bằng

$$k = \frac{R}{N_A} \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}.$$

Có thể biểu diễn sự phụ thuộc của áp suất theo nhiệt độ tuyệt đối  $T$  và mật độ phân tử khí  $n$ :

$$pV = \frac{N}{N_A} RT \Rightarrow p = \frac{N}{V} \cdot \frac{R}{N_A} \cdot T = \mu kT.$$

Hay

$$p = \frac{2}{3} \mu W_d.$$

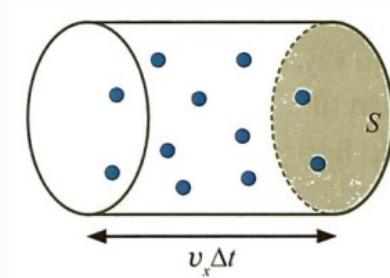


## VÍ DỤ MINH HOẠ

**Dạng 1.** Giải thích được chuyển động của các phân tử ảnh hưởng như thế nào đến áp suất tác dụng lên thành bình và từ đó rút ra được hệ thức  $p = \frac{1}{3} \mu m \overline{v^2}$

❖ **Ví dụ 1.** Trong bài tập này, chúng ta sẽ chứng minh lại những điều được học trong phần lý thuyết.

- Em hãy giải thích vì sao áp suất do các phân tử khí tác dụng lên thành bình phụ thuộc vào tốc độ chuyển động nhiệt, khối lượng và mật độ của các phân tử khí?
- Bây giờ, ta xét mô hình va chạm một chiều đơn giản: Hệ gồm các phân tử khí khối lượng  $m$  chuyển động dọc theo trục  $Ox$  với tốc độ  $v_x$  đến và va chạm đàn hồi với thành bình rồi bật ngược trở lại với cùng tốc độ ban đầu. Trong thời gian va chạm  $\Delta t$ , số phân tử đập vào diện tích  $S$  của thành bình là số phân tử chứa trong một hình trụ đáy  $S$ , chiều cao  $h = v_x \Delta t$ .



Hình 2.1: Minh hoạ về các phân tử khí đập vào thành bình trong thời gian  $\Delta t$

Gọi  $\mu$  là mật độ phân tử khí. Xác định áp suất do các phân tử khí tác dụng lên thành bình theo  $m$ ,  $v_x$ ,  $\mu$ .

- Thực tế, các phân tử khí chuyển động hỗn loạn không có phương nào ưu tiên. Từ kết quả thu được ở câu b, em hãy mở rộng cho trường hợp chuyển động 3 chiều.

### 💬 Lời giải.

- Khi các phân tử khí chuyển động nhiệt đến và va chạm vào thành bình sẽ gây ra áp suất lên thành bình. Áp suất này được tính bằng áp lực của các phân tử khí lên một đơn vị diện tích thành bình.

Áp lực này càng lớn khi

- ☑ động lượng trước va chạm  $m\vec{v}$  của các phân tử khí càng lớn  $\Leftrightarrow m$  và  $v$  càng lớn;
- ☑ số lượng phân tử khí va chạm với thành bình sau mỗi giây càng lớn  $\Leftrightarrow$  mật độ phân tử khí  $n$  càng lớn.

- Sau khi va chạm với thành bình thì phân tử khí bị bật ngược trở lại với vận tốc  $\vec{v}'_x$  với  $v'_x = v_x$ . Lực do thành bình tác dụng lên mỗi phân tử khí:

$$\vec{f}_x = \frac{\Delta \vec{p}_x}{\Delta t} = \frac{m(\vec{v}'_x - \vec{v}_x)}{\Delta t} \Rightarrow f_x = \frac{2mv_x}{\Delta t}.$$

Trong thời gian va chạm  $\Delta t$ , số phân tử đập vào diện tích  $S$  của thành bình:

$$N = \mu V = \mu S v_x \Delta t.$$

Do  $N$  phân tử khí có thể chuyển động dọc trục  $Ox$  theo hai chiều ngược nhau nên số lượng trung bình các phân tử khí đến đập vào diện tích  $S$  của thành bình theo chiều dương gây áp suất lên thành  $S$  là  $\frac{N}{2}$ .

Tổng hợp lực do  $\frac{N}{2}$  phân tử khí tác dụng lên thành bình theo chiều dương của trục  $Ox$ :

$$F_x = \frac{N}{2} \cdot f_x = \frac{\mu S v_x \Delta t}{2} \cdot \frac{2mv_x}{\Delta t} = \mu m v_x^2 S.$$

Áp suất do các phân tử khí tác dụng lên thành bình:

$$p = \frac{F_x}{S} = \mu m v_x^2.$$

- Do phân tử khí chuyển động nhiệt theo cả ba phương và không có phương nào ưu tiên nên  $v_x = v_y = v_z$ :

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 = 3v_x^2.$$

Suy ra:

$$p = \frac{1}{3} \mu m v^2.$$

Vì ta đang xét chuyển động của nhiều phân tử khí nên  $v^2$  là giá trị trung bình của bình phương tốc độ chuyển động nhiệt của từng phân tử. Khi đó:

$$p = \frac{1}{3} \mu m \overline{v^2}.$$

□

❖ **Ví dụ 2.** Thực nghiệm đo được tốc độ trung bình của hầu hết các phân tử khí trong khoảng từ vài trăm m/s đến vài ngàn m/s. Tuy nhiên, phải sau một khoảng thời gian người ta mới cảm nhận được mùi thơm của lọ nước hoa bị đổ trong phòng. Hãy giải thích.

💬 **Lời giải.**

Tốc độ trung bình trên một phương chỉ khoảng  $\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,58$  lần tốc độ chuyển động trung bình của phân tử khí.

Mặt khác, do sự chuyển hỗn loạn và trong quá trình khuếch tán, các phân tử nước hoa va chạm với các phân tử khí và các phân tử nước hoa khác làm lệch phương truyền. Do đó, cần nhiều thời gian hơn để các phân tử nước hoa có thể truyền đến được mũi người.

□

❖ **Ví dụ 3.** Tính trung bình bình phương tốc độ trong chuyển động nhiệt của phân tử khí helium có khối lượng mol là 4 g/mol ở nhiệt độ 320 K. Coi các phân tử khí là giống nhau.

💬 **Lời giải.**

Áp suất do khí tác dụng lên thành bình:

$$\begin{aligned} p &= \frac{1}{3} \mu m \overline{v^2} \\ \Leftrightarrow p &= \frac{1}{3} \frac{N}{V} \cdot m \overline{v^2} \\ \Leftrightarrow pV &= \frac{1}{3} N m \overline{v^2} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Mà

$$pV = nRT = \frac{Nm}{M} RT \quad (2.4)$$

Thay (2.4) vào (2.3):

$$\overline{v^2} = \frac{3RT}{M} = \frac{3 \cdot \left( 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) \cdot (320 \text{ K})}{4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}} = 1,99 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2.$$

□

## Dạng 2. Vận dụng được biểu thức tính động năng tịnh tiến trung bình của phân tử khí

❖ **Ví dụ 1.** Tính nhiệt độ của một khối khí để động năng tịnh tiến trung bình trong chuyển động tịnh tiến của phân tử khí đó bằng 1,0 eV. Lấy  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

💬 **Lời giải.**

Nhiệt độ của khối khí:

$$T = \frac{2}{3} \cdot \frac{W_d}{k} = \frac{2}{3} \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J})}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}} \approx 7729,5 \text{ K}.$$

□

❖ **Ví dụ 2.** Xét khối khí chứa trong một bình kín, biết mật độ động năng phân tử (tổng động năng tịnh tiến của các phân tử khí trong  $1 \text{ m}^3$  thể tích khí) có giá trị  $10^{-4} \text{ J/m}^3$ . Tính áp suất của khí trong bình.

💬 **Lời giải.**

Mật độ động năng phân tử:

$$\varepsilon = \frac{NW_d}{V} = \mu W_d = 10^{-4} \text{ J/m}^3.$$

Áp suất của khí trong bình:

$$\begin{aligned} p &= \frac{NRT}{VN_A} = \mu kT \\ \Rightarrow p &= \frac{2}{3} \mu W_d = \frac{2}{3} \varepsilon = \frac{2}{3} \cdot (10^{-4} \text{ J/m}^3) = 6,67 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}. \end{aligned}$$

□

## Dạng 3. Nội năng khí lí tưởng (Đọc thêm)

### 1 Nội năng khí lí tưởng đơn nguyên tử

Đối với khí lí tưởng đơn nguyên tử, động năng chuyển động nhiệt của các phân tử khí chỉ gồm động năng chuyển động tịnh tiến. Do đó, nội năng của  $\nu$  mol khí lí tưởng đơn nguyên tử có dạng:

$$U = N \cdot \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} n N_A kT.$$

Thay  $kN_A = R$ , ta thu được:

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

Như vậy, nội năng của một khối khí lí tưởng xác định chỉ phụ thuộc nhiệt độ của khối khí.

### 2 Công của khí thực hiện trong các đẳng quá trình

Giả sử có  $n$  mol khí được chứa trong 1 cylanh cách nhiệt và được ngăn cách với bên ngoài bằng piston (tiết diện  $S$ ) rất nhẹ, có thể trượt không ma sát trong cylanh. Khối khí giãn nở từ thể tích  $V_1$  đến thể tích  $V_2$ . Xét trong từng quá trình thay đổi thể tích  $dV$  rất bé, khối khí tác dụng lực  $F = pS$  lên piston và đẩy nó trượt đoạn  $dx$ .

Công do khối khí thực hiện trong cả quá trình này:

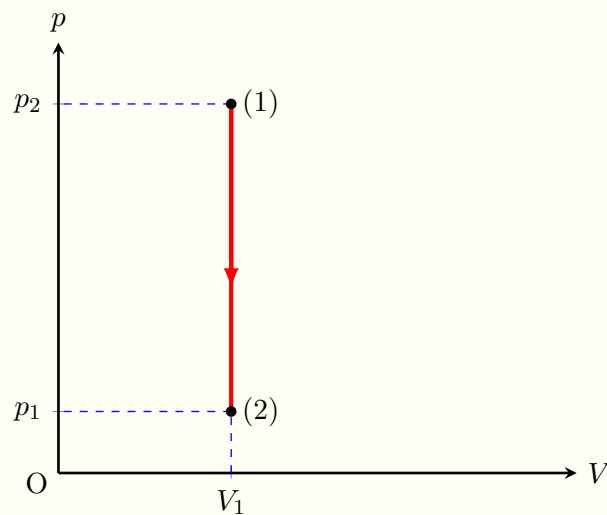
$$A' = \int_{x_1}^{x_2} F dx = \int_{x_1}^{x_2} pS dx = \int_{V_1}^{V_2} p dV.$$



Như vậy, độ lớn công của khối khí thực hiện bằng diện tích hình giới hạn bởi đồ thị  $p(V)$

### 2.1. Quá trình đẳng tích

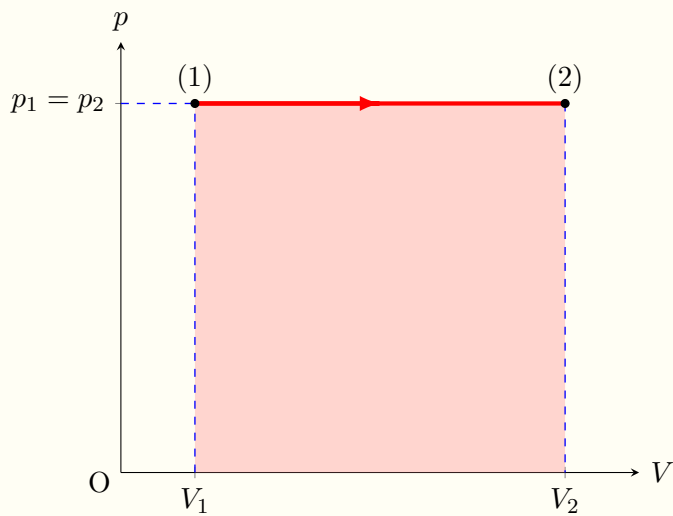
với trục hoành  $OV$  trong khoảng  $[V_1; V_2]$ .



Trong quá trình đẳng tích, khối khí không thay đổi thể tích nên:

$$A' = 0.$$

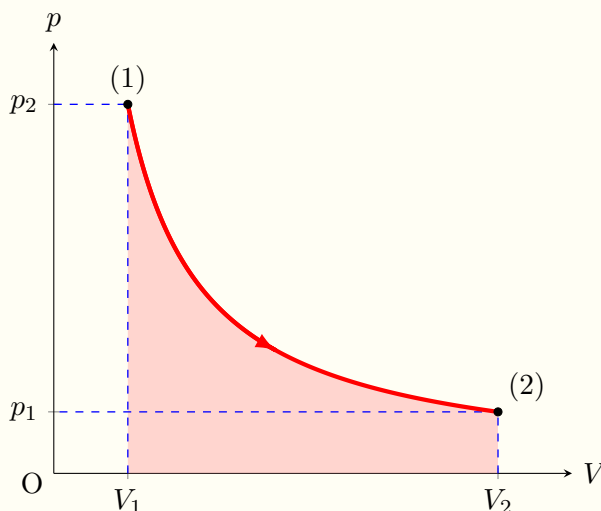
### 2.2. Quá trình đẳng áp



Trong quá trình đẳng áp, do áp suất khí không đổi nên công do khí thực hiện:

$$A' = p\Delta V.$$

### 2.3. Quá trình đẳng nhiệt



Công do khối khí thực hiện:

$$A' = \int_{V_1}^{V_2} p dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

### 3 Định luật I nhiệt động lực học

$$\Delta U = Q + A = Q - A'$$

trong đó:

- ✓  $\Delta U$ : độ biến thiên nội năng của khối khí;
- ✓  $Q$ : nhiệt lượng khí nhận;
- ✓  $A$ : công khí nhận;
- ✓  $A' = -A$ : công khí thực hiện.

❖ **Ví dụ 1.** Một mol khí oxygen (giả thiết là khí lí tưởng) giãn nở ở nhiệt độ không đổi  $T = 310\text{ K}$  từ thể tích ban đầu  $V_1 = 12\text{ L}$  tới thể tích cuối  $V_2 = 19\text{ L}$ . Công do khối khí thực hiện khi giãn nở là bao nhiêu?

🗨 **Lời giải.**

Công do khối khí thực hiện khi giãn nở ở nhiệt độ không đổi:

$$A' = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = (1\text{ mol}) \cdot \left( 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) \cdot (310\text{ K}) \cdot \ln \frac{(19\text{ L})}{(12\text{ L})} \approx 1183\text{ J}.$$

□

❖ **Ví dụ 2.** Có 6,5 g khí hydrogen ở  $27^\circ\text{C}$  được đun nóng đẳng áp để thể tích tăng gấp đôi. Tính

- a) công do khí thực hiện.
- b) nhiệt lượng truyền cho khí.
- c) độ biến thiên nội năng của khí.

Biết nhiệt dung riêng đẳng áp của khí hydrogen là  $c_p = 14,3\text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ .

🗨 **Lời giải.**

**Trạng thái 1**

$$V_1$$

$$T_1 = 300\text{ K}$$

$\xrightarrow{p=\text{const}}$

**Trạng thái 2**

$$V_2 = 2V_1$$

$$T_2$$

a) Công do khí thực hiện:

$$A = p\Delta V = p(2V_1 - V_1) = pV_1 = \frac{m}{M}RT_1$$

$$\Rightarrow A = \frac{(6,5 \text{ g})}{(2 \text{ g/mol})} \cdot \left(8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right) \cdot (300 \text{ K}) = 8,1 \text{ kJ}.$$

b) Trong quá trình đẳng áp:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = \frac{V_2}{V_1}T_1 = 2T_1.$$

Nhiệt lượng truyền cho khí:

$$Q = mc_p\Delta T = mc_pT_1$$

$$\Rightarrow Q = (6,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}) \cdot (14,3 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}) \cdot (300 \text{ K}) \approx 27,9 \text{ kJ}.$$

c) Độ biến thiên nội năng của khí:

$$\Delta U = Q - A' = 19,8 \text{ kJ}.$$

□



## BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM

**Câu 1.** Chọn phương án **sai**.

Với một lượng khí lí tưởng không đổi, áp suất khí càng lớn khi

- (A) thể tích các phân tử khí càng nhỏ. (B) nhiệt độ của khí càng lớn.  
(C) thể tích bình chứa càng nhỏ. (D) mật độ phân tử khí càng lớn.

☞ **Lời giải.**

Chọn đáp án (A)

□

**Câu 2.** Động năng chuyển động tịnh tiến trung bình của các phân tử khí phụ thuộc vào

- (A) mật độ phân tử khí. (B) khối lượng mole. (C) áp suất khối khí. (D) nhiệt độ khối khí.

☞ **Lời giải.**

Chọn đáp án (D)

□

**Câu 3.** Trong quá trình đẳng nhiệt của một lượng khí lí tưởng nhất định, mật độ phân tử khí

- (A) tỉ lệ nghịch với áp suất. (B) tỉ lệ thuận với áp suất.  
(C) luôn không đổi. (D) chưa đủ dữ kiện để kết luận.

☞ **Lời giải.**

Chọn đáp án (B)

□

**Câu 4.** Khi một khối khí chứa trong bình kín được cung cấp nhiệt, điều nhận định nào sau đây là **đúng**?

- (A) áp suất khí giảm. (B) thế năng của khối khí tăng.  
(C) động năng của các phân tử khí tăng. (D) thế năng của khối khí giảm.

☞ **Lời giải.**

Chọn đáp án (C)

□

**Câu 5.** Điều nào sau đây là đúng khi nói về nội năng của khí lí tưởng?

- (A) Chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của khối khí. (B) Bằng tổng thế năng tương tác giữa các phân tử.  
(C) Phụ thuộc vào thể tích khối khí. (D) Không phụ thuộc vào số phân tử khí.

☞ **Lời giải.**

Chọn đáp án (A)

□

**Câu 6.** Trong quá trình biến đổi đẳng nhiệt của một khối khí lí tưởng thì

- (A) nội năng khí tăng. (B) nội năng khí giảm.  
(C) khí không thực hiện công. (D) không có sự biến thiên nội năng.

☞ **Lời giải.**

Chọn đáp án (D)

□

**Câu 7.** Trong quá trình biến đổi đẳng nhiệt của một khối khí lý tưởng thì toàn bộ nhiệt lượng mà khí nhận được

- (A) chuyển hết thành công mà khí sinh ra.
- (B) chuyển hết thành nội năng của khí.
- (C) một phần làm tăng nội năng và phần còn lại biến thành công mà khí sinh ra.
- (D) v.

**Lời giải.**

Chọn đáp án (A) □

**Câu 8.** Hệ thức nào sau đây phù hợp với quá trình đun nóng đẳng tích?

- (A)  $\Delta U = Q + A$  với  $Q, A > 0$ .
- (B)  $\Delta U = Q$  với  $Q > 0$ .
- (C)  $\Delta U = Q + A$  với  $A < 0$  và  $Q > 0$ .
- (D)  $Q + A = 0$ .

**Lời giải.**

Chọn đáp án (B) □

**Câu 9.** Hệ thức nào sau đây phù hợp với quá trình nén khí đẳng nhiệt?

- (A)  $Q + A = 0$  với  $A < 0$ .
- (B)  $\Delta U = Q + A$  với  $\Delta U > 0, Q < 0, A > 0$ .
- (C)  $Q + A = 0$  với  $A > 0$ .
- (D)  $\Delta U = Q + A$  với  $\Delta U > 0, A > 0, Q > 0$ .

**Lời giải.**

Chọn đáp án (C) □

**Câu 10.** Trong quá trình đẳng tích, toàn bộ nhiệt lượng mà khí nhận được

- (A) chuyển hết thành công mà khí sinh ra.
- (B) chuyển hết thành nội năng của khí.
- (C) một phần làm tăng nội năng và phần còn lại biến thành công mà khí sinh ra.
- (D) truyền nhiệt hết cho bên ngoài.

**Lời giải.**

Chọn đáp án (B) □

**Câu 11.** Hệ thức nào sau đây phù hợp với quá trình làm lạnh đẳng tích?

- (A)  $\Delta U = A$  với  $A > 0$ .
- (B)  $\Delta U = A$  với  $A < 0$ .
- (C)  $\Delta U = Q$  với  $Q > 0$ .
- (D)  $\Delta U = Q$  với  $Q < 0$ .

**Lời giải.**

Chọn đáp án (D) □

**Câu 12.** Trong quá trình đẳng áp, toàn bộ nhiệt lượng mà khí nhận được

- (A) chuyển hết thành công mà khí sinh ra.
- (B) chuyển hết thành nội năng của khí.
- (C) một phần làm tăng nội năng và phần còn lại biến thành công mà khí sinh ra.
- (D) truyền nhiệt hết cho bên ngoài.

**Lời giải.**

Chọn đáp án (C) □

**Câu 13.** Khối lượng riêng của một chất khí bằng  $6 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}^3$ , tốc độ căn quân phương của các phân tử khí là 500 m/s. Áp suất mà khí đó tác dụng lên thành bình là

- (A) 10 Pa.
- (B)  $10^4$  Pa.
- (C)  $5 \cdot 10^3$  Pa.
- (D)  $5 \cdot 10^4$  Pa.

**Lời giải.**

$$p = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2} = 5 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$$

Chọn đáp án (C) □

**Câu 14.** Khối lượng riêng của một chất khí ở áp suất 300 mmHg là  $0,3 \text{ kg/m}^3$ . Tốc độ căn quân phương của các phân tử khí khi đó gần bằng

- (A) 3000 m/s.
- (B) 630 m/s.
- (C) 55 m/s.
- (D) 500 m/s.

**Lời giải.**

$$p = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2} \Rightarrow \sqrt{\overline{v^2}} \approx 630 \text{ m/s.}$$

Chọn đáp án (B)

**Câu 15.** Số phân tử khí hydrogen chứa trong  $1\text{ m}^3$  có áp suất 200 mmHg và tốc độ căn quân phương 2400 m/s là

- (A)  $4 \cdot 10^{24}$  phân tử. (B)  $4 \cdot 10^{21}$  phân tử. (C)  $10^{28}$  phân tử. (D)  $10^{25}$  phân tử.

☞ **Lời giải.**

$$p = \frac{1}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot \frac{\mu}{N_A} \cdot \overline{v^2} \Rightarrow N = \frac{3pVN_A}{\mu \overline{v^2}} = 4 \cdot 10^{24}.$$

Chọn đáp án (A)

**Câu 16.** Động năng chuyển động nhiệt trung bình của phân tử khí lí tưởng đơn nguyên tử ở nhiệt độ  $27^\circ\text{C}$  là

- (A)  $3,3 \cdot 10^{-22}\text{ J}$ . (B)  $1,1 \cdot 10^{-21}\text{ J}$ . (C)  $2,76 \cdot 10^{-21}\text{ J}$ . (D)  $6,2 \cdot 10^{-21}\text{ J}$ .

☞ **Lời giải.**

$$W_d = \frac{3}{2}kT \approx 6,2 \cdot 10^{-21}\text{ J}.$$

**Câu 17.** Biết khối lượng mol của không khí là 29 g/mol. Tốc độ căn quân phương của các phân tử không khí ở nhiệt độ  $17^\circ\text{C}$  là

- (A) 15,6 m/s. (B) 500 m/s. (C) 243 m/s. (D) 2,5 km/s.

☞ **Lời giải.**

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \approx 500\text{ m/s}.$$

Chọn đáp án (B)

**Câu 18.** Tổng động năng trung bình của 1 kg khí helium ở nhiệt độ 1000 K là

- (A) 5 MJ. (B) 5 kJ. (C) 3 MJ. (D) 3 kJ.

☞ **Lời giải.**

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{\mu} RT = 3\text{ MJ}.$$

Chọn đáp án (C)

**Câu 19.** Khí lí tưởng đơn nguyên tử trong bình kín 2 L có nội năng 300 J thì áp suất của khí là

- (A)  $10^5\text{ N/m}^2$ . (B)  $10^4\text{ N/m}^2$ . (C) 700 mmHg. (D)  $2,25 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ .

☞ **Lời giải.**

$$U = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{3}{2}pV \Rightarrow p = \frac{2U}{3V} = 10^5\text{ N/m}^2.$$

Chọn đáp án (A)

**Câu 20.** Người ta thực hiện công  $A = 124,65\text{ J}$  lên 2 mol khí lí tưởng đơn nguyên tử thì nhiệt độ khối khí tăng thêm bao nhiêu? Biết rằng trong quá trình đó không có sự truyền nhiệt.

- (A) 10 K. (B) 8 K. (C) 4 K. (D) 5 K.

☞ **Lời giải.**

$$\Delta U = A = \frac{3}{2}\nu RT \Rightarrow \Delta T \approx 5\text{ K}.$$

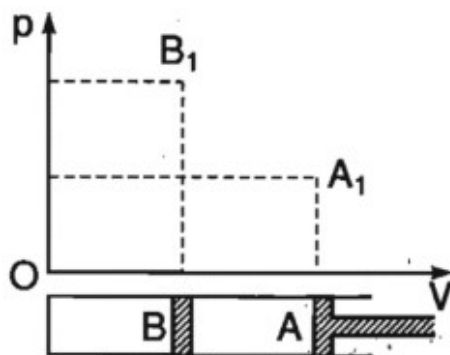
Chọn đáp án (D)

**Câu 21.** Làm biến đổi một lượng khí từ trạng thái 1 sang trạng thái 2, biết rằng ở trạng thái 2 của áp suất và thể tích của khí đều lớn hơn trạng thái 1. Trong những cách làm biến đổi lượng khí sau đây, cách nào lượng khí sinh công nhiều nhất?

- (A) Đun nóng khí đẳng tích rồi đun nóng đẳng áp.  
 (B) Đun nóng khí đẳng áp rồi đun nóng đẳng tích.  
 (C) Đun nóng khí sao cho cả thể tích và áp suất của khí đều tăng tuyến tính và liên tục từ trạng thái 1 đến trạng thái 2.  
 (D) Đun nóng khí sao cho cả thể tích và áp suất khí đều tăng không tuyến tính và liên tục từ trạng thái 1 đến trạng thái 2.

**Lời giải.**

Chọn đáp án (A)

**Câu 22.** Piston được đẩy từ vị trí A đến vị trí B để nén khí trong đó bằng hai cách:

(1) Đẩy rất chậm từ A đến B.

(2) Đẩy rất nhanh từ A đến B rồi chờ cho trạng thái khí ổn định.

Cho biết công nén trong quá trình nào lớn hơn?

(A) Cách 1.

(B) Cách 2.

(C) Hai cách như nhau.

(D) Không thể kết luận được.

**Lời giải.**☑ **Cách 1:** Do nén chậm nên nhiệt độ khí không đổi. Lúc này công khí nhận bằng độ biến thiên nội năng:

$$A_1 = \Delta U.$$

☑ **Cách 2:** Nén nhanh khi nên nhiệt độ khí tăng nhanh (do không kịp toả nhiệt) nên công khí nhận vừa làm tăng nội năng khí vừa làm cho khí nóng lên.

$$A_2 = \Delta U + Q.$$

Chọn đáp án (B)

**Câu 23.** Độ biến thiên nội năng của khối khí lí tưởng đơn nguyên tử từ trạng thái  $V_1 = 10 \text{ L}$  và  $p_1 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  đến trạng thái  $V_2 = 20 \text{ L}$  và  $p_2 = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  là(A)  $\Delta U = 1150 \text{ J}$ .(B)  $\Delta U = -750 \text{ J}$ .(C)  $\Delta U = -1150 \text{ J}$ .(D)  $\Delta U = 750 \text{ J}$ .**Lời giải.**

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = -750 \text{ J}.$$

Chọn đáp án (B)

**Câu 24.** Một cylanh thẳng đứng tiết diện  $100 \text{ cm}^2$  chứa khí ở nhiệt độ  $27^\circ \text{C}$ , phía trên được đẩy bằng piston kín và cách nhiệt. Piston nhẹ, phía trên có đặt một vật nặng khối lượng  $100 \text{ kg}$  và ban đầu cách đáy  $60 \text{ cm}$ . Đốt nóng cylanh một cách từ từ để nhiệt độ khí tăng thêm  $50^\circ \text{C}$ . Cho áp suất khí quyển là  $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . Công do khí thực hiện là(A)  $102 \text{ J}$ .(B)  $199 \text{ J}$ .(C)  $1200 \text{ J}$ .(D)  $98 \text{ J}$ .**Lời giải.**

Áp suất khí bên trong cylanh:

$$p = p_0 + \frac{mg}{S} = 199 \cdot 10^3 \text{ Pa}.$$

Thể tích ban đầu của khí:

$$V_1 = Sh_1 = 6 \cdot 10^3 \text{ cm}^3.$$

Đun từ từ nên áp suất khí trong cylanh không thay đổi:

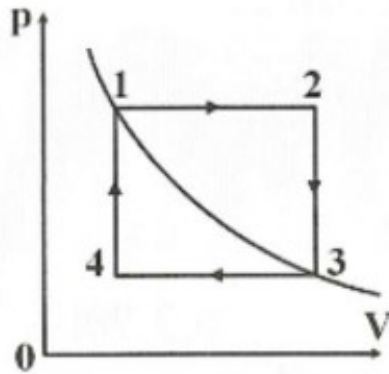
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = 7 \cdot 10^3 \text{ cm}^3.$$

Công do khí thực hiện:

$$A' = p(V_2 - V_1) = 199 \text{ J}.$$

Chọn đáp án (B)

**Câu 25.** Cho 1 mol khí lí tưởng, khí thực hiện chu trình biến đổi trạng thái 1 – 2 – 3 – 4 – 1 như đồ thị trong hệ toạ độ  $OVp$  ở hình bên. Các trạng thái 1 và 3 nằm trên cùng đường đẳng nhiệt. Nhiệt độ trạng thái 4 là  $T_4 = 300\text{ K}$  và nhiệt độ ở trạng thái 2 là  $T_2 = 390\text{ K}$ . Công của khí nhận trên cả chu trình **gần nhất** với giá trị nào sau đây?



**(A)** 50 J.

**(B)** 60 J.

**(C)** 70 J.

**(D)** 30 J.

**Lời giải.**

Trạng thái	$p$	$V$	$T$
1	$p_1$	$V_1$	$T$
2	$p_1$	$V_3$	390 K
3	$p_3$	$V_3$	$T$
4	$p_3$	$V_1$	300 K

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_1 V_3}{390} = \frac{p_3 V_3}{T} = \frac{p_3 V_1}{300} = R \Rightarrow \begin{cases} p_1 V_3 = 390R \\ p_1 V_1 = p_3 V_3 = RT \\ p_3 V_1 = 300R \end{cases} \Rightarrow T = \sqrt{390 \cdot 300} = 30\sqrt{130}\text{ K}.$$

Công của chu trình:

$$A = (p_1 - p_3)(V_3 - V_1) = p_1 V_3 - p_1 V_1 - p_3 V_3 + p_3 V_1 = (390 - 30\sqrt{130} - 30\sqrt{130} + 300)R \approx 49\text{ J}.$$

Chọn đáp án **(A)**

□



## TRẮC NGHIỆM ĐÚNG/SAI

**Câu 1.** Một khối khí có thể tích  $V_1 = 4\text{ L}$ , áp suất  $p = 2 \cdot 10^5\text{ Pa}$  và nhiệt độ  $t_1 = 57^\circ\text{C}$ . Người ta thực hiện công 40 J để nén đẳng áp khối khí.

- Đồ thị biểu diễn quá trình nén khí trong hệ toạ độ  $OpV$  là đoạn thẳng song song trục  $OV$ .
- Thể tích của khí sau khi nén bằng 3,8 L.
- Nhiệt độ của khối khí sau khi nén bằng  $313,5^\circ\text{C}$ .
- Trong quá trình nén khí, khí toả nhiệt cho bên ngoài.

**Lời giải.**

- Đúng.
- Đúng.

$$A' = p(V_2 - V_1) = -40\text{ J} \Rightarrow V_2 = 3,8 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3.$$

- Sai.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = 313,5\text{ K}.$$

- Đúng. Vì  $\Delta T < 0$ .

□

**Câu 2.** Một khối khí lí tưởng có áp suất  $p_1 = 3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ , thể tích  $V_1 = 5 \text{ L}$ , nhiệt độ  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  được đun nóng đẳng áp đến nhiệt độ  $t_2 = 177^\circ\text{C}$ .

- Trong quá trình đun, khối khí thực hiện công.
- Thể tích lúc sau của khối khí là 32,7 L.
- Công mà khối khí thực hiện có độ lớn bằng 7,5 J.
- Nếu nhiệt lượng mà khí nhận được là 18,75 J thì độ biến thiên nội năng của khí là 26,25 J.

**Lời giải.**

- Đúng.
- Sai.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = 7,5 \text{ L}.$$

- Đúng.

$$A' = p(V_2 - V_1) = 7,5 \text{ J}.$$

- Sai.

$$\Delta U = Q + A = 18,75 \text{ J} - 7,5 \text{ J} = 11,25 \text{ J}.$$

□

**Câu 3.**

Một chiếc xe vượt qua sa mạc Sahara. Chuyến đi bắt đầu vào sáng sớm khi nhiệt độ là  $3,0^\circ\text{C}$ . Thể tích khí chứa trong mỗi lốp xe là  $1,5 \text{ m}^3$  và áp suất trong các lốp xe là  $3,42 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Coi khí trong lốp xe có nhiệt độ bằng nhiệt độ ngoài trời, không thoát ra ngoài và thể tích lốp không thay đổi. Đến giữa trưa, nhiệt độ tăng lên đến  $42^\circ\text{C}$ .



- Trong mỗi lốp xe có 164 mol khí.
- Tốc độ căn quân phương của khí bên trong lốp xe vào giữa trưa tăng lên 1,07 lần so với lúc sáng sớm.
- Khi đến giữa trưa, áp suất khí trong lốp xe là  $3,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .
- Từ sáng đến giữa trưa, động năng tịnh tiến trung bình của một phân tử khí trong lốp xe tăng  $9,5 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ .

**Lời giải.**

- Sai.

$$\nu = \frac{p_1 V_1}{RT_1} \approx 224 \text{ mol}.$$

- Đúng.

$$\sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \Rightarrow \frac{\sqrt{v_2^2}}{v_1^2} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 1,07.$$

- Đúng.

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1} \Rightarrow p_2 \approx 3,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

- Sai.

$$\Delta W_d = \frac{3}{2} k \Delta T \approx 8 \cdot 10^{-22} \text{ J}.$$

□

**Câu 4.** Khí helium đựng trong bình kín có thể tích 2 L ở nhiệt độ  $27^\circ\text{C}$ , áp suất  $10^5 \text{ Pa}$ . Sau đó, người ta đun nóng khí trong bình đến nhiệt độ  $127^\circ\text{C}$ .

- Khối lượng riêng của khí helium ở nhiệt độ  $27^\circ\text{C}$  là  $160 \text{ kg/m}^3$ .
- Tốc độ căn quân phương của mỗi nguyên tử khí ở trạng thái ban đầu là  $1579 \text{ m/s}$ .
- Trong quá trình đun nóng, khí không thực hiện công.
- Nhiệt lượng cung cấp để đun nóng khí trong điều kiện nói trên là 100 J.

**Lời giải.**

- Sai.

$$\rho = \frac{p\mu}{RT} \approx 0,16 \text{ kg/m}^3.$$



b) Sai.

$$\sqrt{v_1^2} = \sqrt{\frac{3RT_1}{\mu}} \approx 1368 \text{ m/s.}$$

c) Đúng.

d) Đúng. Vì  $A = 0$  nên

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot \frac{p_1 V_1}{T_1} \cdot (T_2 - T_1) = 100 \text{ J.}$$

□

**Câu 5.** Một khối khí helium chứa trong bình có thể tích 5 L, áp suất  $1,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ . Nén đẳng áp khối khí để mật độ phân tử tăng gấp hai lần.

a) Động năng trung bình của phân tử khí trước khi nén là  $6,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ .b) Mật độ phân tử khí trước khi nén là  $3,6 \cdot 10^{-25} \text{ m}^{-3}$ .c) Nhiệt độ của khí sau khi nén là  $150^\circ\text{C}$ .

d) Nhiệt lượng khí truyền cho bên ngoài là 562,5 J.

☞ **Lời giải.**

a) Đúng.

$$W_d = \frac{3}{2}kT \approx 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ J.}$$

b) Đúng.

$$n = \frac{N}{V} = \frac{p}{kT} \approx 3,6 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}.$$

c) Sai.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 150 \text{ K} \rightarrow t_2 = -123^\circ\text{C}.$$

d) Sai.

$$Q = \Delta U + A' = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + p(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}p(V_2 - V_1) = -937,5 \text{ J.}$$

□



## BÀI TẬP TỰ LUẬN

**Câu 1.** Ở nhiệt độ phòng và áp suất  $10^5 \text{ Pa}$ , không khí có khối lượng riêng khoảng  $1,29 \text{ kg/m}^3$ . Xác định giá trị trung bình của bình phương tốc độ các phân tử khí.

☞ **Lời giải.**

$$p = \frac{1}{3}\rho\overline{v^2} \Rightarrow \overline{v^2} \approx 23 \cdot 10^4 \text{ m}^2/\text{s}^2.$$

□

**Câu 2.** Để động năng tịnh tiến trung bình của các phân tử khí bằng  $1,0 \text{ eV}$  thì nhiệt độ của khối khí phải bằng bao nhiêu K? Lấy  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

☞ **Lời giải.**

$$W_d = \frac{3}{2}kT \Rightarrow T \approx 7729 \text{ K.}$$

□

**Câu 3.** Một bình dung tích 7,5 L chứa 24 g khí oxygen ở áp suất  $2,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ . Tính động năng tịnh tiến trung bình của mỗi phân tử khí oxygen.

☞ **Lời giải.**

$$W_d = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \cdot \frac{RT}{N_A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{MpV}{mN_A} \approx 6,23 \cdot 10^{-21} \text{ J.}$$

□

**Câu 4.** Tính trung bình của bình phương tốc độ trong chuyển động nhiệt của phân tử khí helium có khối lượng mol là 4 g/mol ở nhiệt độ 320 K.

💡 **Lời giải.**

$$W_d = \frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{RT}{N_A} \Leftrightarrow \frac{1}{2} \cdot \frac{M}{N_A} \cdot \overline{v^2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{RT}{N_A} \Rightarrow \overline{v^2} = \frac{3RT}{M} \approx 2 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2.$$

□

**Câu 5.** Xét khối khí trong bình kín, biết mật độ động năng phân tử (tổng động năng tịnh tiến trung bình của các phân tử khí trong 1 m<sup>3</sup> khí) có giá trị 10<sup>-4</sup> J/m<sup>3</sup>. Tính áp suất khí trong bình.

💡 **Lời giải.**

$$\omega_d = \frac{\sum W_d}{V} = \frac{3}{2} \cdot \frac{nRT}{V} = \frac{3}{2} p \Rightarrow p = \frac{2}{3} \omega_d \approx 6,67 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}.$$

□

**Câu 6.** Bình thể tích 10 L chứa khí đơn nguyên tử có mật độ  $\mu = 3 \cdot 10^{-24} \text{ m}^{-3}$ . Động năng trung bình của nguyên tử là  $5 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ . Nội năng của khí trong bình bằng bao nhiêu?

💡 **Lời giải.**

$$\mu = \frac{N}{V} \Rightarrow N = \mu V.$$

Nội năng của khí:

$$U = NW_d = \mu V W_d = 150 \text{ J}.$$

□

**Câu 7.** Cho 20 g khí oxygen ở áp suất  $2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ , nhiệt độ 31 °C được đun nóng đẳng áp và giãn nở đến thể tích 25 L. Công mà khí thực hiện trong quá trình trên bằng bao nhiêu?

💡 **Lời giải.**

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} RT_1 \Rightarrow V_1 \approx 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Công khí thực hiện:

$$A' = p(V_2 - V_1) \approx 3,4 \text{ kJ}.$$

□

**Câu 8.** Cho 12 g khí hydrogen giãn nở đẳng áp, thể tích tăng gấp ba lần và thực hiện công 29 916 J. Nhiệt độ ban đầu của khí bằng bao nhiêu?

💡 **Lời giải.**

Số mol khí:

$$n = \frac{m}{M} = 6 \text{ mol}.$$

Quá trình đẳng áp:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow T_2 = 3T_1 \Rightarrow \Delta T = 2T_1.$$

Nhiệt độ ban đầu của khí:

$$A' = nR\Delta T = 2nRT_1 \Rightarrow T_1 \approx 300 \text{ K}.$$

□

**Câu 9.** Một chất khí mà các phân tử có tốc độ căn quân phương là 1760 m/s ở 0 °C thì tốc độ căn quân phương của các phân tử khí này ở nhiệt độ 1000 °C sẽ khoảng bao nhiêu?

💡 **Lời giải.**

$$p = \frac{1}{3} \mu m \overline{v^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{Nm \overline{v^2}}{V} \Rightarrow pV = \frac{\sum m \overline{v^2}}{3}.$$

$$\text{Mà } pV = \frac{\sum m}{M} RT.$$

Như vậy:

$$\overline{v^2} = \frac{3RT}{M}.$$

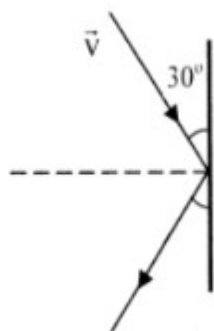
Vì  $\sqrt{v^2} \sim \sqrt{T}$  nên:

$$\sqrt{v_2^2} = \sqrt{v_1^2} \cdot \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \approx 3,8 \cdot 10^3 \text{ m/s.}$$

□

**Câu 10.** Khối lượng phân tử khí hydrogen là  $3,3 \cdot 10^{-24} \text{ g}$ . Biết rằng trong 1 s có  $10^{23}$  phân tử  $\text{H}_2$  với vận tốc 1000 m/s đập vào  $1 \text{ cm}^2$  thành bình theo phương nghiêng  $30^\circ$  so với thành bình. Áp suất khí lên thành bình bằng bao nhiêu?

☞ **Lời giải.**



Xét 1 phân tử khí  $\text{H}_2$ :

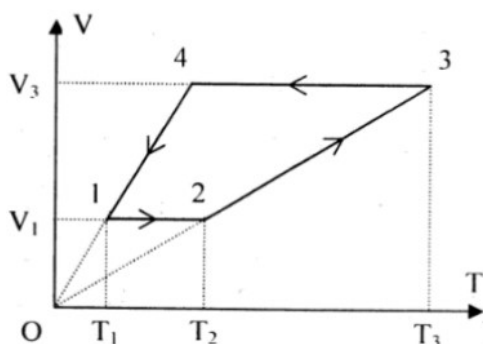
$$\Delta \vec{p} = \vec{f} \Delta t \Rightarrow 2mv \sin \alpha = p_1 S \Delta t \Rightarrow p_1 = \frac{2mv \sin \alpha}{S \Delta t}.$$

Áp suất do khí  $\text{H}_2$  tác dụng lên thành bình:

$$p = N p_1 = \frac{2Nmv \sin \alpha}{S \Delta t} = 3300 \text{ N/m}^2.$$

□

**Câu 11.** Một lượng khí thực hiện chu trình biến đổi trạng thái như hình bên. Cho biết:  $t_1 = 27^\circ \text{C}$ ;  $V_1 = 5 \text{ L}$ ;  $t_3 = 127^\circ \text{C}$ ;  $V_3 = 6 \text{ L}$ . Ở điều kiện tiêu chuẩn, khí có thể tích  $V_0 = 8,19 \text{ L}$ . Công do khí thực hiện sau một chu trình biến đổi trạng thái bằng bao nhiêu?



☞ **Lời giải.**

Trạng thái	$p$	$V$	$T$
0	101 325 Pa	8,19 L	273 K
1	$p_1$	5 L	300 K
2	$p_2$	5 L	
3	$p_2$	6 L	400 K
4	$p_1$	6 L	

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_2 V_3}{T_3} \Rightarrow p_2 = 182\,385 \text{ Pa.}$$

Công do khí thực hiện trong chu trình là ở quá trình đẳng áp 2-3:

$$A_{23} = p_2 (V_3 - V_2) = 182,385 \text{ J.}$$

□