

TRẦN ĐỊNH TƯỜNG - ĐẶNG QUỐC CƯỜNG

THIẾT KẾ HỆ QUANG

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
HÀ NỘI - 2000

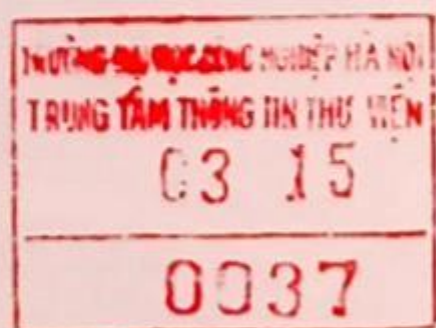
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

Khoa Cơ khí

BỘ MÔN CƠ KHÍ CHÍNH XÁC VÀ QUANG ĐIỆN TỬ ỨNG DỤNG

Trần Đình Tường - Đặng Quốc Cường

Bài giảng



THIẾT KẾ HỆ QUANG



Hà Nội - 2000

MỤC LỤC

Nội dung	Trang
Lời giới thiệu	
Phần I	
Xác định các thông số quang của hệ	4
Bài 1. Xác định các thông số quang của hệ	4
Bài 2. Xác định độ lớn quang sai tổng và biên dạng ảnh của vật điểm	8
Phần II	
Tính quang sai bậc ba của hệ	13
Bài 3. Xác định quang sai bậc ba của hệ quang	13
Bài 4. Xác định quang sai của chùm tia nhiều bước sóng	35
Phần III	
Tính thiết kế hệ quang theo quang sai bậc ba	42
Bài 5. Cơ sở tính thiết kế	42
Bài 6. Tính thiết kế các hệ cơ bản	47
1. Tính vật kính hệ vô tiêu	47
1.1 Tính vật kính hệ vô tiêu hai mắt tiếp	
1.2 Tính vật kính hệ vô tiêu hai thấu kính rời	
2. Tính vật kính hệ hiển vi	65
3. Tính thị kính	72
4. Tính ống kính hệ chiếu sáng	74
4.1 Hệ đóng tụ	
4.2 Hệ A- menis	
5. Tính kính đeo mắt	84
Bài 7. Tính các hệ ghép	88
1. Các hệ ghép thông dụng	88
2. Phương pháp tính các thông số kết cấu của hệ	90
2.1 Tính hệ vô tiêu ống nhòm	
2.2 Tính hệ hiển vi	
Tài liệu tham khảo và trích dẫn	134

Lời giới thiệu

Bài giảng "Tính thiết kế hệ quang" nhằm trang bị những kiến thức chuyên sâu cho sinh viên ngành Cơ khí chính xác và Quang điện tử ứng dụng - Trường đại học Bách khoa Hà Nội.

Bài giảng gồm những nội dung sau đây:

- Cơ sở và phương pháp tính các thông số quang của một hệ quang thông dụng và các hệ quang đặc biệt.
- Cơ sở và phương pháp tính quang sai của hệ quang để nhằm đánh giá chất lượng của hệ trong quá trình tạo ảnh.
- Xây dựng các mối quan hệ giữa các thông số quang và các thông số kết cấu của hệ và ảnh hưởng của chúng đến giá trị quang sai.
- Ứng dụng lý thuyết quang sai bậc ba để tính thiết kế các hệ quang cụ thể.

Bài giảng "Tính thiết kế hệ quang" với thời lượng 2 đvht và được tiến hành ở học kỳ 8 mỗi khoa.

Ngoài lý thuyết, bài giảng "Tính thiết kế hệ quang" còn giới thiệu các bước tính cụ thể, mô phỏng lập trình máy tính, các ví dụ minh họa và các bảng biểu tra cứu.

Để tiếp nhận nội dung của bài giảng có chất lượng, sinh viên được hướng dẫn lý thuyết và thực hành lập trình giải những bài toán cụ thể.

Các kiến thức trực tiếp liên quan đến môn học là:

- Quang kỹ thuật
- Phương pháp lập trình các bài toán kỹ thuật.

Bài giảng được hai giáo viên Trần Đình Tường và Đặng Quốc Cường Bộ môn Cơ khí chính xác và Quang học biên soạn.

Hà Nội, tháng 10-2000

PHẦN I

Xác định các thông số quang của hệ

BÀI 1

XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ QUANG CỦA HỆ

1. Các thông số cấu tạo và các thông số quang của hệ

Các thông số cấu tạo gồm có:

- Số mặt cầu k
- Bán kính cong của các mặt cầu r_i
- Chiết suất trước các mặt cầu n_i
- Chiết suất sau các mặt cầu n'_i
- Khoảng cách giữa các mặt cầu d_i

Các thông số quang của hệ:

- Tiêu cự thứ hai: f'
- Tiêu cự đỉnh thứ hai: $S'_2 F' = s'_{2F'}$
- Vị trí mặt phẳng chính thứ hai: $S_2 H' = s'_{2H'}$
- Tiêu cự thứ nhất: f
- Tiêu cự đỉnh thứ nhất: $S_1 F = s_F$
- Vị trí mặt phẳng chính thứ nhất: $S_1 H = s_H$

2. Cách xác định các thông số quang

Bài toán sẽ là: Cho các thông số kết cấu: n_i, r_i, d_i, k , lập trình tính các thông số quang: $f, f', s_F, s'_{2F'}, s_H, s'_{2H'}$.

2.1 Cách thứ nhất:

Theo [1] thì:

- Tiêu cự thứ hai

$$f' = \left[s'_1 \prod_{i=2}^{i=k} \frac{s'_i}{s_i} \right]_{s_1 = -\infty} \quad (1.1)$$

- Tiêu cự đỉnh thứ hai

$$s'_{2F'} = s'_k \quad \text{khi } s_1 = -\infty \quad (1.1a)$$

- Vị trí mặt phẳng chính thứ hai

$$S_2 H' = s'_{2H'} = s'_{2F'} - f' \quad (1.1b)$$

Để tính tiêu cự f' theo (1.1) cần lần lượt tìm các khoảng cách ảnh s'_i từ mặt thứ

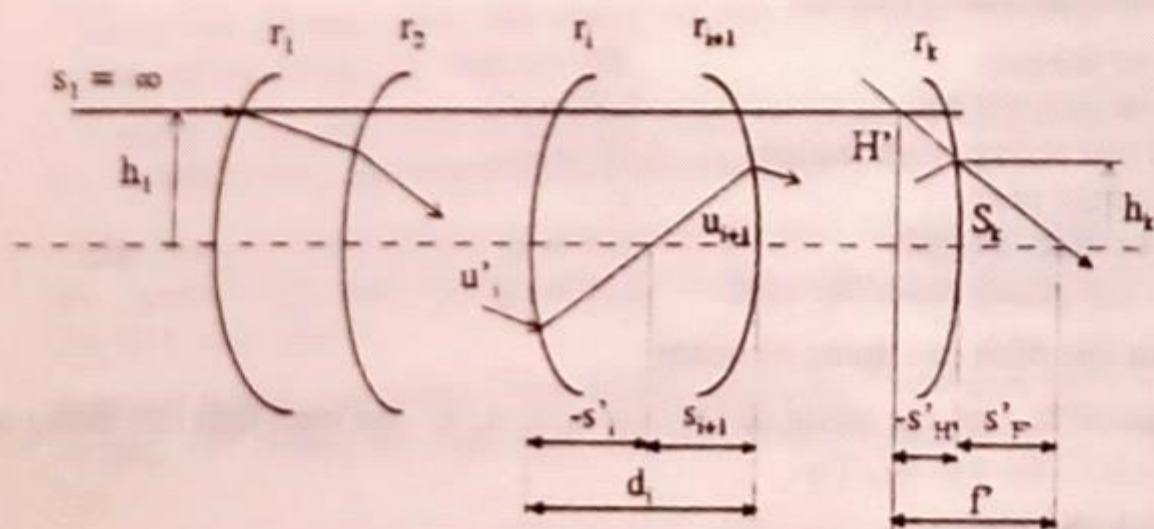
nhất đến mặt thứ k theo:

$$x'_k = \frac{n'_k}{\frac{n_1}{s_1} + \frac{n'_k}{r_k} - n_1} \quad (1.2)$$

Khi chuyển từ mặt trước sang mặt kế tiếp sau cần sử dụng các công thức chuyển tiếp:

$$\begin{aligned} n'_i &= n_{i+1} \\ s_{i+1} &= s'_i - d_i \end{aligned}$$

- Tiêu cự thứ nhất f , tiêu cự đỉnh thứ nhất s_F và vị trí mặt phẳng chính thứ nhất s_H cũng được tính như trên nhưng theo chiều tia sáng đi ngược lại.



Hình 1.1- Các thông số kết cấu và thông số quang của nhiều mặt cầu

2.2 Cách thứ hai :

Theo [1]

- Tiêu cự thứ hai

$$f' = h_1 \frac{n'_k}{\Gamma'_k} \quad (1.3)$$

- Tiêu cự đỉnh thứ hai

$$s'_{F'} = h_k \cdot \frac{n'_k}{\Gamma'_k} \quad (1.4)$$

- Vị trí mặt phẳng chính thứ hai

$$S_k H' = s'_{H'} = s'_{F'} - l' \quad (1.5)$$

Để sử dụng các công thức (1.3), (1.4) và (1.5) phải lần lượt tìm các l'_i từ mặt thứ nhất đến mặt thứ k , theo:

$$l'_i = l_i + \frac{n'_i \cdot n_i}{r_i} h_i \quad (1.6)$$

Trong đó

$$\begin{aligned} l'_i &= n'_i \cdot u'_i \\ l_i &= n_i \cdot u_i \end{aligned}$$

h_i chiều cao từ điểm gặp của tia sáng với mặt cầu thứ i đến trục quang.

r_i Bán kính cong mặt cầu thứ i .

Khi chuyển từ mặt trước sang mặt kế tiếp sau cần sử dụng các công thức chuyển tiếp:

$$\begin{aligned} n'_i &= n_{i+1} \\ u_{i+1} &= u'_i \\ l_{i+1} &= l'_i \\ h_{i+1} &= h_i - \frac{d_i}{n'_i} l'_i \end{aligned} \quad (1.7)$$

- Tiêu cự thứ nhất f , tiêu cự đỉnh thứ nhất s_F và vị trí mặt phẳng chính thứ nhất s_H cũng được tính như trên nhưng theo chiều tia sáng đi ngược lại.

Hai điểm cần lưu ý:

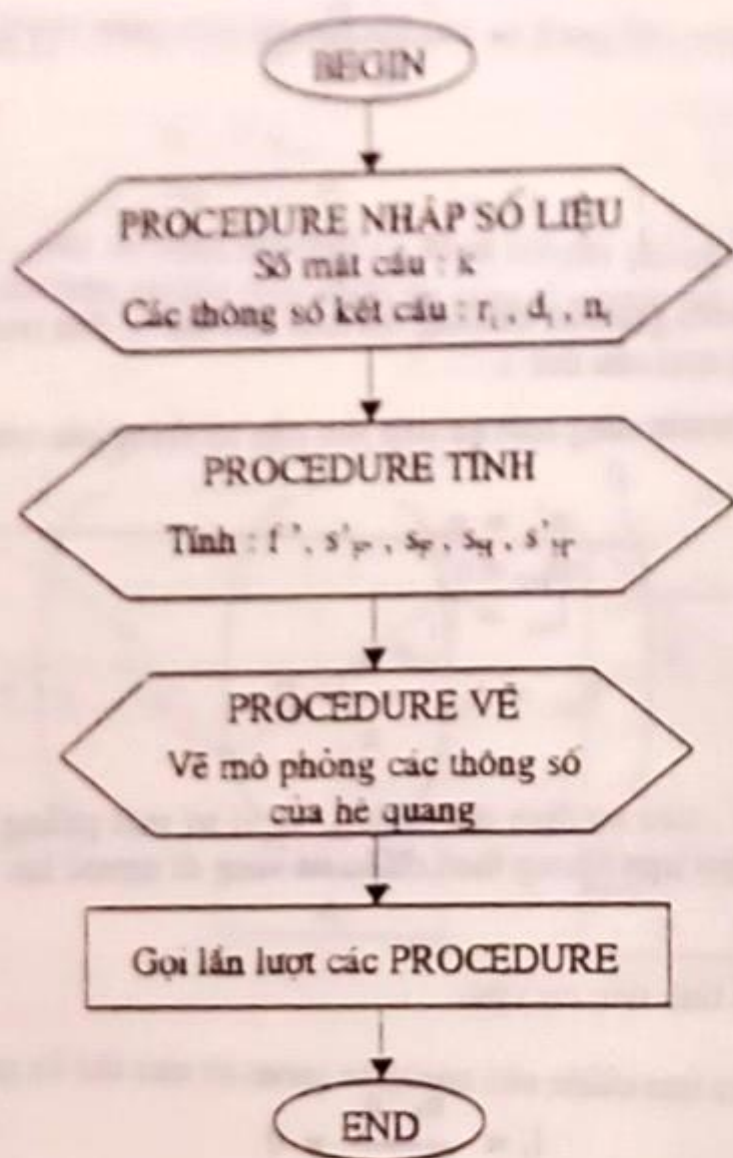
- Khi $s_1 = -\infty$ (để tính tiêu cự) thì:

$$l_1 = \frac{n_1 \cdot h_1}{s_1} = 0$$

- Trong hệ có gương cầu bán kính r_i thì thay $n'_i = -n_i$. Như vậy:

$$l'_i = l_i + \frac{2n_i}{(-r_i)} h_i \quad (1.8)$$

3. Lập trình xác định các thông số quang của hệ



4. Bài tập thực hành:

1. Lập trình tính các thông số quang của hệ
2. Lập trình mô phỏng các thông số quang trên bản vẽ.
3. Tạo phần mềm gồm các File ứng dụng thích hợp

BÀI 2

XÁC ĐỊNH ĐỘ LỚN QUANG SAI TỔNG VÀ BIẾN DẠNG ẢNH CỦA VẬT ĐIỂM

1. Vai trò xác định quang sai :

Để thiết kế hệ quang đáp ứng những yêu cầu cho trước, cán bộ kĩ thuật thường sử dụng một trong hai phương pháp sau :

1- Phương pháp thứ nhất : Từ các thông số quang và chỉ tiêu quang sai phải tính thiết kế một hệ quang có các thông số kết cấu: Bán kính cong r_1 , bề dày thấu kính cùng với khoảng cách giữa các thấu kính d_1 và chiết suất n_1 của hệ.

2- Phương pháp thứ hai : Chọn các linh kiện quang, các tổ hợp quang có sẵn thiết lập hệ đảm bảo các thông số quang. Sau đó tính quang sai của hệ. Nếu quang sai này thoả mãn yêu cầu quang sai cho trước thì việc thiết lập hệ quang trên là thích hợp vừa đảm bảo các thông số quang lại vừa thoả mãn yêu cầu quang sai. Nếu không, người cán bộ thiết kế phải chọn lại các tổ hợp và linh kiện quang khác.

Cả hai phương pháp đều cần đến công việc tính quang sai của hệ.

2. Các thông số ảnh hưởng đến quang sai tổng :

Quang sai hệ quang phụ thuộc vào ba nhóm thông số:

*Nhóm các thông số kết cấu : Bán kính cong r_1 , bề dày cùng với khoảng cách các thấu kính d_1 và chiết suất n_1 .

*Nhóm các thông số về vị trí và độ lớn pupin vào:

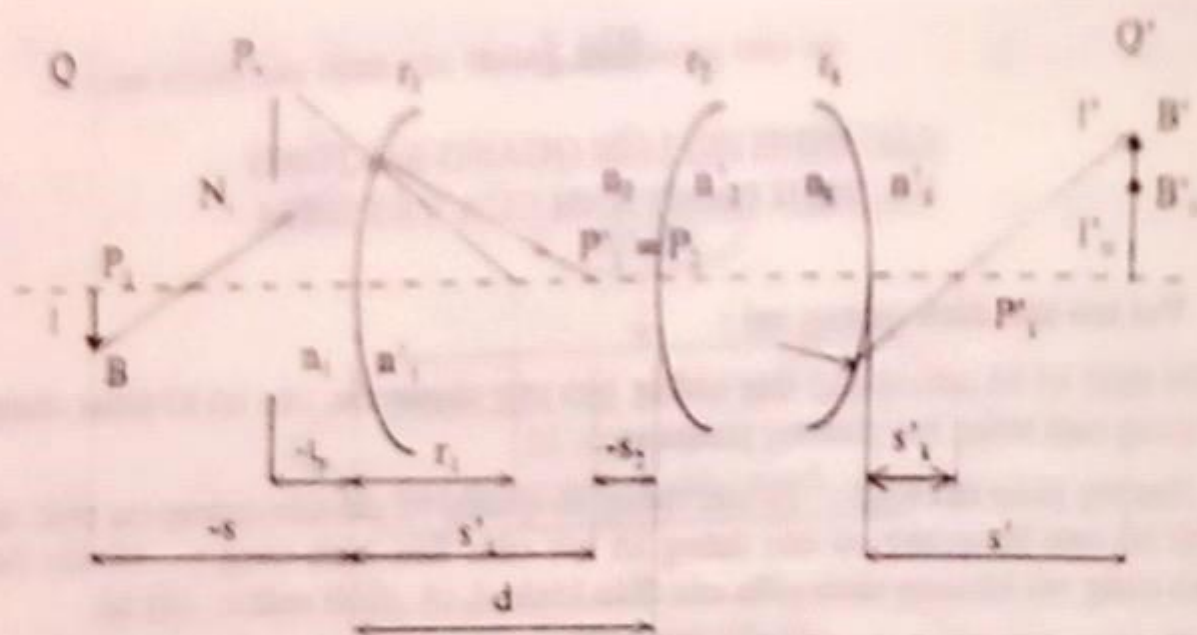
- Vị trí pupin vào t_p : là khoảng cách từ đỉnh mặt cầu thứ nhất tới pupin vào

- Độ lớn pupin vào : Toạ độ điểm gặp của tia sáng với mặt phẳng pupin vào $N_1(m_1; M_1)$.

* Nhóm các thông số về vị trí và độ lớn vật điểm :

- Vị trí của vật được xác định từ đỉnh mặt cầu thứ nhất đến mặt chứa vật: s .

- Độ lớn của vật tính từ vật điểm đến quang trục : l



Hình 2.1- Các thông số ảnh hưởng đến quang sai tổng.

3. Điều kiện tạo ảnh lí tưởng

Ảnh trên bề mặt ảnh Q' được gọi là ảnh đồng dạng tuyệt đối so với vật trên mặt chứa vật Q khi có đủ ba điều kiện :

- Một vật điểm chỉ có một điểm ảnh và ngược lại ;
- Một đoạn thẳng vật thì chỉ có một đoạn thẳng ảnh tương ứng và ngược lại ;
- Một phần tử vật cũng chỉ một phần tử ảnh tương ứng và ngược lại.

Khi hệ tạo ảnh đồng dạng lí tưởng thì vật điểm B với độ lớn so với trục quang là l thì ảnh điểm B'_0 cách trục quang là l'_0 . Tỷ lệ tạo ảnh cho mặt ảnh Q'_0 so với mặt chứa vật Q là $\beta'_0 = l'_0/l$. Tỷ lệ tạo ảnh này không đổi với mọi điểm ảnh của các điểm vật tương ứng.

Do hệ quang tạo ảnh có quang sai nên ảnh có quang sai B' dịch khỏi ảnh lí tưởng B'_0 . Giá trị sai lệch giữa B' so với B'_0 chính là quang sai do hệ quang tạo nên.

4. Cách xác định quang sai tổng:

Muốn tìm sai lệch quang sai tổng do tia sáng từ vật điểm B qua pupin vào với toa độ $N_1(m, M_1)$ phải lần lượt theo các bước sau:

Từ vật điểm B và điểm N_1 lập được phương trình đường thẳng (tia tới) f_1

$$f_1(x, y, z) = 0 \quad (2.1)$$

(Gốc toa độ trùng với đỉnh cầu S_1 ; chiều z trùng với chiều tia sáng và dọc theo trục quang).

- Mặt cầu với tâm cầu O , đỉnh cầu S_1 và bán kính r , có phương trình bề mặt là Φ_1 :

$$\Phi_1(x, y, z) = 0 \quad (2.2)$$

- Từ phương trình đường thẳng (2.1) và phương trình mặt cầu (2.2) tìm được tọa độ điểm gặp nhau của chúng. Điểm đó cũng chính là điểm tới của tia sáng gặp mặt cầu thứ nhất $P_1(x_1, y_1, z_1)$.

- Từ hai điểm P_1 và tâm cầu O , xác định được phương trình pháp tuyến của mặt cầu tại điểm tới P_1 là ψ_1 :

$$\psi_1(x, y, z) = 0 \quad (2.3)$$

- Từ phương trình (2.1) và (2.3) xác định được góc tới i_1 tại P_1 :

$$\cos i_1 = \lambda_1 \lambda'_1 + \mu_1 \mu'_1 + \nu_1 \nu'_1 \quad (2.4)$$

Đối với $I_1(x, y, z) = 0$ thì $\lambda_1 = \cos \alpha_1$; $\mu_1 = \cos \beta_1$; $\nu_1 = \cos \zeta_1$.

và với $\psi_1(x, y, z) = 0$ thì $\lambda'_1 = \cos \alpha'_1$; $\mu'_1 = \cos \beta'_1$; $\nu'_1 = \cos \zeta'_1$.

$$(\lambda + \mu + \nu = 1)$$

- Từ định luật khúc xạ ánh sáng tìm được góc khúc xạ i'_1 :

$$\sin i'_1 = (n_1 / n_2) \sin i_1$$

- Xác định phương trình tia khúc xạ sau mặt cầu thứ nhất f_1 khi có góc khúc xạ i'_1 và phương trình pháp tuyến (2.3).

$$f_1(x, y, z) = 0 \quad (2.5)$$

- Tia khúc xạ qua mặt cầu thứ nhất cũng chính là tia tới của mặt cầu thứ hai. Tìm tia khúc xạ sau mặt cầu thứ hai ta lần lượt lặp lại các phép toán từ (2.1) đến (2.5) khi đã chuyển góc tọa độ về đỉnh cầu S_2 .

- Lần lượt thực hiện tính tiếp như vậy qua mặt cầu thứ 3; thứ 4 ... và qua mặt cầu k của hệ để tìm phương trình tia khúc xạ f_k .

Tia khúc xạ f_k gặp mặt ảnh Q_0' tại $B'(x', y', z')$ cách trục quang đoạn l' . Ảnh B' do tia BN_1 tạo nên lệch so với B'_0 các giá trị δg (theo chiều y) và δG (theo chiều x):

$$\delta g = y' - l'_0 = l' - l'_0$$

$$\delta G = x'$$

δg : được gọi là quang sai ngang Merion hay quang sai Merion

δG : được gọi là quang sai ngang Sakitan hay quang sai Sakitan.

Như vậy quang sai ngang δg và δG phụ thuộc vào ba nhóm yếu tố kể trên và có thể mô tả theo:

$$\delta g = f_1(s, l, t, m, M, r, d, n, i) \quad (2.6)$$

$$\delta G = f_2(s, l, t, m, M, r, d, n, i) \quad (2.7)$$