

M

602  
12/95

ẢI

NG NGOC ĐỒNG



Bài tập

# Kỹ THUẬT NHIỆT

Thu Vien DHKTCN-TN



MGT08046737

**NHÀ XUẤT BẢN  
KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**



PGS. PTS. Bùi Hải - PTS. Hoàng Ngọc Đồng

K37 MA

# Bài tập Kỹ thuật nhiệt

TRUNG TÂM THÔNG TIN-THƯ VIỆN  
THƯ VIỆN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ  
PHÒNG MƯỢM

12/195



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
HÀ NỘI.1999



## LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn "**Bài tập kỹ thuật nhiệt**" này được biên soạn theo nội dung cuốn giáo trình "**Kỹ thuật nhiệt**" của các tác giả Bùi Hải và Trần Thế Sơn, do Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật phát hành đang được sử dụng cho việc đào tạo các hệ kỹ sư ở các trường đại học kỹ thuật.

Cuốn "**Bài tập kỹ thuật nhiệt**" này được biên soạn theo kinh nghiệm giảng dạy lâu năm của các tác giả nhằm đáp ứng nhu cầu học tập của sinh viên các trường đại học kỹ thuật. Cuốn sách trình bày tóm lược nội dung lý thuyết từng phần, sau đó chủ yếu là các bài tập đã được giải sẵn, ở đây các tác giả chú ý tới các dạng bài tập ngắn, nhằm phục vụ cho cách thi trắc nghiệm là cách thi mới của môn học đang được sử dụng ở một số trường đại học kỹ thuật.

Sách gồm hai phần 4 chương và phần phụ lục được phân công biên soạn như sau : PGS. PTS. Bùi Hải, Đại học Bách khoa Hà Nội là chủ biên và soạn chương 1, chương 2 của phần I; PTS. Hoàng Ngọc Đông, Đại học Kỹ thuật Đà Nẵng soạn chương 3, chương 4 của phần II và phần III Phụ lục. Trong quá trình biên soạn chắc chắn không tránh khỏi sai sót, mong nhận được sự góp ý của bạn đọc.

Các tác giả



## Phần I

# NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT

## Chương 1

# PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI VÀ CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA CHẤT KHÍ

## 1.1 THÔNG SỐ TRẠNG THÁI

### 1.1.1 Nhiệt và công

Nhiệt ký hiệu  $Q$ , đơn vị là  $J$  hoặc  $q = \frac{Q}{G}$  đơn vị là  $J/kg$  với  $G$  là khối lượng của môi chất tính theo  $kg$ . Công ký hiệu  $L$  đơn vị là  $J$  hoặc  $l = \frac{L}{G}$  đơn vị là  $J/kg$ . Nhiệt và công không phải là thông số trạng thái mà là hàm của quá trình. Đơn vị đo của năng lượng nói chung là  $J$  (Jun) ngoài ra còn có thể sử dụng các đơn vị chuyển đổi sau :

$$1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}; 1 \text{ MJ} = 10^3 \text{ kJ} = 10^6 \text{ J};$$

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}; 1 \text{ kcal} = 4,18 \text{ kJ}; 1 \text{ BTU} \approx 0,3 \text{ J}.$$

Quy ước dấu của nhiệt và công như sau : môi chất nhận nhiệt  $Q > 0$ , môi chất toả nhiệt  $Q < 0$ ; môi chất sinh công  $L > 0$ , môi chất nhận công  $L < 0$ .

### 1.1.2 Thông số trạng thái

#### a) Thể tích riêng

Thể tích riêng được xác định theo công thức sau :

$$v = \frac{V}{G}, m^3/kg \tag{1.1}$$



trong đó :

$V$  - thể tích,  $m^3$ ;

$G$  - khối lượng,  $kg$ .

Khối lượng riêng (hay mật độ)  $\rho$  là đại lượng nghịch đảo của thể tích riêng :

$$\rho = \frac{1}{V} = \frac{G}{V}, \text{ kg/m}^3 \quad (1.2)$$

### b) Áp suất

Áp suất được ký hiệu  $p$ , đơn vị là  $N/m^2 = 1 Pa$  (Pascal). Ngoài ra còn có thể dùng các đơn vị đo khác như sau :

$$1 kPa = 10^3 Pa; 1 MPa = 10^3 kPa = 10^6 Pa$$

$$1 bar = 10^5 N/m^2 = 10^5 Pa = 750 mmHg$$

$$1 at = 0,98 bar = 735,5 mmHg = 10 mH_2O$$

$$1 Psi = 6895 Pa \approx 0,07 at$$

$mmHg$  còn được gọi là *tor*.

Các qui đổi trên theo  $mmHg$  ở  $0^\circ C$ , nếu cột  $mmHg$  đo ở nhiệt độ  $t$  khác  $0^\circ C$ , muốn tính chính xác phải qui đổi cột  $mmHg$  về  $0^\circ C$  rồi mới dùng quan hệ qui đổi trên như sau :

$$h_0 = h_t(1 - 0,000172 t) \quad (1.3)$$

trong đó :

$h_0$  - chiều cao cột thủy ngân qui đổi về  $0^\circ C$ ;

$h_t$  - chiều cao cột thủy ngân đo ở nhiệt độ  $t$ ;

$t$  - nhiệt độ,  $^\circ C$ .

Áp suất tuyệt đối  $p$  là áp suất thực của môi chất. Giữa áp suất tuyệt đối  $p$ , áp suất thực  $p_0$  của khí quyển, áp suất dư  $p_d$  và độ chân không  $p_{ck}$  có quan hệ như sau :

$$p = p_0 + p_d \quad (1.4)$$

$$p = p_0 - p_{ck} \quad (1.5)$$

### c) Nhiệt độ

Thang đo nhiệt độ theo nhiệt độ bách phân có ký hiệu  $t$ , đơn vị  $^\circ C$ ; theo nhiệt độ tuyệt đối có ký hiệu  $T$ , đơn vị  $^\circ K$ , thang nhiệt độ theo Fahrenheit có ký hiệu  $t_F$  đơn vị  $^\circ F$ . Giữa chúng có các qui đổi sau :



$$T = 273,15 + t \approx 273 + t \quad (1.6)$$

$$dT = dt ; \Delta T = \Delta t$$

$$t(^{\circ}C) = (t_F - 32) \frac{5}{9} \quad (1.7)$$

#### d) Nội năng

Nội năng có ký hiệu  $U$ , đơn vị  $J$  hoặc  $u$ , đơn vị  $J/kg$ . Nội năng ở đây là năng lượng chuyển động của các phân tử (nội nhiệt năng). Biến đổi nội năng của khí lý tưởng trong mọi quá trình theo các quan hệ sau :

$$du = C_v dT \quad (1.8)$$

$$\Delta U = G.\Delta u = G.C_v(T_2 - T_1) \quad (1.9)$$

ở đây  $C_v$  là nhiệt dung riêng khối lượng đẳng tích.

Khí lý tưởng là khí thực khi bỏ qua lực tác dụng tương hỗ giữa các phân tử và thể tích bản thân các phân tử. Ví dụ khí  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ , không khí ... ở điều kiện nhiệt độ và áp suất thường đều được coi là khí lý tưởng.

#### e) Năng lượng đẩy

Năng lượng đẩy là năng lượng chỉ có trong hệ hở để giúp môi chất chuyển động ra hoặc vào hệ nhiệt động.

#### f) Entanpi

Entanpi có ký hiệu  $I$ , đơn vị  $J$  hoặc  $i$ , đơn vị  $J/kg$ , cũng có thể dùng ký hiệu  $H$ , đơn vị  $J$  hoặc  $h$ , đơn vị  $J/kg$ . Ta có quan hệ :

$$i = u + p.v \quad (1.10)$$

Biến đổi entanpi của khí lý tưởng trong mọi quá trình theo các quan hệ sau:

$$di = C_p dT \quad (1.11)$$

$$\Delta I = G.\Delta i = G.C_p(T_2 - T_1) \quad (1.12)$$

#### g) Entropi

Entropi có ký hiệu  $S$ , đơn vị  $J/K$  hoặc  $s$  đơn vị  $J/kg.K$ . Biến đổi entropi theo quan hệ sau :

$$ds = \frac{dq}{T} \quad (1.13)$$

$T$  - nhiệt độ tuyệt đối của môi chất.

*h) Exergi và anergi*

Exergi có ký hiệu  $E$  đơn vị  $J$  hoặc  $e$  đơn vị  $J/kg$ . Exergi là phần năng lượng có thể biến đổi hoàn toàn thành công trong quá trình thuận nghịch. Anergi có ký hiệu  $A$  đơn vị  $J$  hoặc  $a$  đơn vị  $J/kg$ . Anergi là phần năng lượng nhiệt không thể biến đổi hoàn toàn thành công trong quá trình thuận nghịch.

Với nhiệt  $q$  ta có quan hệ sau :

$$q = e + a \quad (1.14)$$

trong đó :

$e$  - exergi,  $J/kg$ ;

$a$  - anergi,  $J/kg$ ;

Exergi của nhiệt lượng  $q$  ở nhiệt độ  $T$  khác nhiệt độ môi trường  $T_0$  được xác định theo quan hệ sau :

$$e = q\left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \quad (1.15)$$

Exergi của dòng môi chất chuyển động được xác định như sau :

$$e = i - i_0 - T_0(s - s_0) \quad (1.16)$$

trong đó :

$i, s$  - entanpi, entropi của môi chất ở nhiệt độ  $T$ , áp suất  $p$  khác với nhiệt độ môi trường  $T_0$ , áp suất môi trường  $p_0$ ;

$i_0, s_0$  - entanpi, entropi của môi chất ở  $T_0, p_0$ .

## 1.2 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA KHÍ LÝ TƯỞNG

Phương trình viết cho 1 kg :

$$p v = RT \quad (1.17a)$$

Phương trình viết cho  $G$  kg :

$$pV = GRT \quad (1.17b)$$

trong đó :

$p$  tính theo  $N/m^2$ ;  $v$  tính theo  $m^3/kg$ ;  $T$  tính theo  $^{\circ}K$ ;

$R$  - hằng số chất khí, được xác định bằng biểu thức :