

*vLời cảm ơn*

*Đầu tiên em xin chân thành cảm ơn ban chủ nhiệm khoa, các thầy cô giáo trong khoa đã giúp đỡ em trong những năm học tại khoa Vật lí và tạo điều kiện cho em được làm luận văn này.*

*Đặc biệt em bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới thầy giáo hướng dẫn TS. Võ Thanh Cương - người đã hết lòng giúp đỡ, chỉ bảo tận tình cho em để có ý tưởng về đề tài và hoàn thành được khoá luận này. Em xin chân thành cảm ơn thầy giáo ThS. Trịnh Ngọc Hoàng và các Thầy Cô trong tổ vật lí đại cương đã góp cho em nhiều ý kiến bổ ích để khoá luận hoàn thiện hơn. Em cũng xin chân thành cảm ơn các thầy cô giáo trong Khoa Vật lí và các bạn đã động viên em hoàn thành được khoá luận của mình.*

*Tuy nhiên, đây là lần đầu tiên thực hiện một đề tài nghiên cứu nên mặc dù đã cố gắng rất nhiều nhưng luận văn không tránh khỏi những sai sót. Bởi vậy em rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy cô giáo và các bạn sinh viên để luận văn được hoàn thiện hơn.*

*Chân thành cảm ơn.*

*Vinh, tháng 5 năm 2008*

*Sinh viên làm khoá luận*

## Phần mở đầu

Hiểu sâu sắc một hiện tượng vật lí mới có thể diễn giải và truyền đạt một cách chính xác bản chất hiện tượng đó. Trong tự nhiên các hiện tượng vật lí có thể chia ra làm hai nhóm đối tượng chính: các hiện tượng xảy ra trong hệ quy chiếu quán tính và các hiện tượng xảy ra trong hệ quy chiếu không quán tính. Tại sao ánh sáng có thể lan truyền trong vũ trụ (chân không), tại sao khi vật chuyển động nhanh thì không gian co lại thời gian trễ đi và bao nhiêu câu hỏi như vậy chỉ có thể lí giải khi thuyết tương đối ra đời. Hàng ngày nhiều hiện tượng về lực quán tính xảy ra quanh ta, để lí giải các hiện tượng đó học sinh phải hiểu đúng bản chất của hiện tượng.

Do đó trong quá trình giải bài tập Vật lí cần lựa chọn cách giải phù hợp.

Vì vậy việc sử dụng kiến thức về thuyết tương đối vào giải một số bài tập Vật lí đại cương sẽ giúp chúng ta có cách nhìn mới về hiện tượng vật lí và sẽ có được ưu điểm so với cách giải khác. Đó chính là lí do vì sao em chọn đề tài “Lí thuyết tương đối trong một số bài tập vật lí đại cương”.

Với mục đích trên khoá luận cần nghiên cứu các vấn đề sau:

1. Trình bày tóm tắt lí thuyết về nguyên lí tương đối Galilê: hệ quy chiếu quán tính, phép biến đổi Galilê, nội dung nguyên lí tương đối Galilê, khái niệm về lực quán tính.

+ Giải một số bài tập về phép biến đổi Galilê.

+ Nêu lí thuyết về lực quán tính và tính chất của chúng trong các hệ quy chiếu không quán tính.

+ Giải một số bài tập về lực quán tính.

2. Tổng quan sự ra đời, nội dung và các hệ quả của thuyết tương đối hẹp Einstein. Biểu diễn một số đại lượng theo quan điểm thuyết tương đối hẹp Einstein.

+ Giải một số bài tập theo quan điểm thuyết tương đối.

Luận văn ngoài phần mở đầu kết luận, còn có hai chương:

**Chương I: Tổng quan về lí thuyết tương đối Galilée.** Trong chương này các vấn đề được trình bày là:

1.1.1 Hệ quy chiếu quán tính

1.1.2 phép biến đổi Galilée

1.1.3 Nguyên lí tương đối Galilée

1.1.4 Bài tập về phép biến đổi Galilée

1.2 Chuyển động của chất điểm trong hệ quy chiếu quán tính

1.2.1 Hệ quy chiếu không quán tính chuyển động thẳng biến đổi đều

1.2.2 Bài tập về lực quán tính trong hệ qui chiếu không quán tính chuyển động thẳng biến đổi đều

1.3 Chuyển động của chất điểm trong hệ qui chiếu không quán tính quay

1.3.1 Bài tập về lực quán tính quay

**Chương II: Thuyết tương đối Eistein.**

Nội dung chương này là:

2.1 Sự ra đời của thuyết tương đối hẹp Einstein,

2.2 Thuyết tương đối hẹp Einstein.

2.3 Các hệ quả của thuyết tương đối hẹp.

2.4 Kết luận.

2.5 Biểu diễn một số đại lượng theo quan điểm thuyết tương đối hẹp Einstein

2.6 Bài tập minh họa.

Trong khuôn khổ một khoá luận tốt nghiệp do lần đầu tập làm quen với phương pháp nghiên cứu khoa học và cũng do thời gian hạn chế nên vẫn còn nhiều thiếu sót. Nếu được đầu tư nhiều hơn tôi nghĩ đây là một hướng nghiên cứu bổ ích và có thể làm tài liệu tham khảo cho sinh viên khoa vật lí.



# Chương I

## Nguyên lý tương đối Galilée

Từ khi định luật Newton ra đời các chuyển động cơ học đều tuân theo định luật này. Tuy nhiên trong quá trình khảo sát các chuyển động người ta phát hiện ra một số hiện tượng “vi phạm” định luật Newton. Đó là các chuyển động diễn ra trong hệ quy chiếu không quán tính. Để giải thích các hiện tượng đó sau nhiều thời gian nghiên cứu Galilée đã đưa ra thuyết đối Galilée. Trong thuyết này thời gian là tuyệt đối còn không gian là tương đối và để giải thích các hiện tượng nêu trên Galilée đưa ra khái niệm lực quán tính. Lực quán tính xuất hiện trong hệ quy chiếu chuyển động có gia tốc đối với hệ quy chiếu quán tính. Với sự ra đời khái niệm lực quán tính các quy luật chuyển động được giải thích một cách rõ ràng hơn. Để nghiên cứu thuyết tương đối Galilée ta cần đề cập tới các vấn đề sau:

### 1.1.1 Hệ quy chiếu quán tính

Hệ quy chiếu là một hệ tọa độ dựa vào đó vị trí của mọi điểm trên vật thể và vị trí của vật thể khác được xác định đồng thời có một đồng hồ đo để xác định thời điểm của sự kiện.

Quan sát định luật chuyển động của các chất điểm sẽ khác nhau trong những hệ quy chiếu khác nhau. Tuy nhiên tồn tại hệ quy chiếu mà trong đó chất điểm cô lập hoặc đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều từ một vị trí ban đầu bất kì, từ một hướng bất kì của vectơ vận tốc. Hệ quy chiếu như vậy

được gọi là hệ quy chiếu quán tính (hệ quy chiếu bảo toàn trạng thái chuyển động của vật).

Như vậy trong hệ quy chiếu quán tính chất điểm cô lập giữ nguyên trạng thái đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều. Từ những nghiên cứu đó Galilê đã đưa ra thuyết tương đối gồm các điểm sau:

- Trong hệ quy chiếu quán tính thời gian như nhau hay **thời gian là tuyệt đối:  $t = t$**
- Vị trí của một điểm M nào đó phụ thuộc hệ quy chiếu.

Ví dụ: có hai hệ quy chiếu O, O' (hệ O' chuyển động với vận tốc V so với hệ O). Trong hệ O' điểm M có tọa độ là  $x'$ . Trong hệ O tọa độ của điểm M là:  $x = x' + OO' = x' + V.t$

Vậy vị trí trong không gian là tương đối.

- **Khoảng (khoảng cách) có tính tuyệt đối** không phụ thuộc hệ quy chiếu.

Thật vậy: Lấy hai điểm cố định trên O'. Độ dài

L' trong O' được xác định:

$$L' = x'_B - x'_A$$

Lại có:  $x_A = x'_A + V.t$

$$x_B = x'_B + V.t$$

Nên độ dài L trong hệ O sẽ là:

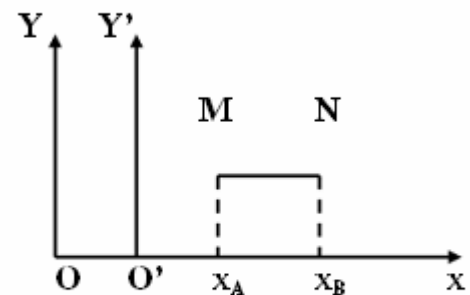
$$L = x_A - x_B = x'_A - x'_B = L'$$

Thuyết tương đối Galilê khẳng định không

gian chuyển động là tương đối, thời gian là

tuyệt đối. Một vật đứng yên trong hệ này nhưng có thể chuyển động thẳng đều đối với hệ kia.

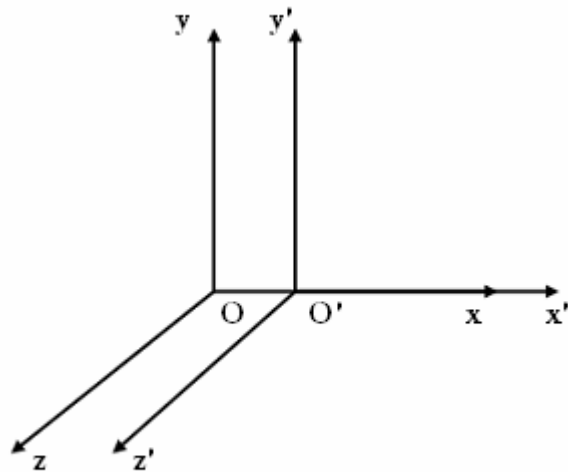
### 1.1.1 Phép biến đổi Galilê



Hình 1.1

Để khảo sát chuyển động của một vật ta cần đưa ra một hệ toạ độ trong đó phương trình biểu diễn sự phụ thuộc các thành phần của toạ độ vào thời gian gọi là phương trình chuyển động. Trên một chuyển động ta có thể chọn nhiều hệ toạ độ khác nhau, nhưng trong cách chọn hệ toạ độ như thế nào các phép đo vật lí phải tuân theo thuyết tương đối Galilê. Các toạ độ trong các hệ quy chiếu khác nhau cùng mô tả một chuyển động có thể biến đổi cho nhau. Phép biến đổi đó được gọi là phép biến đổi Galilê.

Để minh hoạ, ta xét hai hệ quy chiếu  $K$  và  $K'$ , trong đó  $K'$  chuyển động thẳng đều với vận tốc  $v$  so với  $K$ . Hệ  $K$  gắn vào hệ toạ độ Đề các vuông góc  $Oxyz$ , hệ  $K'$  gắn vào hệ toạ độ Đề các vuông góc  $O'x'y'z'$  sao cho trục  $Ox$  trùng với trục  $O'x'$  và trùng với vectơ vận tốc  $V$ ,  $Oy$  song song với  $O'y'$ ,  $Oz$  song song với  $O'z'$ .



Hình 1.2

Với cách chọn như vậy, hai hệ quy chiếu  $K$ ,  $K'$  được gọi là hai hệ quy chiếu quán tính với nhau, hay là **hai hệ quy chiếu quán tính với nhau khi chúng chuyển động thẳng đều với nhau**. Tại thời điểm ban đầu hai hệ hoàn toàn trùng nhau, sau đó  $K'$  chuyển động dọc chiều dương của trục  $Ox$  với vận tốc  $V$  (hình 1.2), từ đó ta có:

#### a) Phép biến đổi toạ độ của hệ quy chiếu.

Thong hệ  $K$  và  $K'$  toạ độ của chất điểm lần lượt là:  $M(x,y,z)$  và  $M'(x',y',z')$ , ta có phép biến đổi toạ độ là:

$$x(t) = x'(t) + Vt.$$

$$y(t) = y'(t) \quad (1.1.1)$$

$$z(t) = z'(t)$$

$$t = t'$$

Ba phương trình trên cũng là mối quan hệ giữa phương trình chuyển động trong hệ K và hệ K'.

### **b) Phép biến đổi vận tốc.**

Đạo hàm theo thời gian hệ phương trình (1.1.1) ta được phương trình cộng vận tốc:

$$\begin{aligned} v_x(t) &= v'_x(t) + V \\ v_y(t) &= v'_y(t) \\ v_z(t) &= v'_z(t) \end{aligned} \quad (1.1.2)$$

Nếu biểu diễn theo vectơ vận tốc, ta có công thức cộng vận tốc:

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}$$

### **c) Công thức cộng gia tốc.**

Đạo hàm theo thời gian (1.1.2) ta được:

$$\begin{aligned} a_y &= a'_y \\ a_z &= a'_z \end{aligned} \quad (1.1.3)$$

$$a_z = a'_z$$

Như vậy gia tốc trong hai hệ quy chiếu quán tính được bảo toàn.

Nếu K và K' là hai hệ quy chiếu quán tính với nhau thì gia tốc của một chất điểm trong hai hệ quy chiếu là như nhau, hay nói cách khác tính quán tính trong hai hệ quy chiếu quán tính được bảo toàn.

## **1.1.3 Nguyên lý tương đối Galilê**



Từ sự nghiên cứu khảo sát chuyển động cơ học trong các hệ quy chiếu quán tính, Galilê đã đưa ra một nguyên lí, sau này gọi là nguyên lí tương đối tương đối Galilê.

Nội dung nguyên lí: ***tất cả các định luật cơ học đều giống nhau trong mọi hệ quy chiếu quán tính***

Về mặt toán học có nghĩa là: ***những phương trình mô tả các định luật cơ học cổ điển sẽ không đổi dạng đối với phép biến đổi của tọa độ và thời gian khi chuyển từ hệ quy chiếu quán tính này sang hệ quy chiếu quán tính khác theo công thức biến đổi Galilê.***

Nguyên lí tương đối Galilê có vai trò rất quan trọng trong việc nghiên cứu cơ học cổ điển. Trong môn học này phương trình cơ bản của động lực học được biểu diễn bằng định luật II của Newton:

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

Trong đó:  $m$  là khối lượng của vật và là đại lượng bất biến

$\vec{F}$  là tổng hợp lực tác dụng lên vật

Lực tác dụng lên vật được chia làm ba loại sau

- Lực phụ thuộc khoảng cách không gian: lực đàn hồi, lực hấp dẫn, lực tĩnh điện
- Lực phụ thuộc vận tốc tương đối: lực ma sát, lực cản của không khí, lực nhớt
- Lực phụ thuộc thời gian: lực đàn hồi

Mặt khác khoảng cách không gian, vận tốc tương đối, thời gian đều là những đại lượng bất biến đối với phép biến đổi Galilée. Do vậy lực  $\vec{F}$  cũng là lượng bất biến đối với phép biến đổi Galilée.

Vậy phương trình biểu diễn định luật II Newton là phương trình bất biến đối với phép biến đổi Galilê. Từ đó ta có kết luận: ***trong các hệ quy***

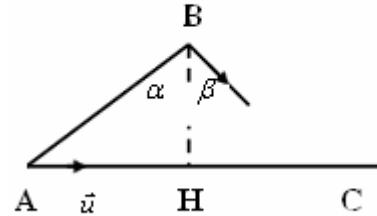
*chiếu quán tính, các định luật cơ học cổ điển là bất biến với phép biến đổi Galilê*

**Minh hoạ cho phép biến đổi Galilê ta xét một số dạng chuyển như sau:**

#### 1.1.4 Bài tập về phép biến đổi Galilê

##### **Bài 1.1.1** (Bài tập về phép biến đổi toạ độ)

Tàu A đi theo đường AC với vận tốc  $u$ . Ban đầu tàu A cách tàu B khoảng  $AB$ . Biết  $BH$  vuông góc với  $AC$ , góc giữa  $AB$  và  $BH$  là  $\alpha$  (hình vẽ). Hỏi tàu B phải đi với vận tốc bằng bao nhiêu để gặp được tàu A? Biết tàu B đi theo



Hình 1.3

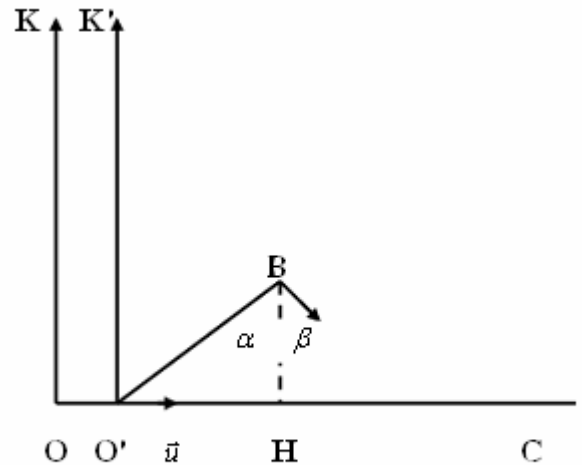
hướng tạo với  $HB$  góc  $\beta$ .

##### **Giải:**

Chọn hệ quy chiếu  $K$  và  $K'$  sao cho:

- Hệ  $K$  gắn với mặt đường
- Hệ  $K'$  gắn với tàu A

Ban đầu  $K$  và  $K'$  hoàn toàn trùng nhau, sau đó  $K'$  chuyển động với vận tốc  $u$  so với  $K$  theo phương  $ox$ . Xét chuyển động của tàu B trong hệ quy chiếu  $K$  và  $K'$ .



Hình 1.4

+ Vận tốc của tàu B trong hệ  $K$  là:

$$v_x = v \cdot \sin \beta$$

$$v_y = v \cdot \cos \beta$$

+ Phương trình chuyển động của B trong  $K$  là:

$$x = L \cdot \sin \alpha + v_x \cdot t = L \cdot \sin \alpha + v \cdot \sin \beta \cdot t$$

$$y = L \cdot \cos \alpha - v_y \cdot t = L \cdot \cos \alpha - v \cdot \cos \beta \cdot t$$

(1.1.4)