THẤU KÍNH MỎNG I

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

THUẬT NGỮ CỦA THẤU KÍNH MỎNG 1
TIÊU CỰ 2
THỰC VÀ ẢO 4
PHƯƠNG PHÁP DỰNG ẢNH BẰNG VẼ TIA SÁNG 4
ĐỘ PHÓNG ĐẠI DÀI 7
CÁC ĐIỂM LIÊN HỢP 7

THUẬT NGỮ CỦA THẤU KÍNH MỎNG

Thấu kính mỏng là thấu kính có độ dày rất nhỏ so với tiêu cự của nó[1]. Thấu kính mỏng điển hình được cấu tạo bởi một tấm thủy tinh hoặc plastic, được mài để cho mỗi mặt khúc xạ của nó là một phần của một hình cầu hoặc một mặt phẳng.

Thấu kính được dùng để chỉnh hướng hoặc điều khiển các tia sáng. Sự khúc xạ ánh sáng ở mặt thấu kính phụ thuộc vào hình dạng và chiết suất của thấu kính, và bản chất của môi trường xung quanh nó (thường là không khí), tuân theo định luật Snell. Thấu kính thường được dùng làm kính mắt và dùng trong các dụng cụ quang học như máy ảnh, kính thiên văn và kính hiển vi để tạo ra ảnh do sự khúc xạ.

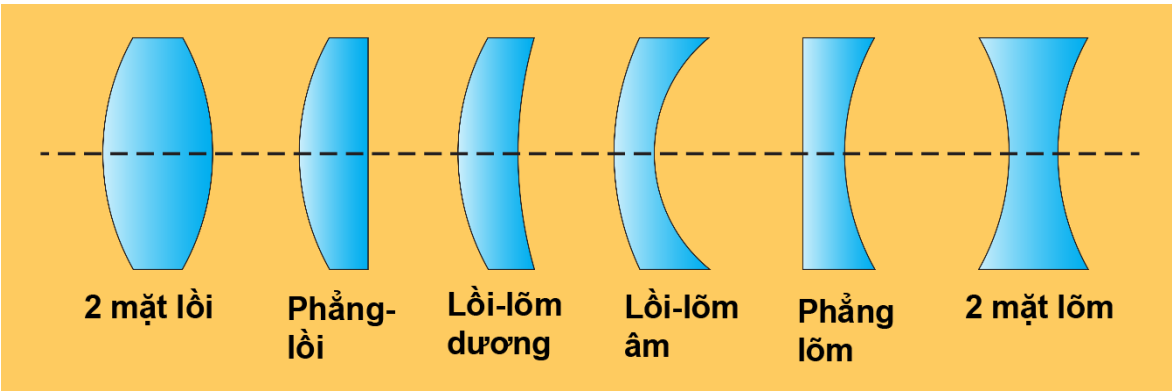
[1] Mặc dù bất kì kính tiếp xúc nào cũng phải được coi là thấu kính dày

Thấu kính có thể được chia thành 2 nhóm. Nhóm thứ nhất có vùng trung tâm dày hơn vùng rìa, được gọi là **thấu kính hội tụ** (hoặc **thấu kính lồi**). Chúng làm cho các tia tới song song bị khúc xạ và hội tụ vào điểm ở phía bên kia của thấu kính.

Nhóm thứ hai có phần trung tâm mỏng hơn vùng rìa, được gọi là **thấu kính phân kì** (hoặc **thấu kính lõm).** Chúng làm cho các tia tới song song bị khúc xạ, khiến cho các tia này dường như phân kì từ một điểm nằm ở bên ánh sáng tới của thấu kính. Mọi vật nhìn qua một thấu kính như vậy cũng sẽ cùng chiều và nhỏ hơn so với nhìn bằng mắt thường.

Thấu kính **lồi-lõm** (meniscus) có một mặt lồi và một mặt lõm (hình liềm).

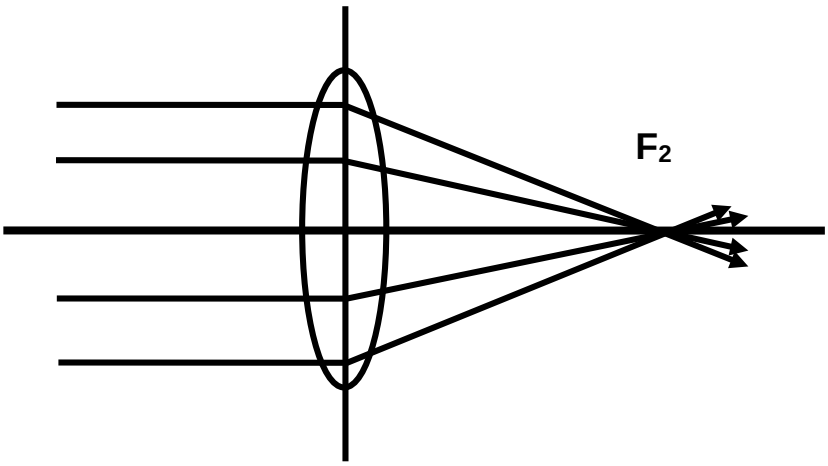
Trục chính hoặc **trục quang học** của thấu kính là đường thẳng nối các tâm độ cong của 2 mặt. Các tia tạo thành những góc nhỏ với trục quang học được gọi là các tia **cận trục**. **Quang tâm** của thấu kính mỏng là điểm mà **bất kì tia nào đi qua nó cũng không bị lệch hướng**. Đối với những trường hợp chúng ta sẽ đề cập đến ở khóa học này, để tiện lợi thì có thể coi quang tâm của thấu kính như là tâm hình học của thấu kính.



Hình 4.1: *Các loại thấu kính và hình dạng*

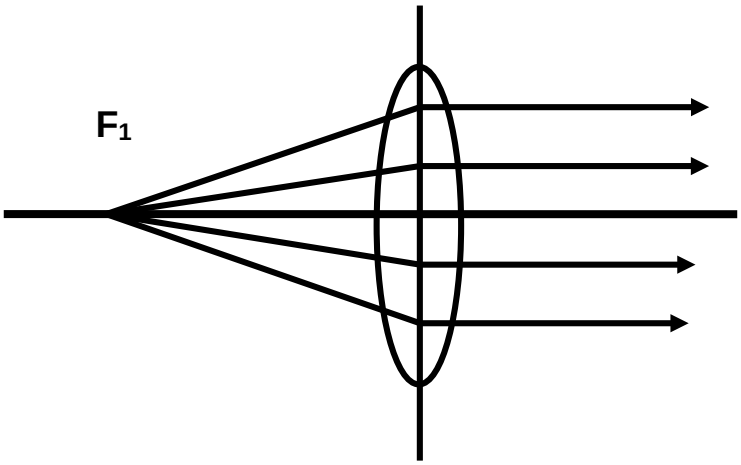
TIÊU CỰ

Có 2 điểm trên trục quang học cần được đặc biệt chú ý. Hình dưới đây cho thấy một chùm tia cận trục từ một vật ở khoảng cách vô cực so với một thấu kính hội tụ. Như vậy, chùm tia sẽ thực sự song song khi đến thấu kính. Các tia này bị khúc xạ qua điểm F_2, điểm này được gọi là *tiêu điểm chính thứ hai* hoặc *tiêu điểm thứ hai* của thấu kính. Khoảng cách từ quang tâm tới F_2 được gọi là *tiêu cự thứ hai* của thấu kính và sẽ được kí hiệu bằng f_2.



Hình 4.2: *Tiêu điểm thứ hai của thấu kính hội tụ*

Tương tự, trong hình tiếp theo, điểm F_1 từ đó các tia cận trục (sau khi khúc xạ bởi thấu kính) đi ra song song với trục. F_1 được gọi là *tiêu điểm chính thứ nhất hoặc tiêu điểm thứ nhất* của thấu kính, và khoảng cách từ quang tâm tới F_1 được gọi là *tiêu cự thứ nhất* của thấu kính và được kí hiệu là f_1.



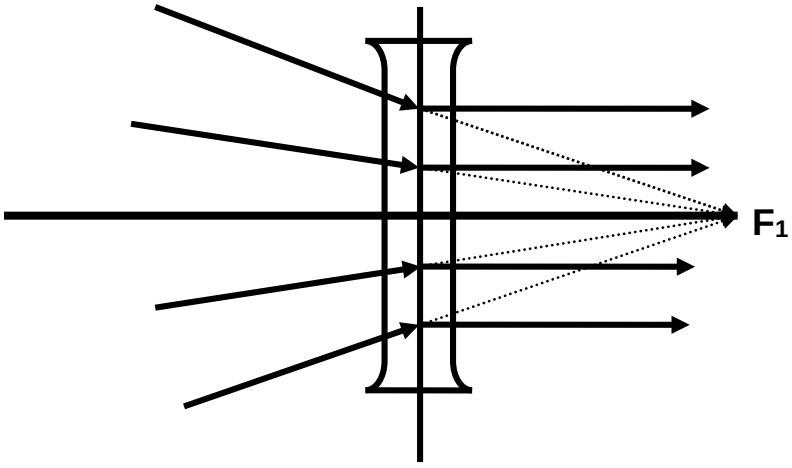
Hình 4.3: *Tiêu điểm thứ nhất của thấu kính hội tụ*

Nếu thấu kính mỏng, và môi trường ở 2 bên thấu kính có chiết suất bằng nhau, thì các trị số f_1 và f_2 sẽ bằng nhau.

Chú ý rằng các sơ đồ cho thấy các thấu kính có độ dày được cường điệu và các tia tạo ra các góc với trục quang học lớn hơn so với trường hợp của các tia cận trục. Việc làm này chỉ để cho phép trình bày rõ ràng sự khúc xạ ở mỗi bề mặt.

Khi nói đến "**tiêu cự**" của thấu kính mà không nêu rõ nó là tiêu cự thứ nhất hay tiêu cự thứ hai thì bao giờ cũng phải hiểu đó là **tiêu cự thứ hai** của thấu kính.

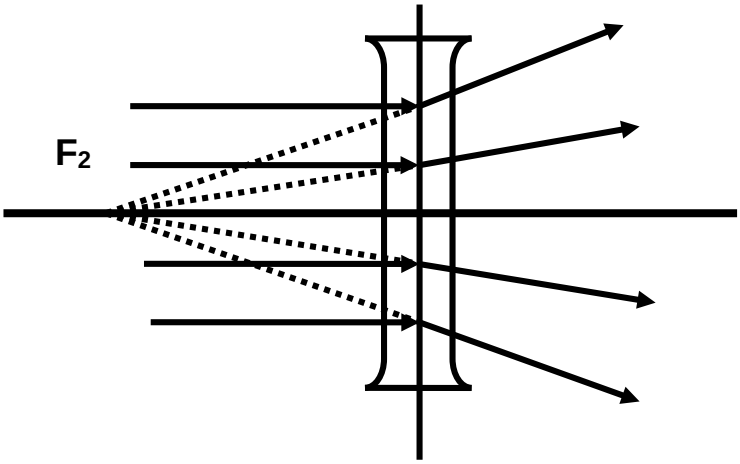
Trong trường hợp thấu kính phân kì thì có 2 tiêu điểm chính tương tự. Hình tiếp theo cho thấy điểm F_1, *tiêu điểm chính thứ nhất* hoặc *tiêu điểm thứ nhất* của một thấu kính phân kì. Các tia hướng về điểm này sẽ ra khỏi thấu kính song song với trục quang học. Cũng như trên, khoảng cách từ quang tâm tới F_1 là tiêu cự thứ nhất (f_1). F_1 có thể được thấy ở bên đối diện của thấu kính so với ánh sáng tới.



Hình 4.4: *Tiêu điểm thứ nhất của thấu kính phân kì*

Tương tự, *tiêu điểm chính thứ hai* hoặc *tiêu điểm thứ hai* (kí hiệu là F_2) được tạo thành ở điểm dường như là điểm phân kì của các tia tới một thấu kính phân kì theo hướng song song với trục quang học. Do đó, khoảng cách từ quang tâm tới F_2 là *tiêu cự thứ hai* của thấu kính. Hình vẽ cho thấy tiêu điểm thứ hai ở cùng bên với ánh sáng tới.

Cũng như trước, nếu thấu kính mỏng và môi trường ở 2 bên thấu kính có chiết suất bằng nhau thì các tiêu cự bằng nhau.



Hình 4.5: *Tiêu điểm thứ hai của thấu kính phân kì*

THỰC VÀ ẢO

Lợi ích chính của thấu kính là khả năng tạo thành ảnh của một vật. Vật có thể tự phát sáng (như mặt trời hoặc bóng đèn), hoặc có thể phản xạ ánh sáng chiếu vào nó (như quả táo hoặc trang giấy của sách này). Trong cả 2 trường hợp, ảnh của vật được tạo thành ở nơi các tia sáng từ các điểm của vật giao cắt với nhau hoặc ở các điểm dường như là xuất phát điểm của các tia sáng.

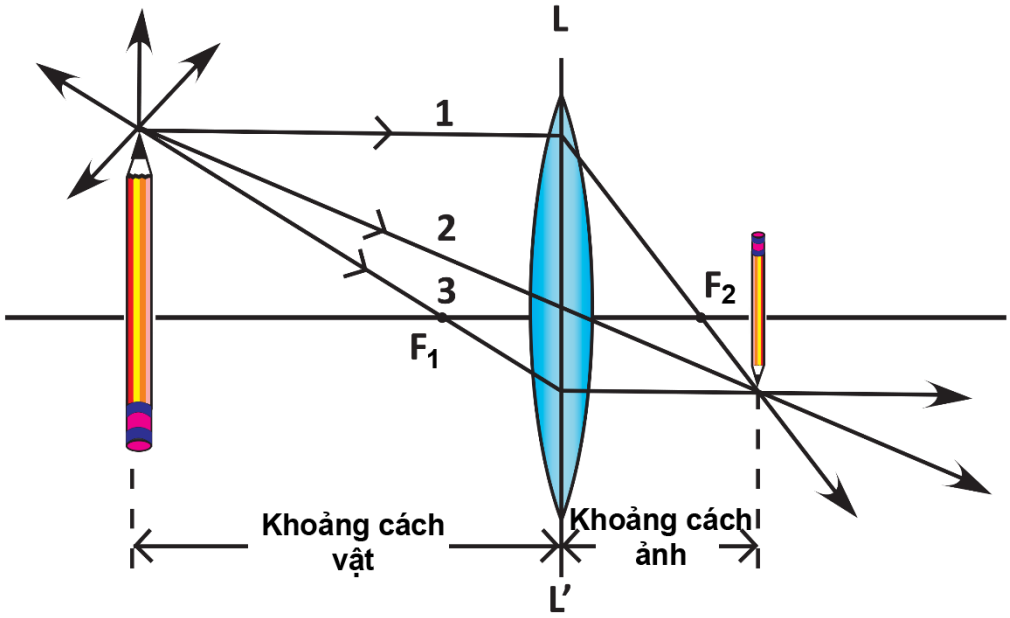
Khi các tia sáng thực sự cắt nhau ở vị trí ảnh, chúng ta gọi nó là **ảnh thực.** Một màn chắn được đặt ở điểm ảnh thực sẽ cho thấy ảnh giống như hình ảnh xuất hiện trên màn ảnh chiếu phim.
Ảnh ảo được tạo thành tại một điểm dường như là điểm hội tụ của ánh sáng (hoặc dường như là xuất phát điểm của các tia sáng). **Nếu bạn đặt một màn chắn ở vị trí của ảnh ảo thì sẽ không thấy được ảnh trên màn chắn**, bởi vì các tia sáng không thực sự cắt nhau ở đây. Một thí dụ ảnh trong gương có thể giúp giải thích các ảnh ảo. Nếu bạn đứng trước gương 1 m, ảnh của bạn sẽ ở sau gương 1 m. Tuy nhiên, bạn sẽ không thấy ảnh trên một màn chắn được đặt ở vị trí ảnh ở sau gương 1 m.

Từ các sơ đồ ở phần trước, có thể thấy rằng thấu kính **hội tụ** có một tiêu điểm thứ hai **thực**. Ngược lại, thấu kính **phân kì** có một tiêu điểm thứ hai **ảo**.

Nếu ảnh và vật ở 2 bên đối diện của trục quang học thì ảnh sẽ **đảo ngược** so với vật. Ngược lại, nếu ảnh và vật ở cùng một bên của trục quang học thì ảnh sẽ **cùng chiều** so với vật.

DỰNG ẢNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP VẼ TIA SÁNG

Một vật phản xạ các tia sáng ở tất cả các hướng từ tất cả các điểm trên bề mặt của nó. Chúng ta minh họa điều này ở hình dưới đây bằng cách sử dụng các mũi tên ở đầu chùm tia để miêu tả các tia sáng. Tuy nhiên, để xác định vị trí ảnh của chùm tia tạo thành bởi một thấu kính mỏng, bạn không cần vẽ các tia sáng từ toàn bộ vật. Thay vào đó, bạn có thể xác định vị trí ảnh bằng cách vẽ 3 tia từ một điểm của vật. Trong mỗi trường hợp, tiêu cự của thấu kính và khoảng cách từ vật tới tâm thấu kính (**khoảng cách vật**) quyết định khoảng cách từ ảnh đến thấu kính (**khoảng cách ảnh**).



Hình 4.6: *Phương pháp dựng ảnh bằng vẽ tia sáng*

THẤU KÍNH HỘI TỤ

3 tia có thể được dùng một cách tiện lợi xuất phát từ các định nghĩa đã được nêu ở phần đầu của chương này. Hãy xem sơ đồ dưới đây để thấy các định nghĩa này được dùng thế nào. Theo qui ước, các sơ đồ quang học thừa nhận rằng ánh sáng đi từ trái sang phải theo hướng dương. Qui ước về dấu được nêu chi tiết hơn ở chương thấu kính mỏng 2.

1. **Tia 1** tới thấu kính song song với trục quang học, do đó bị khúc xạ qua tiêu điểm thứ hai.
2. **Tia 2** đi qua quang tâm mà không bị lệch hướng.
3. **Tia 3** đi qua tiêu điểm thứ nhất, do đó ra khỏi thấu kính song song với trục quang học.

Mặc dù chúng ta có thể dùng 3 tia cụ thể này để xác định vị trí ảnh nhưng sự tạo ảnh trên thực tế phức tạp hơn nhiều. Ánh sáng từ mỗi điểm của vật sẽ hội tụ để tạo thành điểm tương ứng của ảnh. Các tia từ một điểm đơn của vật tới toàn bộ bề mặt thấu kính. Ngược lại, bất kì diện tích nhỏ nào của mặt thấu kính cũng đều được tới bởi các tia đến từ mỗi điểm của vật. Tất cả các tia tới mỗi vùng nhỏ đều được hội tụ để thành ảnh. **Do đó, ảnh được tạo thành bởi các tia sáng đi qua mỗi phần của thấu kính**. Vì lí do này, chặn một phần thấu kính không tạo ra một vùng tối trên ảnh mà chỉ làm giảm độ sáng của ảnh bằng cách hạn chế lượng ánh sáng tới nó.

Khi các tia ở gần và gần như song song với trục (phép xấp xỉ cận trục), một vật nhỏ phẳng vuông góc với trục quang học được tạo ảnh bởi một thấu kính mỏng là một vùng phẳng cũng vuông góc với trục đó. Do đó tất cả các điểm ở mặt phẳng vật được mô tả như là các điểm ở một mặt phẳng ảnh. Khi vật có 3 chiều, giống như chùm tia ở hình trên, các điểm nằm ở các mặt phẳng vật khác nhau không hội tụ vào một mặt phẳng ảnh đơn. Chúng ta sẽ giới hạn nội dụng thảo luận ở các vật phẳng và các ảnh phẳng của chúng. Do đó chúng ta thường miêu tả các vật và ảnh bằng các mũi tên đơn giản vuông góc với trục quang học.

Chúng ta hãy nêu rõ **phương pháp đồ họa** để xác định vị trí ảnh từ một thấu kính đã cho khi biết vị trí của vật. Cũng có thể xác định kích thước vật từ một sơ đồ như vậy.

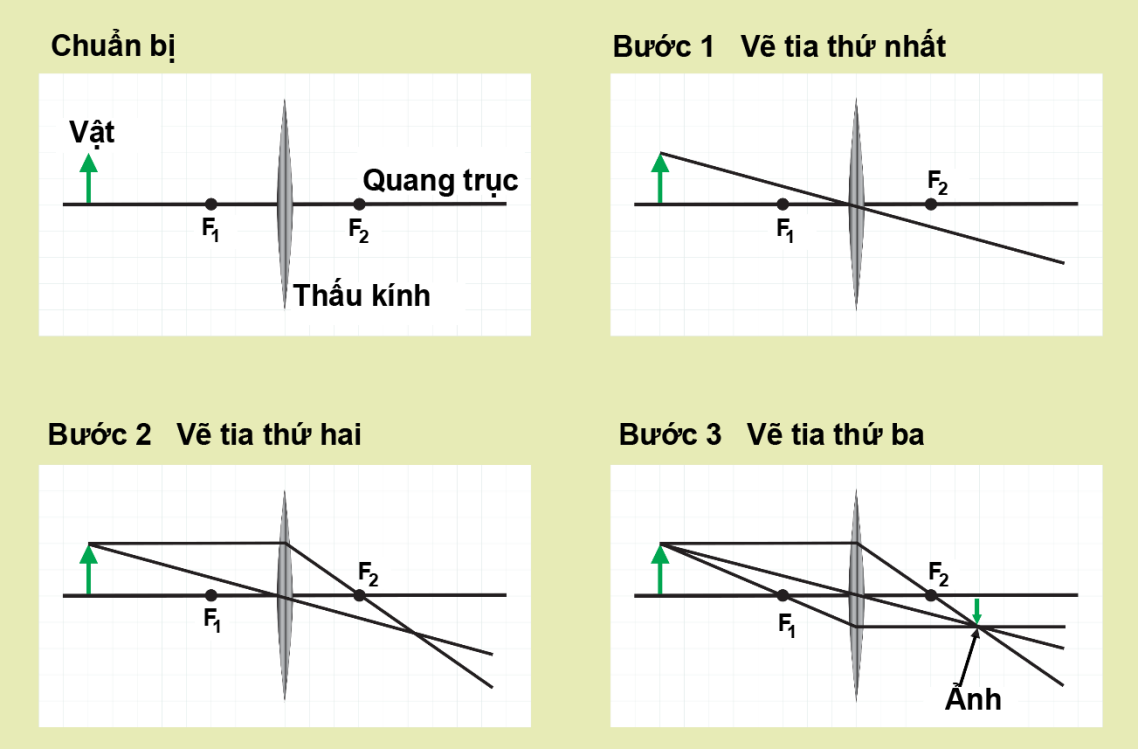
A. Chọn một thang độ thích hợp và đánh dấu vị trí của thấu kính trên trục quang học. Cần nhớ rằng ảnh tạo thành bởi một thấu kính phân kì sẽ được tạo thành ở giữa vật và thấu kính, (ở cùng bên với ánh sáng tới).

B. Vẽ một đường thẳng LL′ đại diện cho 2 mặt thấu kính.

C. Đánh dấu tiêu điểm thứ nhất và tiêu điểm thứ hai của thấu kính trên trục quang học và xác định vị trí vật trên trục, tất cả với cùng một thang độ.

D. Vẽ các tia 1, 2 và 3. Bất kì 2 trong số 3 tia này là đủ để xác định vị trí ảnh, nhưng bao giờ cũng nên vẽ tia thứ 3 để kiểm tra, nếu có thể.

E. Nếu các tia sáng hội tụ ở bên đối diện với ánh sáng tới thì ảnh là thực và nằm ở ở giao điểm của 3 tia này. Nếu các tia phân kì thì ảnh là ảo và nằm ở vị trí dường như là điểm xuất phát của 3 tia này. Bạn có thể đo vị trí và độ cao ảnh trực tiếp từ hình vẽ theo tỉ lệ.



Hình 4.7: *Phương pháp dựng ảnh bằng vẽ tia sáng, các tia chính*

Bạn có thể vẽ một sơ đồ tia sáng cho mỗi điểm của vật để xác định đầy đủ vị trí ảnh. Tuy nhiên, nếu toàn bộ vật ở cách thấu kính một khoảng gần như nhau, thì bạn chỉ cần xem xét ảnh của một điểm ở vật và xác định vị trí phần còn lại của vật theo cách đó.

Ngoài ra, chú ý rằng đối với một khoảng cách vật xác định, kích thước và vị trí ảnh hoàn toàn được xác định bằng tiêu cự của thấu kính. Do đó, nếu kích thước vật không được cho thì có thể dùng bất kì kích thước thuận tiện nào.

Các tia được dùng trong trường hợp thấu kính phân kì cũng tương tự các tia đã được xem xét ở phần trước.

THẤU KÍNH PHÂN KÌ

1. **Tia 1** đi tới thấu kính song song với trục quang học và do đó dường như xuất hiện từ tiêu điểm thứ hai.
2. **Tia 2** đi qua quang tâm, không bị lệch.
3. **Tia 3** đi về phía tiêu điểm thứ nhất và do đó ra khỏi thấu kính song song với trục quang học.

Chú ý rằng trong trường hợp này, bạn cần kéo dài các tia để tìm điểm giao cắt ảo của chúng (ảnh ảo).

ĐỘ PHÓNG ĐẠI DÀI

Độ phóng đại dài (linear magnification**)** (m) của một quang hệ là tỉ số giữa độ lớn của ảnh và độ lớn của vật. Độ phóng đại bằng 1 nghĩa là ảnh và vật có độ lớn bằng nhau. Tương tự, nếu ảnh lớn hơn vật thì độ phóng đại sẽ lớn hơn 1. Chữ "độ lớn" ở đây có nghĩa là bất kì kích thước **thẳng** nào như chiều cao hoặc chiều rộng.

$$m = \frac{\text{Độ lớn của ảnh (I)}}{\text{Độ lớn của vật (O)}}$$

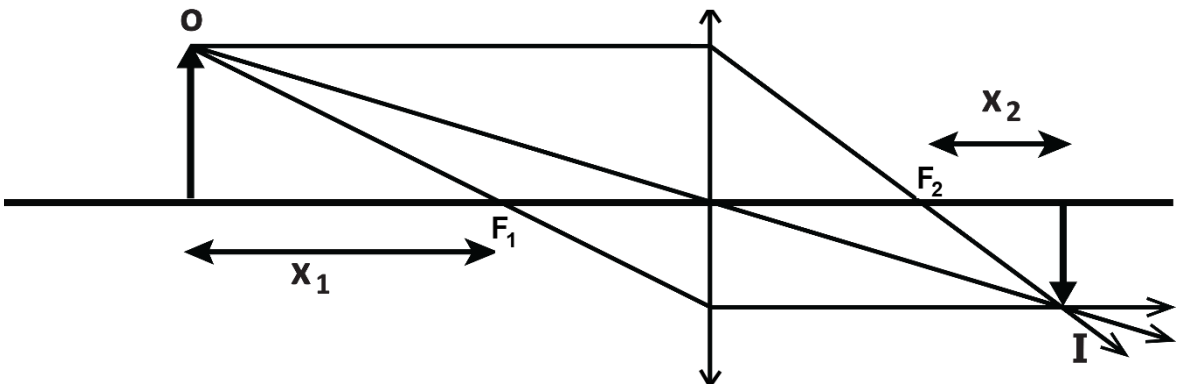
Nếu sử dụng qui ước về dấu nêu rõ rằng các khoảng cách trên trục quang học được coi là dương và các khoảng cách dưới trục quang học được coi là âm thì chúng ta có kết quả sau:

Nếu ảnh **cùng chiều** với vật thì độ phóng đại là **dương**.

Nếu ảnh **đảo ngược** với vật thì độ phóng đại là **âm.**

CÁC ĐIỂM LIÊN HỢP

Hãy xem xét hình 4.8 ở bên dưới. Một vật ở điểm **O** được tạo thành ảnh ở điểm **I**. Theo nguyên lí thuận nghịch, bất kì tia thực nào của ánh sáng ở một quang hệ, nếu bị đảo ngược hướng, sẽ đi ngược lại cùng con đường đó. Do đó, một vật được đặt ở vị trí **I** sẽ sinh ra một ảnh ở vị trí **O**. Do đó, điểm O và điểm I có thể hoán đổi cho nhau (ánh sáng phát ra ở một điểm sẽ hội tụ ở điểm kia) và được gọi là *các điểm liên hợp.*



Hình 4.8: *Các điểm liên hợp*