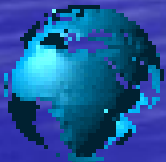


CHƯƠNG II:

ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

❖ Động lực học là bộ phận cơ học nghiên cứu về chuyển động của các vật nhưng **có xét đến các lực tác dụng lên vật**, là nguyên nhân làm thay đổi trạng thái chuyển động hay đứng yên của vật đó.

❖ Nền tảng của động lực học là *ba định luật Newton*.



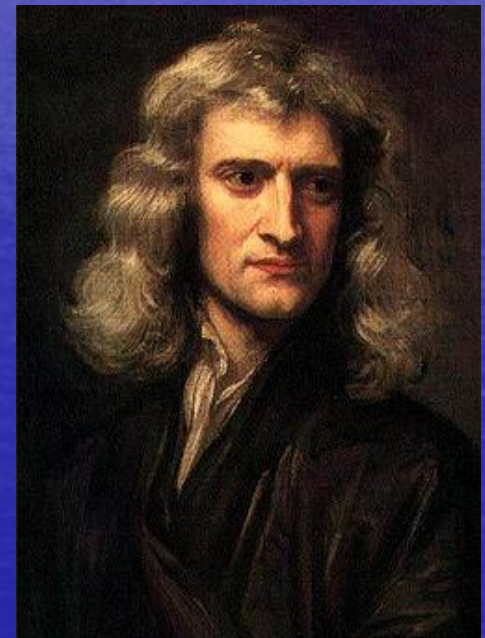
2.1. BA ĐỊNH LUẬT NEWTON

2.1.1 Định luật I Newton

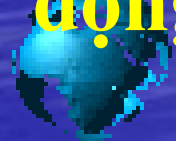
Phát biểu: Một vật cô lập (không chịu tác dụng bởi các lực bên ngoài hoặc hợp lực tác dụng lên nó bằng không) nếu nó:

+ Đang đứng yên thì sẽ đứng yên mãi.

+ Đang chuyển động thì sẽ chuyển động thẳng đều mãi.



Isaac Newton
lúc 46 tuổi



➤ Do đó một vật bất kỳ có khả năng bảo toàn trạng thái đứng yên hay chuyển động của nó, nên người ta gọi nó là có quán tính.



Định luật thứ nhất của Newton cũng được gọi là *định luật quán tính*.

➤ Lưu ý: Định luật I Newton chỉ đúng với các hệ qui chiếu quán tính, không đúng cho các hệ qui chiếu đang chuyển động có gia tốc.

➤ Hệ qui chiếu quán tính: Là hệ qui chiếu được gắn lên một vật cô lập ($\vec{v} = \text{const}; \vec{a} = 0$). Hệ qui chiếu Copernic có thể xem là hệ qui chiếu quán tính.

➤ Hệ qui chiếu gắn liền với Trái đất không phải là hệ qui chiếu quán tính vì Trái đất quay quanh Mặt trời và tự quay quanh nó. Nhưng nếu ta xét chuyển động của một vật trong khoảng thời gian ngắn thì ta có thể xem hệ qui chiếu gắn với Trái đất là một hệ qui chiếu gần quán tính.

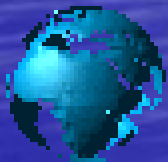
✓ Theo Galileo, mọi hệ qui chiếu quán tính đều tương đương nhau về phương diện cơ học, nghĩa là mọi hiện tượng vật lý xảy ra hoàn toàn như nhau trong các hệ qui chiếu quán tính.



2.1.2 Định luật II Newton

Thí nghiệm

Có hai viên bi tự do, bi A đang chuyển động thẳng đều với vận tốc \vec{V}_1 và chạm bi B đang chuyển động thẳng đều với vận tốc \vec{V}_2 . Hai bi va chạm trong thời gian Δt rất ngắn, sau đó cả hai bi chuyển động với hai vận tốc mới là \vec{V}'_1 và \vec{V}'_2



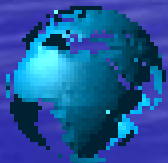
Số gia vận tốc của bi A và bi B là:

$$\Delta \vec{v}_1 = \vec{v}'_1 - \vec{v}_1$$

$$\Delta \vec{v}_2 = \vec{v}'_2 - \vec{v}_2$$

➤ Thực hiện nhiều thí nghiệm va chạm với các khối lượng và vận tốc khác nhau, người ta thấy hệ thức sau luôn được thỏa:

$$m_1 \Delta \vec{v}_1 + m_2 \Delta \vec{v}_2 = 0 \quad (2.1)$$



Khái niệm về khối lượng quán tính:

Từ biểu thức (2.1) ta thấy:

- Tỷ số m_1/m_2 đặc trưng cho sự biến đổi vận tốc của hai bi tức là có liên quan đến mức quán tính của hai bi đó.
- Mức quán tính của bi A tỷ lệ với khối lượng m_1 của nó, do đó người ta còn gọi khối lượng m_1 của bi A là *khối lượng quán tính* của nó. Tương tự, m_2 là khối lượng quán tính của bi B.
- Đơn vị của khối lượng là Kg.
- Thứ nguyên là [M].

 Vậy khối lượng của một vật đặc trưng cho mức quán tính của nó

Khái niệm về động lượng

Từ biểu thức (2.1) ta có:

$$m_1 \Delta \vec{v}_1 = -m_2 \Delta \vec{v}_2 \quad \Rightarrow \quad \Delta(m_1 \vec{v}_1) = -\Delta(m_2 \vec{v}_1) \quad (2.2)$$

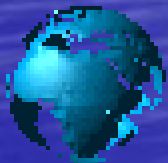
Đại lượng vector bằng tích khối lượng m của vật nhân với vận tốc \vec{v} của nó được gọi là động lượng của vật đó, ký hiệu là:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (2.3)$$

Véc tơ động lượng có điểm đặt gắn lên vật chuyển động.

Đơn vị động lượng là: Kgm/s.

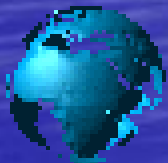
Thứ nguyên: $[M] [L] [T]^{-1}$



➤ Từ (2.3) ta thấy nếu hai vật có cùng vận tốc nhưng có khối lượng khác nhau thì động lượng của chúng sẽ khác nhau. Khi nó va chạm với một vật khác, chúng sẽ truyền cho vật này một vận tốc, động lượng của nó bị thay đổi cho nên động lượng là đại lượng đặc trưng cho sự truyền tương tác của các vật với nhau.

Lưu ý: Động lượng là một véctơ cho nên trong hệ tọa độ XYZ nó có ba thành phần là:

$$p_x = mv_x, \quad p_y = mv_y, \quad p_z = mv_z$$

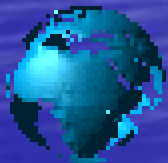


Khái niệm về lực

Khi một vật chuyển động chịu tương tác bởi một lực thì vận tốc của vật đó bị biến đổi và do đó động lượng của nó cũng thay đổi.

Giả sử trong khoảng thời gian Δt , dưới tác dụng một lực, chất điểm có khối lượng m có động lượng \vec{p} biến thiên một lượng:

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}' - \vec{p} = m\vec{v}' - m\vec{v}$$



Lập tỉ số:

$$\vec{F}_{tb} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \quad (2.4)$$

Tỷ số này đặc trưng cho sự biến đổi của động lượng trong một đơn vị thời gian và được gọi là *lực trung bình* tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian Δt .

Xét giới hạn của tỉ số này khi $\Delta t \rightarrow 0$

$$\vec{F} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (2.5)$$



Lực là một đại lượng véctor, lực tác dụng lên một chất điểm bằng đạo hàm của động lượng chất điểm theo thời gian.

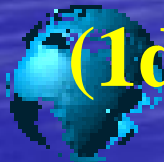
Trong hệ tọa độ OXYZ :

$$\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k}$$

Với:

$$F_x = \frac{dp_x}{dt}; \quad F_y = \frac{dp_y}{dt}; \quad F_z = \frac{dp_z}{dt}$$

- ❖ Đơn vị của lực là kgm/s^2 .
- ❖ Thứ nguyên: $[M][L][T]^{-2}$
- ❖ Thông thường người ta gọi tên đơn vị của lực là Newton (N)
- ❖ $1\text{N} = 1 \text{ Kg.m/s}^2 = 10^5 \text{ g.cm/s}^2 = 10^5 \text{ dyn}$
($1\text{dyn} = 1\text{g.cm/s}^2$)



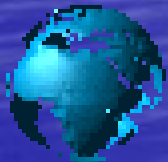
Từ biểu thức (2.5) ta có:

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

Nội dung định luật II Newton

Phát biểu

Nhận xét

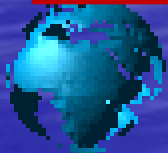


Phát biểu:

Một chất điểm có khối lượng m chịu tác dụng của một lực \vec{F} , sẽ chuyển động với một gia tốc \vec{a} thỏa phương trình:

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

\vec{F} là tổng hợp lực tác dụng lên chất điểm.



Nhận xét:

Tương tự như định luật I, định luật II Newton cũng chỉ đúng với các hệ qui chiếu quán tính.

Định luật I chỉ là một trường hợp riêng của định luật II ($\vec{F} = 0$ thì $\vec{a} = 0$, tức là nếu vật không chịu tác dụng của ngoại lực thì nó sẽ tiếp tục đứng yên hay chuyển động thẳng đều: $\vec{v} = \text{const}$).

Tuy nhiên Newton vẫn phát biểu nó thành một định luật riêng do tầm quan trọng của định luật này về phương diện lý luận khi nghiên cứu chuyển động.

2.1.3 Định luật III Newton

Qua thí nghiệm tương tác của hai bi có thể rút ra công thức:

$$\Delta(m_1 \vec{v}_1) = -\Delta(m_2 \vec{v}_2) \Rightarrow \Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2$$

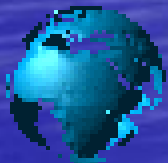
Lực của bi B tác dụng lên bi A, gọi là: \vec{F}_{BA}

Lực của bi A tác dụng lên bi B, gọi là: \vec{F}_{AB}

Hay:

Vậy: $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$

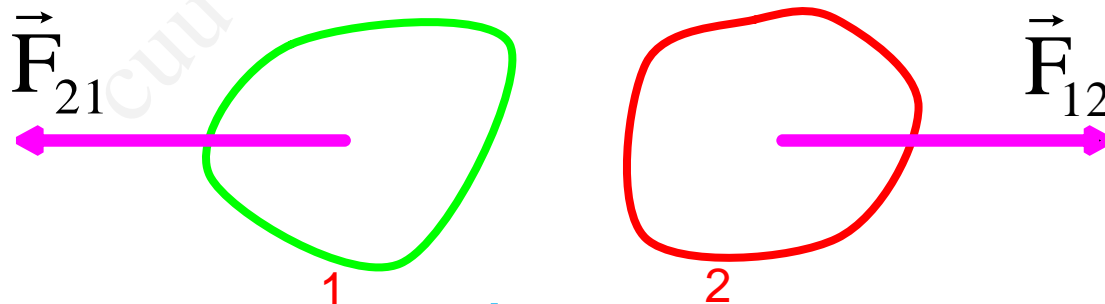
$$-\frac{d\vec{p}_2}{dt}$$



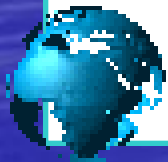
Phát biểu:

Khi một vật tác dụng lên một vật khác bằng một lực \vec{F}_{21} (tác lực) thì ngược lại nó cũng sẽ chịu tác dụng từ vật kia một lực \vec{F}_{12} (phản lực) đối kháng (cùng phương, cùng trị số, ngược chiều).

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (2.8)$$



Hình 2.1



Nhận xét:

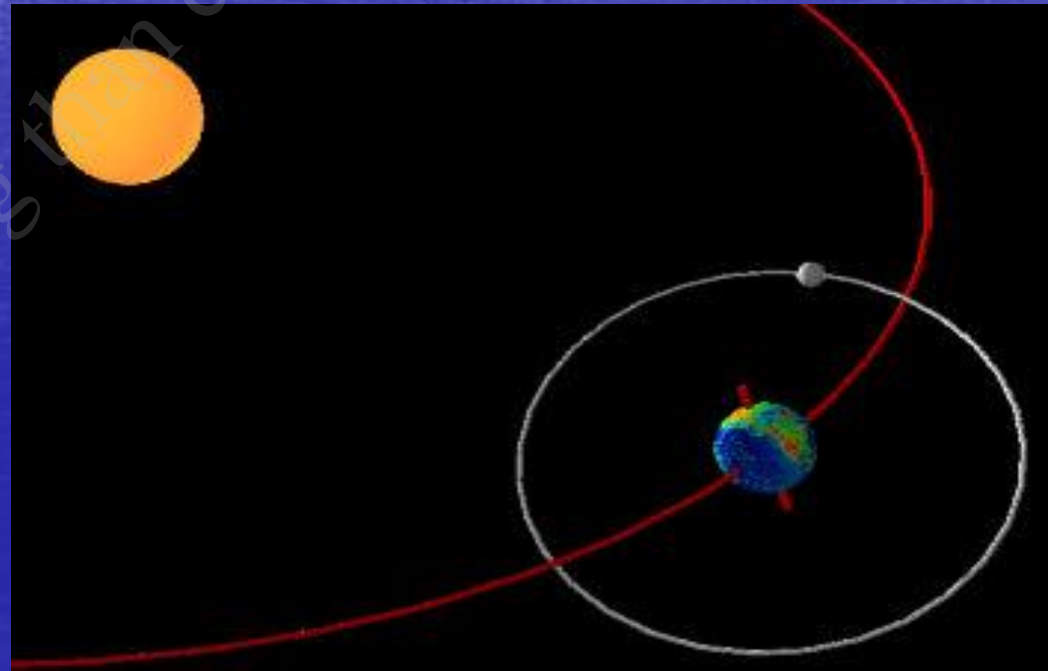
Định luật 3 Newton chỉ đúng với hệ qui chiếu quán tính.

Lực và phản lực có hai điểm đặt khác nhau không triệt tiêu nhau. Khi xét cả hệ thì chúng mới triệt tiêu nhau.

2.2. HỆ QUI CHIẾU KHÔNG QUÁN TÍNH – LỰC QUÁN TÍNH - NGUYÊN LÝ TƯƠNG ĐỐI GALILÉE

2.2.1 Hệ qui chiếu không quán tính

Bất kỳ một hệ qui chiếu nào chuyển động có gia tốc so với hệ qui chiếu quán tính đều là hệ qui chiếu không quán tính.



Hệ qui chiếu gắn với TĐ là hệ qui chiếu không quán tính vì TĐ quay quanh MT

2.2.2 Lực quán tính

Gọi \vec{F} là lực tác dụng lên chất điểm khối lượng m . Phương trình định luật hai Newton đối với hệ (O):

$$m\vec{a} = \vec{F} \quad (2.9)$$

Theo (1.29): $m(\vec{a}' + \vec{A}) = \vec{F} \quad (2.10)$

Nên: $m\vec{a}' = \vec{F} - m\vec{A} \quad (2.11)$

Phương trình định luật II Newton đối với hệ (O')

Từ (2.9) và (2.11) ta thấy: đối với hệ (O) chỉ có lực \vec{F} tác dụng còn đối với hệ (O') thì ngoài lực \vec{F} còn có một lực nữa là $-m\vec{A}$ được gọi là *lực quán tính*.

$$\vec{F}_{qt} = -m\vec{A} \quad (2.12)$$

Đặc điểm của lực quán tính:

- Lực này không do vật tác dụng lên vật sinh ra mà chỉ xuất hiện do sự chuyển động có gia tốc của (O') đối với (O).
- Lực luôn ngược chiều với \vec{A} .

2.2.3 Nguyên lý tương đối Galilée

Phát biểu

Một hiện tượng cơ học bất kỳ thì xảy ra như nhau đối với các hệ qui chiếu quán tính khác nhau.

Chứng minh

Xét chất điểm khối lượng m chuyển động đối với hai hệ quy chiếu quán tính, trong đó: hệ (O) đứng yên, hệ (O') chuyển động thẳng đều: $\vec{A} = \mathbf{0}$ đối với (O).

Phương trình định luật II Newton đối với (O):

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

Phương trình định luật II Newton đối với (O'):

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

Từ hai phương trình trên ta thấy dạng phương trình định luật II Newton của hai hệ quy chiếu giống nhau, có nghĩa là khi ta chuyển từ một hệ qui chiếu quán tính này sang một hệ qui chiếu quán tính khác thì phương trình của định luật II Newton không thay đổi dạng.

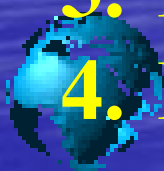
Mặt khác, phương trình định luật II Newton mô tả các hiện tượng cơ học, điều này chứng tỏ hiện tượng cơ học xảy ra như nhau đối với hai hệ qui chiếu quán tính khác nhau

2.3. MỘT SỐ LỰC TRONG CƠ HỌC

Lực là đại lượng vật lý đặc trưng cho tương tác giữa ít nhất hai vật với nhau, làm *thay đổi trạng thái chuyển động* của vật hoặc làm *biến dạng vật* (hoặc vừa làm thay đổi trạng thái chuyển động của vật vừa làm biến dạng vật).

Các loại lực:

1. Trọng lực.
2. Lực đàn hồi.
3. Lực ma sát.
4. Lực căng dây.



2.3.1/ Trọng lực và trọng lượng

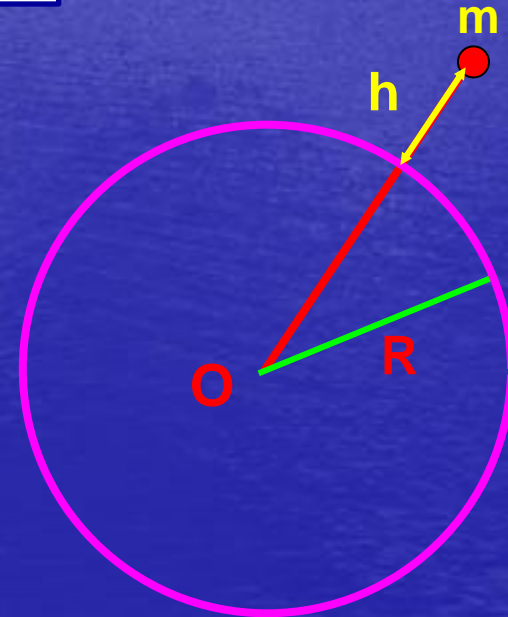
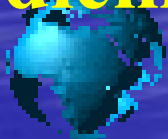
2.3.1.1 Trọng lực:

- Khái niệm: là lực làm cho mọi vật đều rơi về phía Trái đất với gia tốc trọng trường \vec{g} .
- Xét trong hệ qui chiếu Trái đất quay, trọng lực là tổng hợp lực của *lực hấp dẫn và lực ly tâm*.

❖ *Lực hấp dẫn:*

$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

M và m là khối lượng của Trái đất và chất điểm; R là bán kính Trái đất, h là khoảng cách từ mặt đất tới chất điểm; $r = R + h$.



Hình 2.1: Lực hấp dẫn

➤ Nếu $h \ll R$ ta có thể xem

$$F_h = F_0 \left(1 - \frac{2h}{R}\right)$$

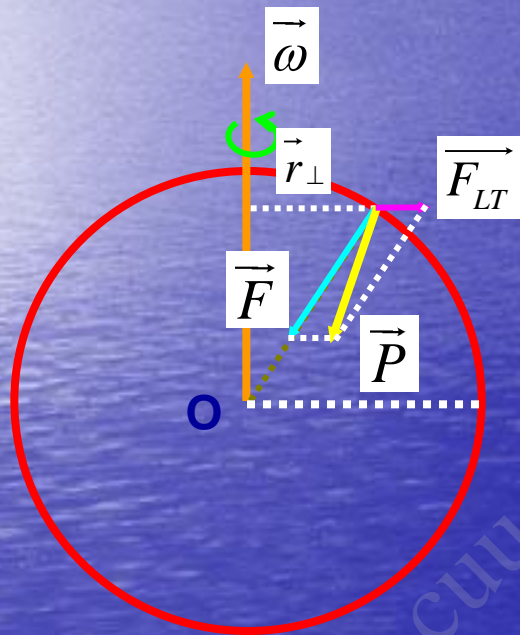
với

$$F_0 = G \frac{mM}{R^2}$$

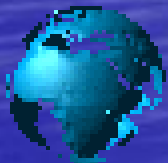
➤ $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ (Nm}^2\text{/kg}^2\text{)}$: hằng số hấp dẫn, $R = 6400\text{km}$, ta tính được gia tốc trọng trường tại mặt đất:

$$g_0 = G \frac{M}{R^2} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

❖ Lực ly tâm: Hướng từ trục quay ra ngoài



Hình 2.2: Trọng lực



❖ Hợp lực:

$$\vec{P} = \vec{F} + \vec{F}_{LT} = m\vec{g}$$

\vec{P} : Trọng lực: không hướng đúng về tâm TĐ mà bị lệch một ít.

Tại xích đạo, trọng lực nhỏ nhất

Tại cực, trọng lực lớn nhất

2.3.1.1 Trọng lượng:

Trọng lượng \vec{P}' là lực mà vật tác dụng lên giá đỡ nó hay dây treo nó.

Khi giá đỡ hoặc giá treo đứng yên thì $P = P' = mg$, *trọng lượng bằng trọng lực*. Khi giá đỡ hoặc giá treo chuyển động thì phát sinh gia tốc quán tính làm *tăng hoặc giảm trọng lượng tùy hướng chuyển động*, thậm chí làm mất hẳn trọng lượng:

$$\vec{P}' = m\vec{g} + \vec{F}_{qt} \quad (2.15)$$

2.3.2/ Lực đàn hồi

Khi ngoại lực tác dụng làm biến dạng vật, trong vật sẽ xuất hiện một lực có xu hướng chống lại biến dạng đó. Lực ấy gọi là lực đàn hồi.

Định luật Hooke

“Trong giới hạn đàn hồi, lực đàn hồi tỉ lệ với độ biến dạng của vật”

$$\vec{F}_{dh} = -k\Delta\vec{x} \quad (2.16)$$

Trong đó k (N/m) là hệ số đàn hồi hay độ cứng, phụ thuộc chiều dài ban đầu, tiết diện ngang S và bản chất của vật; Δx (m): độ biến dạng của vật; dấu “ $-$ ” chứng tỏ lực đàn hồi ngược với chiều biến dạng

Lực đàn hồi thể hiện rõ nhất là ở các lò xo, các dây thun. Một số dạng khác của lực đàn hồi, đó là lực căng dây, phản lực vuông góc của bề mặt tiếp xúc.

2.3.3/ Lực ma sát

Định nghĩa:

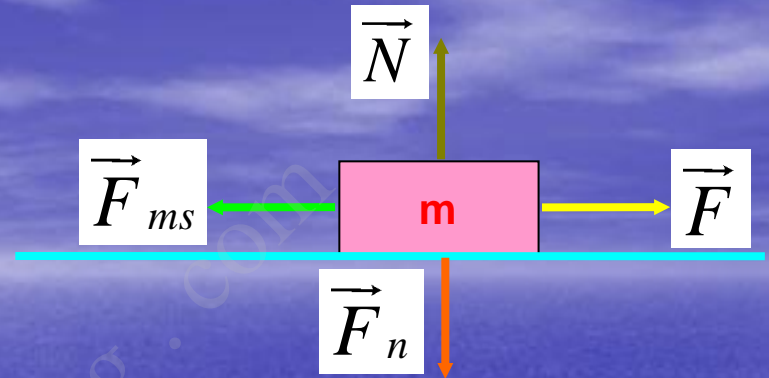
Lực ma sát là lực xuất hiện trên hai mặt tiếp xúc giữa hai vật và có xu hướng cản trở sự chuyển động tương đối giữa hai vật đó.

Các loại lực ma sát:

Xuất hiện trên mặt tiếp xúc giữa hai vật rắn (*ma sát khô: ma sát nghỉ; ma sát trượt; ma sát lăn*), giữa chất rắn và chất lỏng hoặc khí, giữa các lớp của chất lỏng hoặc khí với nhau (*ma sát nhớt*).

Ma sát nghỉ

➤ Tác dụng vào vật có khối lượng m một lực \vec{F} theo phương nằm ngang.



Hình 2.3: Lực ma sát nghỉ

➤ Nếu vật m vẫn nằm yên, có nghĩa ngoài \vec{F} còn có một lực thứ hai tác dụng lên vật m theo chiều ngược lại và có độ lớn bằng ngoại lực \vec{F} , lực thứ hai này được gọi là *lực ma sát nghỉ*.

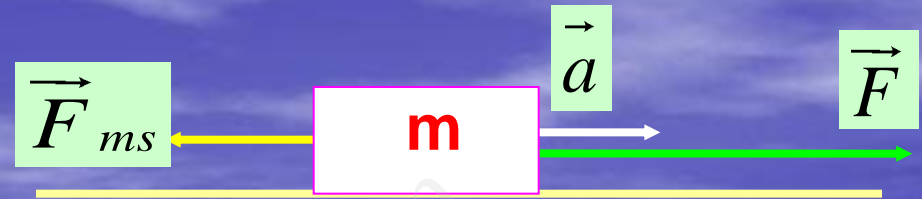


Tăng dần lực \vec{F} thì lực ma sát nghỉ cũng tăng theo, cho đến khi vượt quá một giá trị giới hạn thì vật bắt đầu trượt trên mặt phẳng tiếp xúc.

$$F_{gh} = kN \quad (2.17)$$

Trong đó k gọi là hệ số ma sát nghỉ, phụ thuộc vào bản chất của vật liệu và trạng thái của các mặt tiếp xúc (nhẵn, gồ ghề, ...); N là phản lực vuông góc với bề mặt của mặt phẳng tiếp xúc.

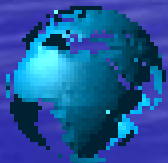
Ma sát trượt



Hình 2.4: Lực ma sát trượt

Khi lực kéo $\vec{F} > \vec{F}_{gh}$ thì vật bắt đầu trượt. Lực ma sát khi đó gọi là *ma sát trượt*. Trong thực tế khi vận tốc trượt không lớn lắm ta có thể áp dụng công thức (2.17) cho lực ma sát trượt, lực ma sát trượt không đổi suốt quá trình trượt.

$$F_{mst} = kN \quad (2.18)$$



Ma sát lăn

➤ Lực ma sát xuất hiện khi một vật lăn trên bề mặt một vật khác gọi là lực *ma sát lăn*.

$$F_{\text{msl}} = k' N \quad (2.19)$$

Trong đó: **k'** là hệ số ma sát lăn
(nhỏ hơn hệ số ma sát trượt nhiều)

Ma sát nhớt

Ma sát nhớt phụ thuộc vào vận tốc (khác với ma sát khô)

➤ Với các vận tốc nhỏ, lực ma sát nhớt tỉ lệ với vận tốc:

$$\vec{F}_{\text{msn}} = -\eta \vec{v} \quad (2.20)$$

➤ Với vận tốc lớn, lực ma sát nhớt tỉ lệ với bình phương vận tốc

$$\vec{F}_{\text{msn}} = -\eta v \vec{v} \quad (2.21)$$

η là hệ số ma sát nhớt, phụ thuộc hình dạng, kích thước của vật và môi trường

Đặc điểm chung của lực ma sát:

- + Ngược chiều chuyển động của vật.
- + F_{ms} tỉ lệ với phản lực N hoặc với vận tốc v
- + Điểm đặt: trên vật.

2.3.4/ Lực căng dây

Trong nhiều máy móc, một số chi tiết được nối với nhau bằng dây cu-roa, cáp mềm, thừng,... ta gọi chung là dây. Dây là vật không chống lại lực nén mà chỉ chống lại lực kéo. Khi bị kéo căng, dây bị dãn một ít và bản thân nó xuất hiện lực đàn hồi chống lại sự kéo căng đó. Lực đàn hồi trong trường hợp này được gọi là *lực căng dây*.

