ĐỘ TỤ

TÁC GIẢ

Michael Smith: Đại học công nghệ Cape Peninsula

THẨM ĐỊNH

Ts. B. Ralph Chou: Giáo sư danh dự, Trường khúc xạ nhãn khoa và khoa học thị giác, Đại học Waterloo

Ts. Vincent Nourrit: Đại học Manchester

NỘI DUNG CỦA CHƯƠNG

ĐỊNH NGHĨA ..... **Error! Bookmark not defined.**
QUI ƯỚC VỀ DẤU VÀ CÁC ĐƠN VỊ 2
TÍNH ĐỘ TỤ 3
ĐỘ CONG MẶT SÓNG 4
HIỆU QUẢ 5
KHẨU ĐỘ, BÁN KÍNH CONG VÀ ĐỘ CAO CUNG 7
ĐỒNG HỒ ĐO ĐỘ CONG I 8

ĐỊNH NGHĨA

Phần lớn nội dung của quang hình học đề cập đến sự hội tụ và phân kì của các chùm tia sáng. Trong thực tế, mục đích chính của kính mắt là để thay đổi độ hội tụ hoặc phân kì của các tia sáng trước khi chúng đi vào mắt. Độ hội tụ hoặc độ phân kì của một chùm sáng có thể được diễn đạt bằng một từ chung là ***độ tụ (vergence)***.

Độ tụ ở một điểm cụ thể trong một chùm sáng đi trong không khí là nghịch đảo của khoảng cách từ điểm đó tới nguồn sáng hoặc tiêu điểm.

Rõ ràng là chúng ta sẽ đề cập đến một nguồn trong trường hợp chùm tia sáng phân kì và một tiêu điểm trong trường hợp chùm tia sáng hội tụ. Theo định nghĩa trên, điểm được nói đến càng ở gần nguồn sáng (hoặc tiêu điểm) thì độ tụ càng lớn, và ngược lại.

Định nghĩa độ tụ được nêu ở trên không phân biệt giữa các điểm ở trong chùm tia hội tụ với các điểm ở trong chùm tia phân kì. Để có thể phân biệt giữa chùm tia phân kì và chùm tia hội tụ, khi nghiên cứu tác dụng của các thành phần quang học như các thấu kính, cần sử dụng một *qui ước về dấu*. Qui ước về dấu là một bộ qui tắc rõ ràng rằng trị số của bất kì khoảng cách nào đo trên một sơ đồ quang học có thể được cho một dấu dương hoặc một dấu âm, tương ứng với hội tụ và phân kì.

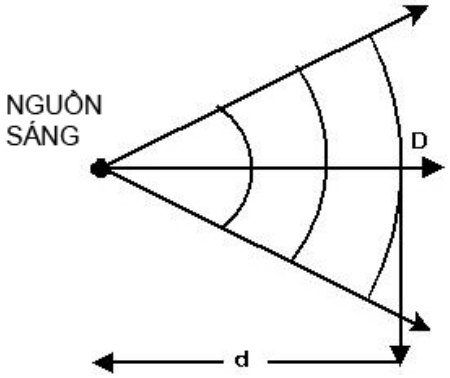
QUI ƯỚC VỀ DẤU VÀ CÁC ĐƠN VỊ

Qui ước về dấu của độ tụ như sau.

1. Trong các sơ đồ quang học, ánh sáng được giả định là đi từ trái sang phải theo hướng **dương**. Nếu khoảng cách từ điểm đang được đề cập tới nguồn sáng hoặc tiêu điểm được đo *cùng hướng* đi của các tia sáng thì giá trị bằng số của khoảng cách được cho *dấu dương* (+).

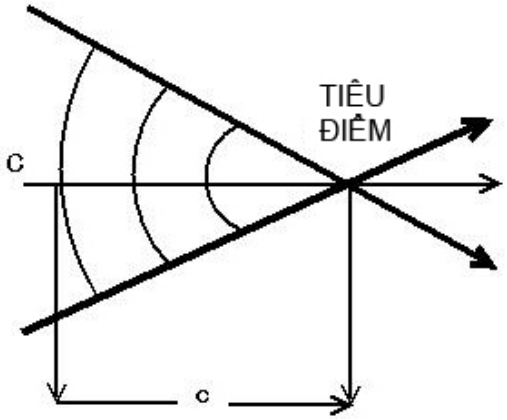
2. Nếu khoảng cách từ điểm đang được đề cập tới nguồn sáng hoặc tiêu điểm được đo *ngược hướng* đi của các tia sáng thì độ lớn của khoảng cách được cho *dấu âm* (−).

Trong các hình bên dưới. Khoảng cách từ điểm **D** tới nguồn sáng được đo theo hướng ngược với hướng đi của ánh sáng và chúng ta phải áp dụng dấu trừ cho khoảng cách **d**. Do đó, độ tụ ở điểm **D** (= 1/d) sẽ là một trị số âm.



Hình 2.1: *Chùm sáng phân kì. Khoảng cách d được đo từ điểm D tới nguồn sáng, do đó từ phải sang trái dẫn đến một trị số âm.*

Tuy nhiên, khoảng cách từ điểm **C** tới tiêu điểm được đo theo hướng đi của ánh sáng và trị số của khoảng cách **c** được cho một dấu cộng. Do đó, độ tụ ở điểm **C** (= 1/c) sẽ là một trị số dương.



Hình 2.2: *Khoảng cách c được đo từ điểm C tới tiêu điểm, từ trái sang phải, dẫn đến một trị số dương.*

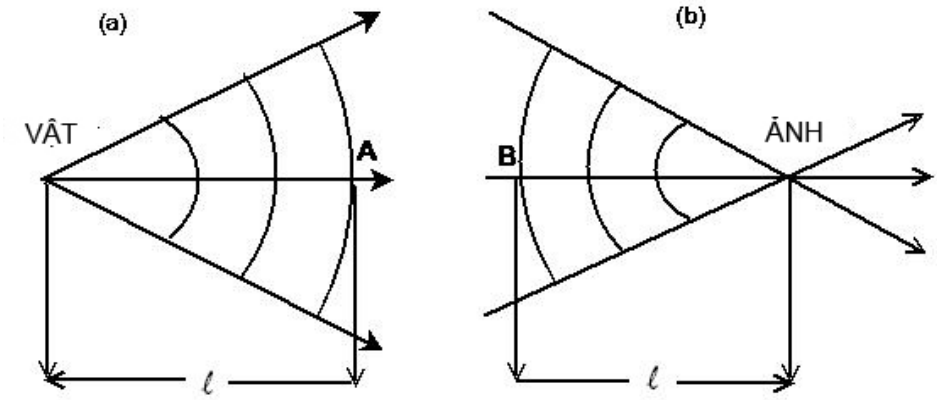
Các qui tắc này dẫn đến kết luận quan trọng rằng tại bất kì điểm nào của một chùm tia *hội tụ*, trị số độ tụ của ánh sáng là *dương, và* tại bất kì điểm nào của một chùm tia **phân kì**, trị số độ tụ của ánh sáng là **âm**. Cũng theo đó, tại bất kì điểm nào của một chùm tia song song, trong đó nguồn sáng hoặc tiêu điểm có thể được coi như là ở vô cực, độ tụ sẽ được tính như sau:

$$\text{độ tụ} = \frac{1}{\pm\infty} = 0$$

Tức là, tại bất kì điểm nào của một chùm sáng song song, trị số độ tụ của ánh sáng là bằng *không*.

Nếu khoảng cách từ một điểm ở một chùm tia tới nguồn sáng hoặc tiêu điểm được tính bằng mét, thì trị số của độ tụ tại điểm đó được tính bằng *điốp.* Chúng ta có thể định nghĩa *1 điốp (*kí hiệu 1 D) là độ tụ ở một chùm tia trong không khí, ở một điểm cách nguồn sáng hoặc tiêu điểm 1 mét.

TÍNH ĐỘ TỤ



Hình 2.3: *a) Chùm tia phân kì b) Chùm tia hội tụ*

Trong các sơ đồ trên, (a) có một chùm tia phân kì và (b) có một chùm tia hội tụ.

Điểm xuất phát của chùm tia phân kì bây giờ sẽ được gọi là vật. Trong quang học, khoảng cách từ một điểm như là **A** tới một vật được biểu diễn bằng kí hiệu l. Do đó, khoảng cách từ **A** đến vật = l, trong đó l được đo bằng mét. Độ tụ ở điểm **A** là 1/ l và được kí hiệu là L (điốp).

$$L\ (\text{điốp}) = \frac{1}{l\ (\text{mét})}$$

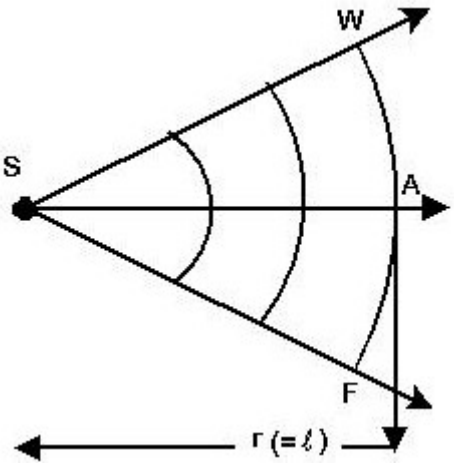
Điểm mà tất cả các tia hội tụ đi qua được gọi là *ảnh.* Chúng ta cũng sẽ biểu diễn khoảng cách từ một điểm như là **B** tới một ảnh bằng l. Cần áp dụng qui ước về dấu để tìm dấu đúng của độ tụ. Độ tụ ở **B** sau đó được tính bằng phương trình trên.

Đối với bất kì môi trường quang học nào có chiết suất n, độ tụ của ánh sáng đi qua môi trường được tính bằng:

$$L = \frac{n}{l}$$

Cần nhấn mạnh rằng đơn vị điốp thực tế là mét nghịch đảo (m^{-1}). Điốp chỉ là một đơn vị thuận tiện, nó dễ nói hơn là "mét nghịch đảo", nhưng khi xem xét các đơn vị ở một số phương trình thì cần hình dung nó dưới dạng mét nghịch đảo. Tên gọi điốp được chọn từ chữ dioptrics (khúc xạ học), tên gọi của ngành quang học đề cập đến khúc xạ.

ĐỘ CONG MẶT SÓNG



Hình 2.4: *Độ cong mặt sóng*

Hình trên cho thấy một chùm tia phân kì có các mặt sóng cầu phân kì từ một nguồn điểm **S**. Tâm độ cong của mỗi mặt sóng sẽ trùng với **S**. Đối với một mặt sóng cụ thể như **WF,** để cho bán kính cong là **r**, đo *từ* mặt sóng *tới* nguồn sáng.

Bây giờ chúng ta định nghĩa *độ cong mặt sóng (*kí hiệu **R**) là nghịch đảo của bán kính cong; tức là

$$R = \frac{1}{r}$$

Điều này nghĩa là khi bán kính mặt sóng (**r**) tăng thì độ cong mặt sóng (**R**) giảm. Nhưng chúng ta đã thấy ở phần trước rằng độ tụ ở điểm **A** trên mặt sóng được tính bằng

$$L = \frac{1}{l}$$

trong đó l là khoảng cách từ A đến nguồn sáng

Do đó từ những điều đã nói ở trên, chúng ta rút ra kết luận rất quan trọng rằng:

Độ tụ tại bất kì điểm nào trong một chùm tia trong không khí hoặc chân không bằng độ cong mặt sóng tại điểm đó.

Do đơn vị đo độ tụ là điốp, nên chúng ta cũng biểu diễn độ cong mặt sóng bằng điốp. Điều này đòi hỏi bán kính cong được biểu diễn bằng mét, do đó

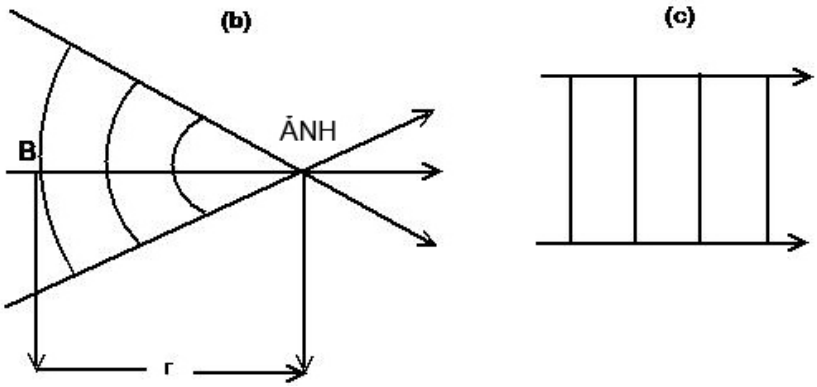
$$R(\text{điốp}) = \frac{1}{r(\text{mét})}$$

Cần chú ý rằng độ cong không chỉ giới hạn ở các mặt sóng. Đại lượng này cũng có thể được dùng khi nói đến các mặt cong của thấu kính và gương. Trong tất cả các trường hợp, bất kể là mặt sóng, hoặc thấu kính, hoặc gương cong, thì độ cong và bán kính cong đều có liên hệ với nhau theo phương trình trên. Cũng như với hầu hết các đại lượng quang học khác, bán kính cong phải tuân theo các **qui ước về dấu**. Để tuân theo qui ước về độ tụ, giá trị bằng số của bán kính cong sẽ được cho dấu dương hoặc dấu âm như sau:

Đo từ đường cong về phía tâm đường cong, trị số bán kính được cho *dấu dương* nếu đo *cùng hướng* với đường đi của ánh sáng, nhưng trị số bán kính được cho *dấu âm* nếu đo *ngược hướng* với đường đi của ánh sáng.

Chúng ta hãy áp dụng qui ước về dấu này cho một số mặt sóng. Ở sơ đồ trước, trị số của bán kính cong r của mặt sóng WF được cho **dấu âm**. Do đó, độ cong sẽ là âm.

Trong hình (b), trị số bán kính cong r của mặt sóng ở **B** được cho **dấu dương** và độ cong sẽ là dương. Trong hình (c), bán kính là vô cực, do đó độ cong bằng **0**. Tức là, *mặt sóng phẳng có độ cong bằng 0*.

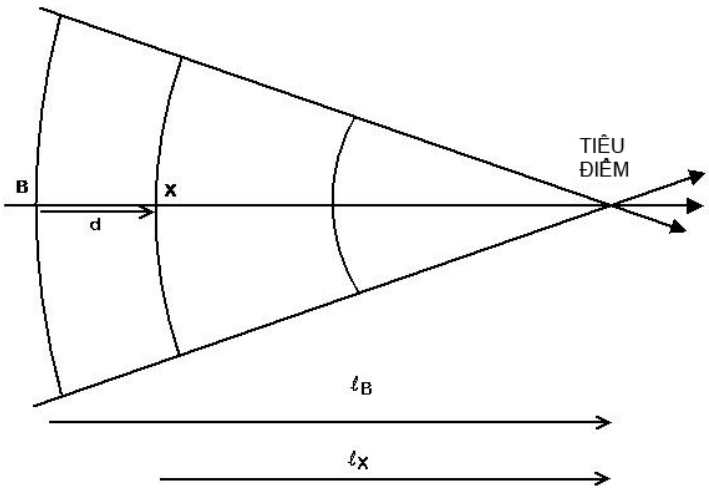


Hình 2.5: *Các mặt sóng có b) độ cong dương, và c) độ cong bằng 0*

HIỆU QUẢ (EFFECTIVITY)

Nguyên lí *hiệu quả* rất quan trọng trong quang học nhãn khoa, và đề cập đến những thay đổi độ tụ của một chùm tia ở các điểm khác nhau trên đường đi của nó. Các thí dụ quan trọng gồm: chùm tia đi qua khoảng trống giữa kính và mắt, và ánh sáng đi qua một mắt kính dày.

Chúng ta hãy xem xét một chùm tia hội tụ đi trong không khí, như trong hình dưới đây;



Hình 2.6: *Một chùm tia hội tụ*

Ở một điểm **B** nào đó, độ tụ của chùm tia được tính bằng:

$$L_B \ \frac{1}{l_B}$$

Bây giờ, ở một điểm **X** khác được đặt ở một khoảng cách **d** so với điểm B, độ tụ là:

$$L_X = \frac{1}{l_X} = \frac{1}{l_B - d}$$

$$\therefore \ L_X = \frac{1}{\frac{1}{L_B} - d} = \frac{1}{\frac{1 - dL_B}{L_B}}$$

Biểu thức này có thể được rút gọn như sau:

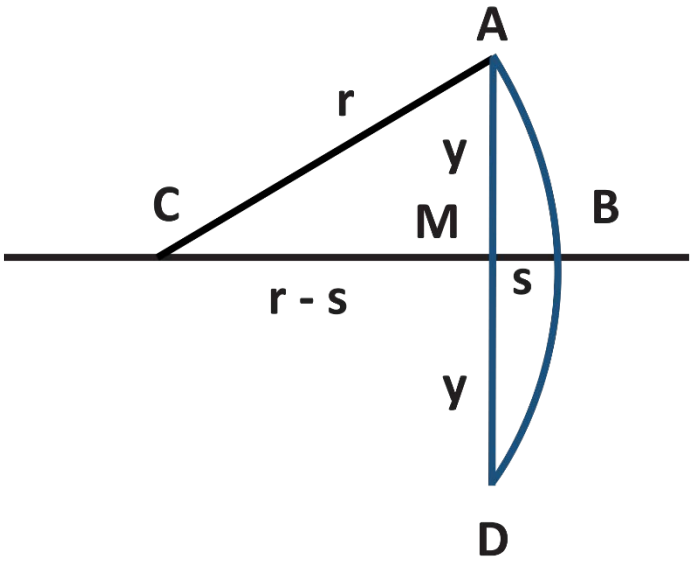
$$L_X = \frac{L_B}{1 - dL_B}$$

Do đó, L_x là độ tụ của chùm tia ở điểm X và được gọi là *hiệu quả* của chùm tia ở điểm X.

Khi dùng biểu thức này, tất cả các kí hiệu đều phải theo các qui tắc của qui ước về dấu. **d** được cho dấu *dương* khi đo về *bên phải* và được cho dấu *âm* khi đo về *bên trái*.

KHẨU ĐỘ, BÁN KÍNH CONG VÀ ĐỘ CAO CUNG

Như đã nêu ở phần trước, độ cong của một mặt cầu được tính bằng R = 1/r trong đó r là bán kính cong. Công thức này áp dụng cho mặt cầu của một thấu kính cũng như các mặt sóng cầu ở một chùm tia. Hình dưới đây cho thấy một phần cắt ra của hình cầu được lấy qua tâm của nó (**C**). Phần **ABD** là mặt cắt qua một mặt sóng (hoặc mặt thấu kính) tạo thành một phần của hình cầu. Khẩu độ của mặt sóng (hoặc mặt thấu kính) là 2y và bán kính cong là r.



Hình 2.7: *Sơ đồ một phần cắt ra của hình cầu*

Áp dụng định lí Pythagor cho tam giác vuông **CAM**:

$$r^2 = y^2 + (r-s)^2 = y^2 + r^2 - 2rs + s^2$$

cho $y^2 = 2rs - s^2$

Nếu **s** rất nhỏ so với **r** thì chúng ta có thể bỏ qua số hạng s^2.
Do đó, $y^2 = 2rs$ (khoảng chừng).

Tức là,

$$r = \frac{y^2}{2s} \qquad \text{hoặc} \quad R = \frac{2s}{y^2}$$

Khoảng cách nhỏ **s** (độ sâu của cung) được gọi là độ cao của cung ABD. Từ đó chúng ta thấy rằng, đối với một khẩu độ nhỏ đã cho, R ∝ s. Tức là, *độ cong của cung ∝ độ cao cung.* Biểu thức trên cho thấy rằng bán kính cong (r) phụ thuộc vào khẩu độ (y) và độ cao cung (s) của đường cong. Trong trường hợp mặt thấu kính và mặt gương là các phần của các hình cầu thì các kích thước này được đo dễ dàng bằng một cầu kế, từ đó có thể tính được bán kính cong. Điều này quan trọng bởi vì chúng ta sẽ thấy trong phần học về kính mắt rằng bán kính của một mặt là một thông số quan trọng liên quan đến khả năng thay đổi độ tụ ánh sáng tới của bề mặt.

Định nghĩa một cách không chặt chẽ thì **độ cao cung là độ dày vật liệu cần thiết để có thể làm được một mặt có bán kính cong và khẩu độ đã định**. Nó là số đo lượng vật liệu quang học được loại bỏ để tạo ra một đường cong quang học (optical curve).

Có thể tính độ dày của bất kì thấu kính nào bằng cách cộng độ cao cung với độ dày tối thiểu đã định của thấu kính. Nếu thấu kính là dương thì độ dày tối thiểu nằm ở rìa thấu kính. Do đó, tính độ cao cung cho phép xác định độ dày ở tâm của một độ dày rìa đã định.

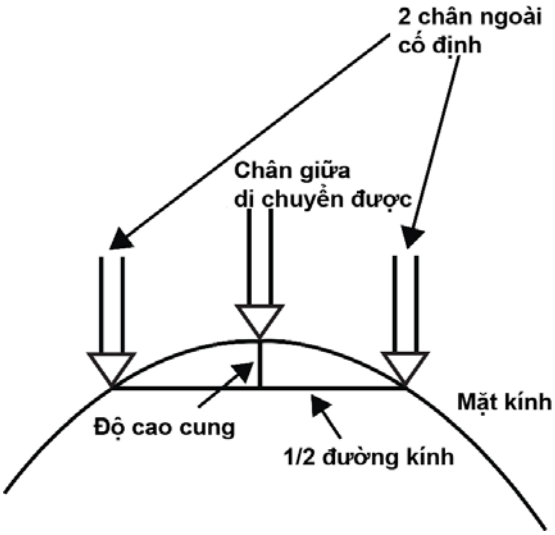
Tương tự, độ dày tối thiểu của một thấu kính âm nằm ở quang tâm. Do đó, tính độ cao cung cho phép xác định độ dày rìa của một độ dày trung tâm đã định.

ĐỒNG HỒ ĐO ĐỘ CONG I

Đồng hồ đo độ cong là một dạng cầu kế (spherometer) chuyên dụng. Nó được dùng để đo công suất khúc xạ của một mặt thấu kính. Để biết công suất này, chúng ta cần biết cả 2 bán kính cong và chiết suất của vật liệu. Ở giai đoạn này, chúng ta sẽ chỉ xem xét cách đo bán kính cong thế nào.

Dụng cụ này có 3 chân. 2 chân ở phía ngoài thì cố định và cách nhau một khoảng đã biết. **Khoảng cách giữa 2 chân bằng khoảng cách 2y (khẩu độ) ở phần trước.**

Chân ở giữa có thể thụt vào và nhô ra. Khi được đặt trên một mặt phẳng, 3 kim ở độ cao bằng nhau. Khi đặt trên một mặt lõm, chân ở giữa sẽ nhô ra dài hơn 2 chân kia. **Hiệu số của độ dài chân giữa và độ dài của 2 chân ngoài là độ cao cung của bề mặt**.



Do đó, khi đặt đồng hồ đo độ cong trên bề mặt của một kính sẽ cho biết các trị số y và độ cao cung ở dụng cụ. Với hiệu chỉnh thích hợp (chiết suất của vật liệu cần được xét đến) đồng hồ đo độ cong có thể cho các số đo rất chính xác công suất bề mặt của các thấu kính tiêu chuẩn.