



## **CHƯƠNG 2: ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM**

**§1. Các định luật Newton**

**§2. Các định lý động lượng. Định luật bảo toàn động lượng.**

**§3. Nguyên lý tương đối Gallileo**



# §1. Các định luật Newton

**Động lực học:** Nghiên cứu mối quan hệ giữa chuyển động với tương tác giữa các vật (Có tính đến lực tác dụng).

Cơ sở của động lực học chất điểm là ba định luật Newton.



**Isaac Newton  
(1643-1727)**



# §1. Các định luật Newton

## 1. Định luật 1 – Định luật quán tính

**Chất điểm cô lập:** ( $\vec{v} = \overrightarrow{\text{const}}$ ) là chất điểm hoàn toàn không chịu tác dụng của các chất điểm khác và ngược lại.

### Phát biểu định luật 1

*“ Một chất điểm cô lập đứng yên thì sẽ tiếp tục đứng yên, nếu đang chuyển động sẽ chuyển động thẳng đều”.*



# §1. Các định luật Newton

## Nhận xét

Vận tốc của chất điểm không thay đổi  $\rightarrow$  trạng thái chuyển động được bảo toàn. Mà quán tính đặc trưng cho tính bảo toàn trạng thái chuyển động.

$\rightarrow$  Định luật 1 gọi là **định luật quán tính**.

Tính quán tính = “tính ì”

**Hệ quy chiếu quán tính:** *Hệ quy chiếu trong đó các định luật của Newton được nghiệm đúng (hệ quy chiếu mà trong đó chuyển động của vật tự do là chuyển động thẳng đều).*



# §1. Các định luật Newton

## 2. Định luật 2

**Khái niệm lực:** Đại lượng vật lý đặc trưng cho tương tác giữa các vật → làm cho vật bị biến dạng hoặc làm cho vật thay đổi trạng thái chuyển động.

**Lực là đại lượng véctơ có:**

- + *Phương, chiều là phương, chiều tác dụng lực*
- + *Gốc là điểm đặt của lực*
- + *Độ lớn là cường độ của lực*

**Khối lượng:** *Đặc trưng cho mức quán tính của chất điểm (vật).*



# §1. Các định luật Newton

## Khối lượng

- Là thước đo về số lượng vật chất chứa trong vật thể.
- Là một đại lượng vật lý đặc trưng cho mức quán tính của vật đó. Vật có khối lượng lớn có sức ì lớn hơn và cần lực lớn hơn để làm thay đổi chuyển động của nó và ngược lại.
- Đặc trưng cho mức độ vật đó hấp dẫn các vật thể khác, theo định luật vạn vật hấp dẫn Newton. Vật có khối lượng lớn có tạo ra xung quanh trường hấp dẫn lớn.



# §1. Các định luật Newton

## Phát biểu định luật 2

*“ Trong một hệ quy chiếu quán tính, vectơ gia tốc mà một chất điểm chuyển động thu được tỷ lệ thuận với lực tác dụng và tỷ lệ nghịch với khối lượng của nó”.*

$$\vec{a} = k \frac{\vec{F}}{m} \quad (1)$$

Trong hệ SI:  $k = 1$  nên:  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \rightarrow \vec{F} = m\vec{a} \quad (2)$

**Đơn vị đo:**  $a \rightarrow \text{m/s}^2$ ;  $m \rightarrow \text{kg}$ ;  $F \rightarrow \text{Newton (N)}$ .

*Newton là lực gây ra cho chất điểm có khối lượng 1 kg gia tốc là  $1\text{m/s}^2$ .*



# §1. Các định luật Newton

## Nhận xét

+ Dưới tác dụng của cùng một lực, chất điểm nào có khối lượng càng lớn thì gia tốc thu được càng nhỏ

→ Trạng thái chuyển động càng ít thay đổi → Quán tính càng lớn và ngược lại.

+ Trường hợp tổng quát: Nếu chất điểm chịu tác dụng của nhiều lực khi đó  $F$  là tổng hợp của tất cả các lực tác dụng lên chất điểm

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a} \quad (3)$$





# §1. Các định luật Newton

## 3. Lực tiếp tuyến và lực pháp tuyến

- Đối với một vật chuyển động trên một quỹ đạo cong, gia tốc của vật có thể phân tích thành hai thành phần: Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến.

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

- Một cách tương tự, lực tác dụng lên vật cũng có thể phân tích thành hai thành phần: lực tiếp tuyến và lực pháp tuyến.

$$\vec{F} = m\vec{a} = m(\vec{a}_t + \vec{a}_n) = \vec{F}_t + \vec{F}_n$$



# §1. Các định luật Newton

## Lực tiếp tuyến

- Phương và chiều trùng với phương và chiều của véctơ gia tốc tiếp tuyến.
- Độ lớn:  $|\vec{F}_t| = |m\vec{a}_t| = m \left| \frac{d\vec{v}}{dt} \right|$
- Ý nghĩa: “Lực tiếp tuyến chính là nguyên nhân làm thay đổi độ lớn của vận tốc của vật nhưng không làm thay đổi phương của vận tốc”.



# §1. Các định luật Newton

## Lực pháp tuyến

- Phương vuông góc với phương của véc tơ vận tốc, có chiều hướng về mặt lõm của quỹ đạo.
- Độ lớn:  $|\vec{F}_n| = |m\vec{a}_n| = m \frac{v^2}{R}$
- Ý nghĩa: “Lực pháp tuyến đóng vai trò lực hướng tâm và là nguyên nhân làm thay đổi phương chuyển động của vật”.

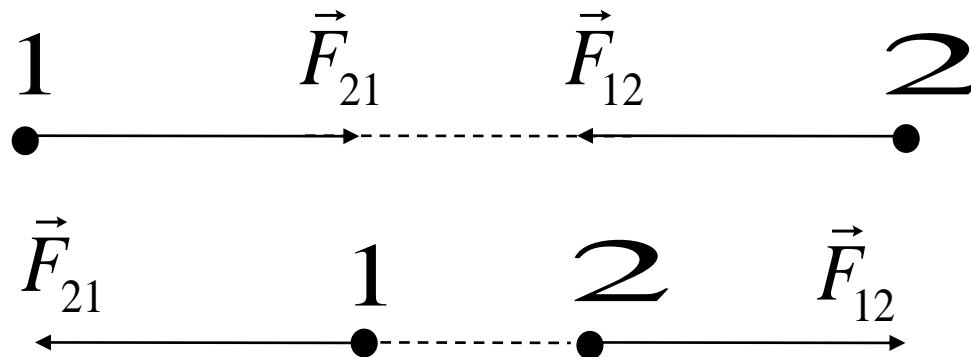


# §1. Các định luật Newton

## 4. Định luật 3

### Nội dung

“ Khi chất điểm một tác dụng lên chất điểm hai một lực  $\vec{F}_{12}$  thì ngược lại chất điểm hai sẽ tác dụng lên chất điểm một một lực  $\vec{F}_{21}$  cùng phương, ngược chiều và có cùng độ lớn ”



**Biểu thức:**  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \rightarrow \vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = \vec{0}$  (4)



# §1. Các định luật Newton

## Nhận xét

+  $\vec{F}_{12}$  và  $\vec{F}_{21}$  là cặp lực và phản lực.

Lực và phản lực luôn xuất hiện hoặc mất đi đồng thời.

Đây là cặp lực trực đối

+ Hai lực này không triệt tiêu lẫn nhau vì chúng được đặt vào hai chất điểm khác nhau.





## §2. Động lượng

### 1. Khái niệm động lượng

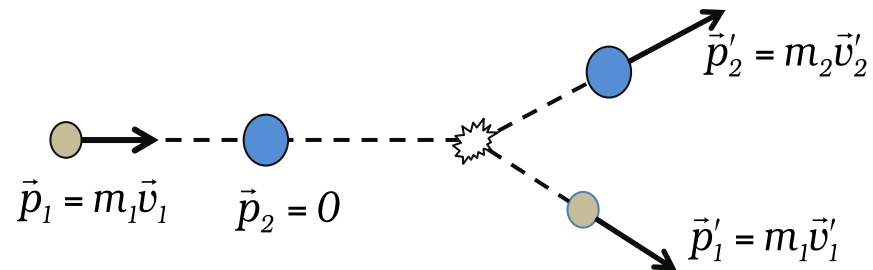
**Khái niệm:** Là đại lượng được xác định bằng tích số giữa khối lượng và vận tốc chuyển động của chất điểm.

**Biểu thức:**  $\vec{P} = m\vec{v}$  (1)

### Ý nghĩa

+ Động lượng là đại lượng đặc trưng cho trạng thái chuyển động về mặt động lực học.

+ Động lượng là đại lượng đặc trưng cho khả năng truyền chuyển động của chất điểm.





## §2. Động lượng

### 2. Định lý động lượng

#### Định lý 1

Theo Định luật 2 Newton:

$$\vec{F} = m \vec{a} ; \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\rightarrow \vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt} \quad (2)$$

#### Phát biểu

*Đạo hàm của véctơ động lượng của chất điểm theo thời gian bằng tổng hợp các ngoại lực tác dụng lên chất điểm trong thời gian đó.*



## §2. Động lượng

### Định lý 2

Từ định lý 1:  $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} \rightarrow d\vec{P} = \vec{F} dt$

Lấy tích phân hai vế của biểu thức trên trong khoảng thời gian từ  $t_1 \rightarrow t_2$  ứng với sự biến thiên của véctơ động lượng của chất điểm từ  $\vec{P}_1 \rightarrow \vec{P}_2$

$$\int_{P_1}^{P_2} d\vec{P} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt \leftrightarrow \vec{P}_2 - \vec{P}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt \rightarrow \Delta\vec{P} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt \quad (3)$$

Nếu ngoại lực  $F$  không thay đổi theo thời gian:

$$\rightarrow \Delta\vec{P} = \vec{F} \Delta t \quad (4)$$





## §2. Động lượng

Gọi  $\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$  hay  $\vec{F} \Delta t$  là xung lượng của lực trong khoảng thời gian  $\Delta t$

### **Phát biểu định lý 2**

*Độ biến thiên động lượng của một chất điểm trong khoảng thời gian nào đó bằng xung lượng của lực tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian đó.*

**Ý nghĩa xung lượng:** Đặc trưng cho khả năng làm thay đổi động lượng của chất điểm chịu tác dụng của lực  $\vec{F}$  trong khoảng  $\Delta t$



## §2. Động lượng

### 3. Định luật bảo toàn động lượng

**Hệ cô lập:** *Hệ chất điểm mà các chất điểm trong hệ chỉ tương tác với nhau mà không tương tác với bên ngoài.*

+ Xét hệ cô lập gồm hai chất điểm một và hai. Lực tương tác giữa chúng lần lượt là  $\vec{F}_{12}$  và  $\vec{F}_{21}$

+ Theo định luật ba Newton:  $\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = \vec{0}$  (5)

+ Theo định lý 1 động lượng ta có:

$$\vec{F}_{12} = \frac{d\vec{P}_2}{dt}; \quad \vec{F}_{21} = \frac{d\vec{P}_1}{dt}$$



## §2. Động lượng

Thay vào ta được:  $\frac{d\vec{P}_1}{dt} + \frac{d\vec{P}_2}{dt} = \vec{0}$  hay  $\frac{d(\vec{P}_1 + \vec{P}_2)}{dt} = \vec{0}$

$$\rightarrow \vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \text{const} \quad (6)$$

**Tổng quát:** Nếu hệ cô lập gồm có  $n$  chất điểm. Mỗi chất điểm có động lượng lần lượt là:  $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \dots, \vec{P}_n$

$$\rightarrow \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_n = \text{const} \quad (7)$$

### Phát biểu

*Tổng động lượng của một hệ chất điểm cô lập được bảo toàn.*



## §2. Động lượng

### Nhận xét

+ Nếu hệ không cô lập nhưng tổng các lực tác dụng lên hệ bằng không ( $\sum \vec{F} = 0$ ) thì tổng động lượng vẫn được bảo toàn.

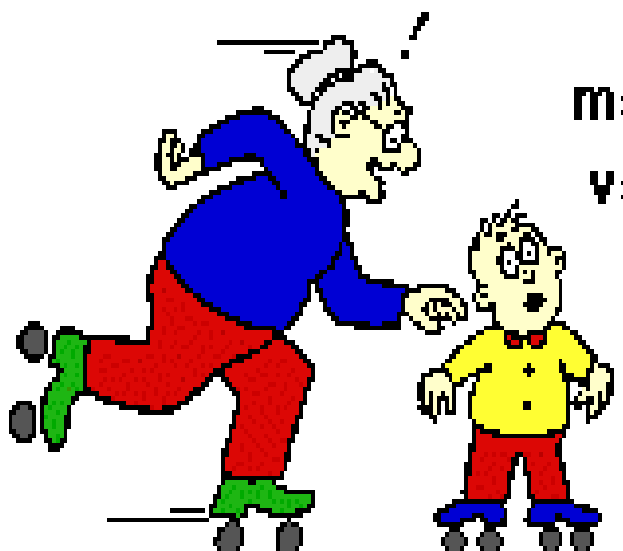
+ Nếu các ngoại lực có cùng phương x nào đó thì hình chiếu của tổng động lượng xuống một trục vuông góc với trục x cũng được bảo toàn (*Định luật bảo toàn động lượng theo phương*)



## §2. Động lượng

**BEFORE**

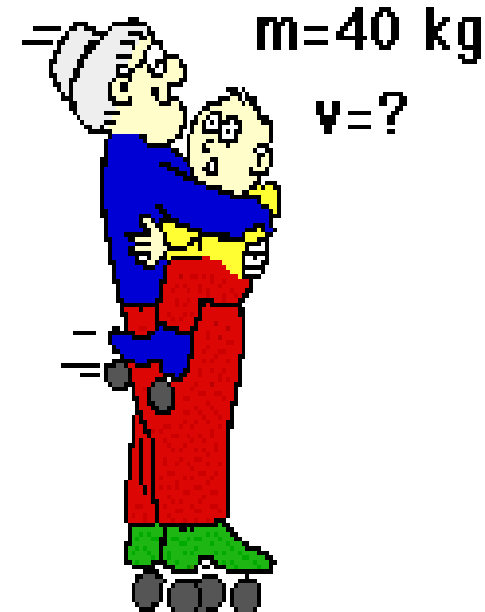
$m=80 \text{ kg}$   
 $v=6 \text{ m/s}$



$m=40 \text{ kg}$   
 $v=0 \text{ m/s}$

**AFTER**

$m=80 \text{ kg}$   
 $v=?$



$m=40 \text{ kg}$   
 $v=?$



## §2. Động lượng

### Ứng dụng định luật bảo toàn động lượng Súng giạt khi bắn

+ Gọi khối lượng và vận tốc của súng là:  $M; \vec{V}$

+ Gọi khối lượng và vận tốc của đạn là:  $m; \vec{v}$

+ Động lượng ban đầu của hệ gồm: Súng + đạn là:

$$\vec{P}_1 = 0$$

+ Động lượng của hệ Súng + đạn sau khi bắn:

$$\vec{P}_2 = M\vec{V} + m\vec{v}$$



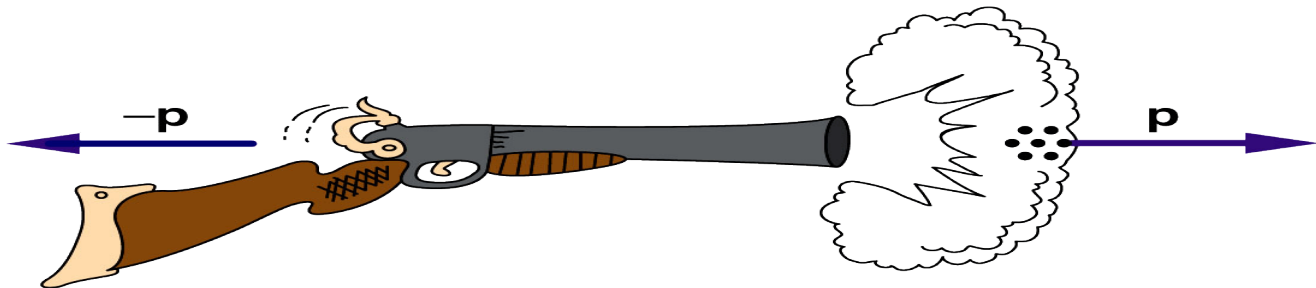
## §2. Động lượng

Do khoảng thời gian đạn nổ và chuyển động là rất nhỏ nên theo định lý 2 động lượng thì  $\Delta P$  là nhỏ. Do đó:

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2 \rightarrow M\vec{V} + m\vec{v} = 0 \rightarrow \vec{V} = -\frac{m}{M}\vec{v} \quad (8)$$

Dấu (-) chứng tỏ súng sẽ bị giật về phía sau khi đạn được bắn về phía trước.





## §2. Động lượng

### Chuyển động của tên lửa







## §2. Động lượng

Động lượng của tên lửa

Ở thời điểm  $t$ :  $p_0 = mv$

Ở thời điểm  $t + dt$ :  $p_1 = (m - dm)(v + dv)$

Động lượng của luồng khí đốt:  $p_2 = dm(v - u)$

Bảo toàn động lượng

$$p_0 = p_1 + p_2 \quad \text{hay} \quad mv = (m - dm)(v + dv) + dm(v - u)$$

Vì  $dm$  và  $dv$  đều là những sự biến thiên rất nhỏ nên ta bỏ qua số hạng vi phân bậc hai  $dmdv$

$$\cancel{mv} = \cancel{mv} - \cancel{vdm} + mdv - \cancel{dmdv} + \cancel{vdm} - udm$$

$$\boxed{mdv = udm}$$





## §2. Động lượng

Phương trình này gọi là phương trình vi phân mô tả chuyển động của tên lửa. Vế phải của phương trình mô tả một dạng lực gọi là **lực đẩy T**:

$$m dv = u dm \Rightarrow m \frac{dv}{dt} = u \frac{dm}{dt}$$

Lực đẩy tỉ lệ thuận với vận tốc đẩy khí đốt ra bên ngoài và tỉ lệ với tốc độ đốt cháy nhiên liệu.

$$T = u \frac{dm}{dt}$$



## §2. Động lượng

Công thức Tsiolkovsky

$$m dv = u dm \Rightarrow dv = u \frac{dm}{m}$$

$$\Rightarrow \int_{v_0}^v dv = u \int_{m_0}^m \frac{dm}{m} \Rightarrow v - v_0 = u \ln \frac{m_0}{m}$$

Giả thiết tên lửa được phóng lên không vận tốc ( $v_0 = 0$ )

$$v = u \ln \frac{m_0}{m}$$

**Công thức  
Tsiolkovsky, 1897**



## §2. Động lượng

Nếu tên lửa chịu ảnh hưởng của lực hấp dẫn Trái đất:

$$F_{th} = T - mg = u \frac{dm}{dt} \text{ } \textcircled{-mg} \longrightarrow \text{Lực hấp dẫn của Trái đất}$$

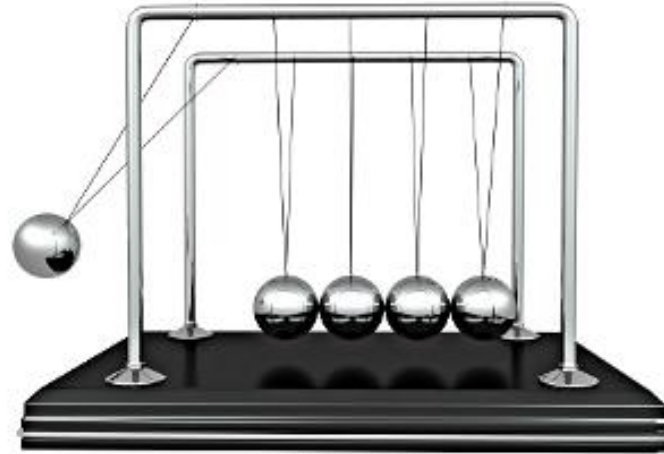
Do đó phương trình vi phân mô tả chuyển động của tên lửa có dạng

$$m \frac{dv}{dt} = u \frac{dm}{dt} - mg \Rightarrow dv = u \frac{dm}{m} - g dt$$
$$\int_{v_0}^v dv = u \int_{m_0}^m \frac{dm}{m} - \int_0^t g dt \Rightarrow v = v_0 + u \ln \frac{m_0}{m} - gt$$



## §2. Động lượng

### Con lắc Newton





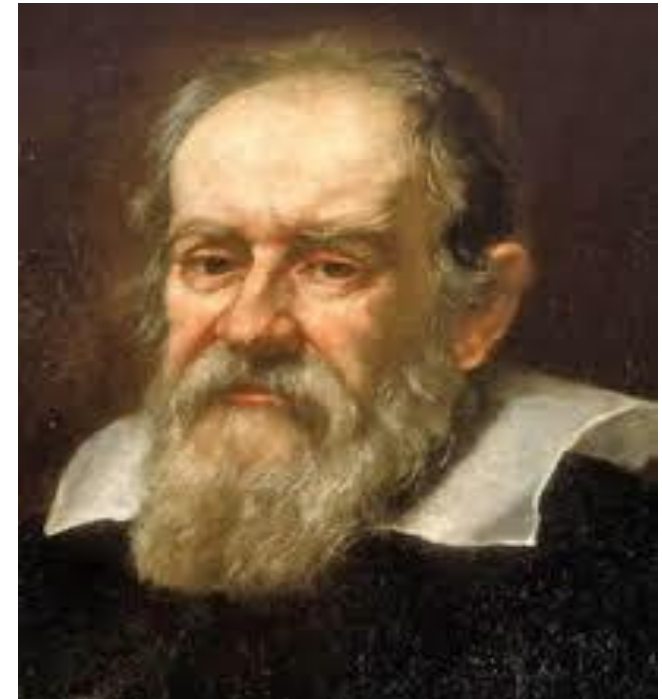
## §3. Nguyên lý tương đối Galileo

### 1. Nguyên lý tương đối

\* Mọi hệ quy chiếu chuyển động thẳng đều so với hệ quy chiếu quán tính cũng là hệ quy chiếu quán tính.

\* Các hiện tượng, các quá trình cơ học đều xảy ra giống nhau trong các hệ quy chiếu quán tính khác nhau.

\* Không một hiện tượng cơ học nào xảy ra trong hệ quy chiếu quán tính cho phép ta nhận biết ta đang ở trong hệ đứng yên hay hệ chuyển động thẳng đều.



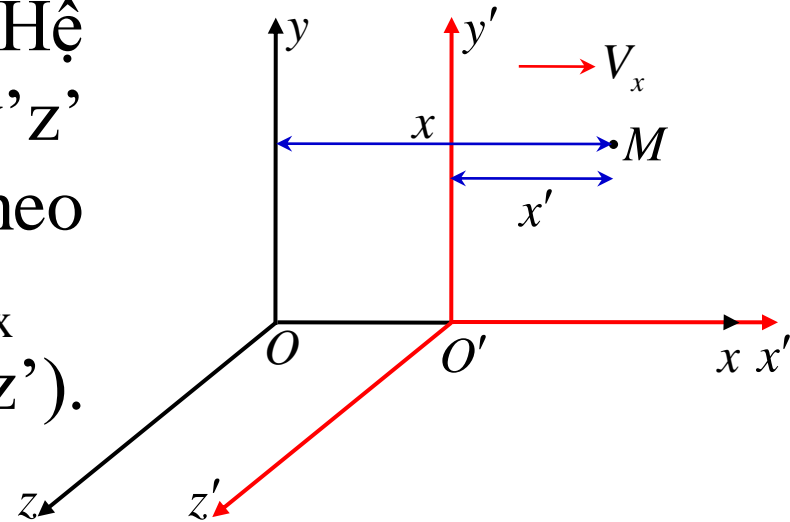
**Galileo Galille**  
(1564-1642)



# §3. Nguyên lý tương đối Galileo

## 2. Phép biến đổi Galileo về tọa độ và thời gian

Xét hai hệ quy chiếu quán tính: Hệ  $Oxyz$  đứng yên, hệ  $O'x'y'z'$  chuyển động thẳng đều dọc theo trục  $Ox$  với vận tốc không đổi  $V_x$  ( $Ox \equiv O'x'$ ;  $Oy \parallel O'y'$ ;  $Oz \parallel O'z'$ ).



Xét điểm  $M$  bất kỳ. Thời gian và tọa độ của  $M$  trong 2 hệ  $Oxyz$  và  $O'x'y'z'$  là:

$Oxyz$  :  $t, x, y, z,$

$O'x'y'z'$  :  $t', x', y', z'$



## §3. Nguyên lý tương đối Galileo

**Nhận xét:** Theo quan điểm của cơ học cổ điển

*Thời gian có tính tuyệt đối không phụ thuộc vào hệ quy chiếu (Thời gian chỉ bởi các đồng hồ trong hai hệ O và O' là như nhau:*

$$t = t' \quad (1)$$

*Tọa độ không gian có tính chất tương đối và phụ thuộc vào hệ quy chiếu.*

$$x = x' + OO'; y = y'; z = z' \quad (2)$$





## §3. Nguyên lý tương đối Galileo

Phép biến đổi cho phép chuyển tọa độ không gian và thời gian từ hệ  $O'$  sang hệ  $O$  và ngược lại.

$$\left\{ \begin{array}{l} x = x' + V_x t' \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{array} \right. \quad (3) \quad \rightarrow \quad \left\{ \begin{array}{l} x' = x - V_x t \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{array} \right. \quad (4)$$



## §3. Nguyên lý tương đối Galileo

### Công thức cộng vận tốc

Từ biểu thức:  $x = x' + V_x t'$

Lấy đạo hàm hai vế theo thời gian t:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx'}{dt} + V_x$$

Suy ra:  $v_x = v'_x + V_x$  (4) (Công thức cộng vận tốc).



## §3. Nguyên lý tương đối Galileo

### 3. HQC không quán tính – Lực quán tính

Giả sử hệ  $O'$  chuyển động có gia tốc  $A$  so với hệ  $O \rightarrow$  Hệ  $O'$  là hệ quy chiếu không quán tính:

$$\vec{A} = \frac{d\vec{V}_x}{dt}$$

Lấy đạo hàm hai vế (4) theo thời gian ta được:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}'}{dt} + \frac{d\vec{V}_x}{dt} \rightarrow \vec{a} = \vec{a}' + \vec{A} \quad (5)$$

**Nhận xét:** Khi hệ  $O'$  là không quán tính thì gia tốc của chất điểm  $M$  trong hệ đó sẽ khác với gia tốc của nó trong hệ quán tính  $O$  một lượng là  $A$ .



## §3. Nguyên lý tương đối Galileo

### Lực quán tính

+ Từ hệ thức  $\vec{a} = \vec{a}' + \vec{A} \rightarrow m\vec{a} = m\vec{a}' + m\vec{A}$

+ Vậy ta có:  $m\vec{a}' = m\vec{a} + (-m\vec{A})$  (6)

+ Vì hệ O là HQC quán tính nên định luật Newton được thoả mãn.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\rightarrow m\vec{a}' = \vec{F} + \vec{F}_{qt} \quad (6)$$

Với  $\vec{F}_{qt} = -m.\vec{A}$  gọi là lực quán tính.



## §3. Nguyên lý tương đối Galileo

### Nhận xét

- + *Khi chất điểm chuyển động trong hệ quy chiếu không quán tính nó còn chịu thêm lực quán tính.*
- + *Lực quán tính chỉ là lực ảo. Ta chỉ nhận biết được khi ta ở trong hệ quy chiếu không quán tính.*
- + *Lực quán tính luôn luôn cùng phương và ngược chiều với gia tốc  $A$  của hệ quy chiếu không quán tính.*



**HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM**  
**VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY OF AGRICULTURE**

# Hết chương 2