

Động lực học chất điểm

Lê Quang Nguyên

www4.hcmut.edu.vn/~lequangn

nguyenquangle59@yahoo.com

Nội dung

1. Các định luật Newton
2. Hai loại hệ quy chiếu
3. Hệ quy chiếu không quán tính và lực quán tính.



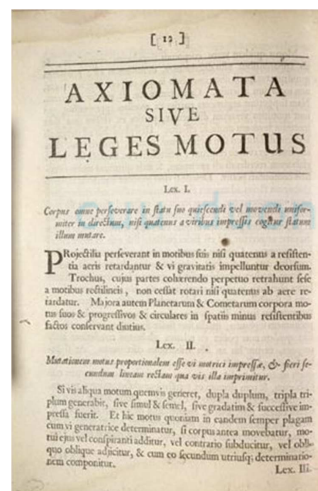
Isaac Newton
(1642-1727)

cuu duong than cong . com

1a. Định luật 1 Newton

- Nếu lực toàn phần tác động lên một chất điểm bằng không thì vận tốc của chất điểm không đổi.

- Chất điểm đang đứng yên sẽ tiếp tục đứng yên.
- Chất điểm chuyển động sẽ tiếp tục chuyển động thẳng đều.



Các định luật Newton

1b. Định luật 2 Newton

- Lực toàn phần tác động lên một chất điểm bằng tích của khối lượng và gia tốc của vật.

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

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

$$1N = 1kg.m/s^2$$

- Định luật này còn có thể viết dưới dạng:

$$\vec{F}_{tot} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

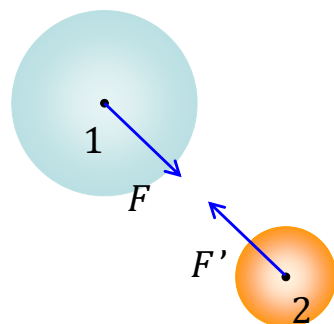
$$\vec{p} = m\vec{v}$$

là động lượng của chất điểm

1c. Định luật 3 Newton

- Hai chất điểm luôn tương tác với nhau bằng những lực có cùng độ lớn và ngược chiều nhau.

$$\vec{F} = -\vec{F}'$$



F : do 2 tác động lên 1

F' : do 1 tác động lên 2

cuu duong than cong . com

Câu hỏi 1

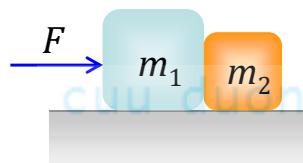
Một con ruồi va chạm với kính chắn gió của một xe buýt đang chạy nhanh.

(a) Đối tượng nào chịu lực va chạm mạnh hơn?

(b) Đối tượng nào chịu gia tốc lớn hơn?

Bài tập 1

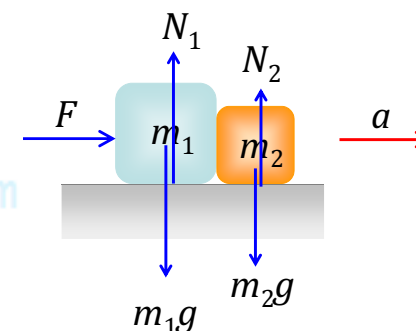
Hai vật khối lượng m_1 and m_2 , với $m_1 > m_2$, được đặt tiếp xúc nhau trên một mặt ngang không ma sát. Một lực F không đổi, nằm ngang tác động lên m_1 .



(a) Tìm gia tốc của hệ hai vật.

(b) Tìm độ lớn lực tiếp xúc giữa hai vật.

Trả lời câu 1(a)



$m_{hệ} \times$ gia tốc = tổng các **ngoại lực lên hệ**

$$(m_1 + m_2)\vec{a} = \vec{F} + m_1\vec{g} + m_2\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 \quad \text{Vectơ!}$$

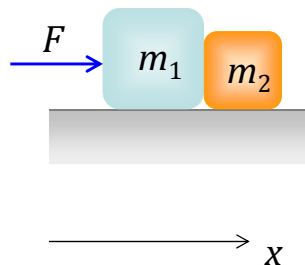
Trả lời câu 1(a) (tt)

- F là lực duy nhất tác động lên hệ trên phương ngang.
- Áp dụng định luật 2 Newton trên trục x cho hệ hai vật:

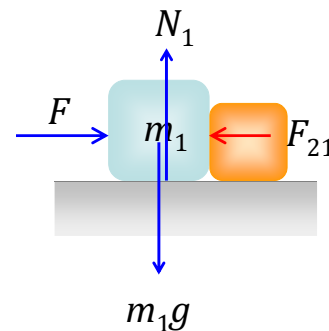
$$F_{tot,x} = (m_1 + m_2)a_x$$

$$F = (m_1 + m_2)a$$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$



Trả lời câu 1(b) - 1



$m_1 \times$ gia tốc của vật 1 = tổng các lực lên vật 1

$$m_1 \vec{a}_1 = \vec{F} + m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{21}$$

$\vec{a}_1 = \vec{a}$ vì hai vật chuyển động cùng nhau

cuu duong than cong . com

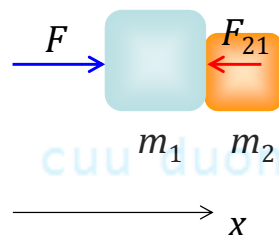
Trả lời câu 1(b) - 2

- F_{21} là lực tiếp xúc do m_2 tác động lên m_1 .
- Dùng định luật 2 Newton trên trục x cho m_1 :

$$F - F_{21} = m_1 a$$

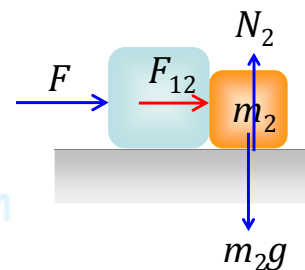
$$F_{21} = F - m_1 a = F - m_1 \frac{F}{m_1 + m_2}$$

$$F_{21} = m_2 \frac{F}{m_1 + m_2}$$



cuu duong than cong . com

Trả lời câu 1(b) - 3



Lực F không tác động lên vật 2!

$m_2 \times$ gia tốc của vật 2 = tổng các lực lên vật 2

$$m_2 \vec{a}_2 = m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{12}$$

$\vec{a}_2 = \vec{a}$ vì hai vật chuyển động cùng nhau

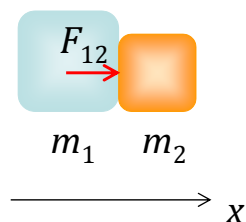
Trả lời câu 1(b) - 4

- F_{12} là lực tiếp xúc do m_1 tác động lên m_2 .
- Dùng định luật 2 Newton trên trục x cho m_2 :

$$F_{12} = m_2 a$$

$$F_{12} = m_2 \frac{F}{m_1 + m_2}$$

- $F_{12} = F_{21}$, phù hợp với định luật 3 Newton.



Bài tập 1 – mở rộng

- Nếu lực F tác động lên vật m_2 thì lực tiếp xúc giữa hai vật sẽ thay đổi thế nào?

cuu duong than cong . com

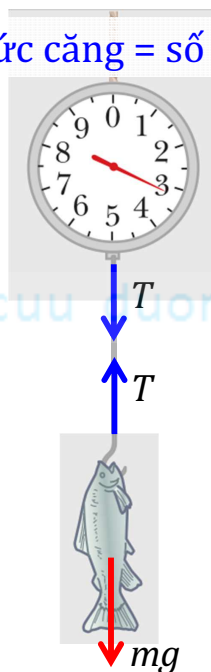
Bài tập 2

Một người cân một con cá khối lượng m bằng cân lò xo treo ở trần thang máy.

(a) Chứng tỏ rằng khi thang máy tăng tốc lên trên hoặc xuống dưới, cân lò xo có các số đo khác so với trọng lượng thực của con cá.

(b) Tìm số đo trên cân khi con cá nặng 40.0 N và thang máy có gia tốc 2.0 m/s².

sức căng = số đo

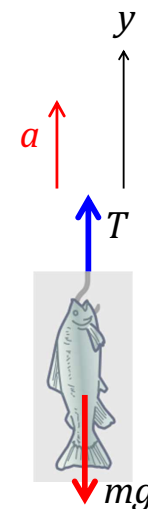


Trả lời BT 2 (a)

- Định luật Newton 2 cho con cá trên phương y hướng lên
 $ma_y = T - mg$
- Số đo của cân lò xo chính là sức căng T :

$$T = ma_y + mg = mg \left(\frac{a_y}{g} + 1 \right)$$

- Thang máy tăng tốc lên trên nên $a_y > 0$: $T > mg$



a cũng là gia tốc của cá

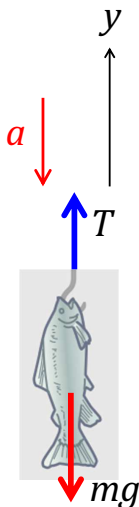
Trả lời BT 2 (a) (tt)

- Tương tự như trên khi gia tốc hướng xuống:

$$T = ma_y + mg = mg \left(\frac{a_y}{g} + 1 \right)$$

- Thang máy tăng tốc xuống dưới nên $a_y < 0$:

$$T < mg$$



Trả lời BT 2 (b)

- Khi thang máy tăng tốc lên trên $a_y = 2\text{m/s}^2$:

$$T = 40\text{N} \left(\frac{2.0\text{m/s}^2}{9.8\text{m/s}^2} + 1 \right) = 48.2\text{N}$$

- Khi thang máy tăng tốc xuống dưới $a_y = -2\text{m/s}^2$:

$$T = 40\text{N} \left(1 - \frac{2.0\text{m/s}^2}{9.8\text{m/s}^2} \right) = 31.8\text{N}$$

cuu duong than cong . com

BT 2 – mở rộng 1

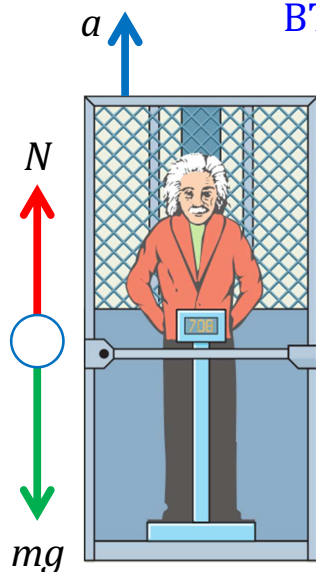
- Xác định chiều chuyển động của thang máy trong từng trường hợp.

cuu duong than cong . com

BT 2 – mở rộng 2

- Nếu dây thang máy đột ngột đứt, cân chỉ bao nhiêu?

BT 2 – mở rộng 3



Khi thang máy tăng tốc lên trên hay xuống dưới với gia tốc 2 m/s^2 , cân chỉ bao nhiêu? *Einstein* có khối lượng 65 kg .

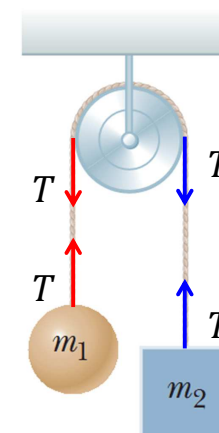
Số đo trên cân = lực vuông góc do *Einstein* **nén lên cân** = phản lực vuông góc N do cân **tác động lên Einstein**

Bài tập 3

Hệ hai vật treo hai bên một ròng rọc được gọi là một **máy Atwood**.

Hãy tìm độ lớn gia tốc của hai vật và sức căng dây khi hệ chuyển động.

- Ròng rọc nhẹ \Rightarrow sức căng ở hai nhánh bằng nhau.
- Dây nhẹ \Rightarrow sức căng ở hai đầu mỗi dây bằng nhau.



cuu duong than cong . com

Trả lời BT 3 -1

- Dùng định luật 2 Newton cho m_2 và m_1 trên trục y :

$$m_2 a_{2y} = m_2 g - T$$

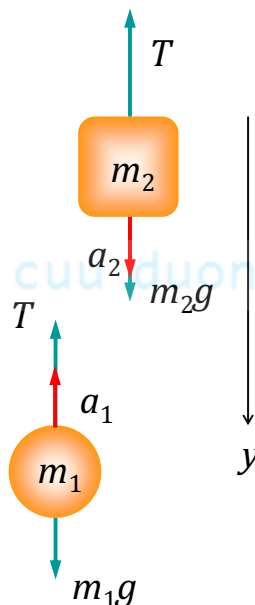
$$m_1 a_{1y} = m_1 g - T$$

- Hai vật nối với nhau nên có cùng độ lớn gia tốc:

$$|a_{2y}| = |a_{1y}|$$

- Nhưng gia tốc ngược chiều:

$$a_{2y} = -a_{1y} \equiv a$$



cuu duong than cong . com

Trả lời BT 3-2

- Chúng ta có:

$$\left. \begin{array}{l} m_2 a = m_2 g - T \quad (1) \times m_1 \\ -m_1 a = m_1 g - T \quad (2) \times m_2 \end{array} \right\} +$$

$$\Rightarrow 0 = 2m_1 m_2 g - (m_1 + m_2) T \Rightarrow T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$

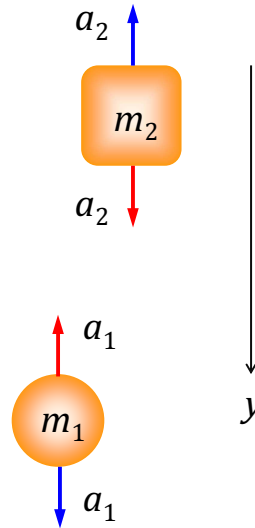
- Thay T vào (1), ta thu được:

$$m_2 a = m_2 g - \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g \Rightarrow a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g$$

Trả lời BT 3-3

$$a = a_{2y} = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g$$

- Nếu $m_2 > m_1$
 - $a > 0$: \vec{a}_2 hướng xuống
 - m_2 đi xuống
- Nếu $m_2 < m_1$
 - $a < 0$: \vec{a}_2 hướng lên
 - m_2 đi lên



cuu duong than cong . com

Bài tập 3 – mở rộng

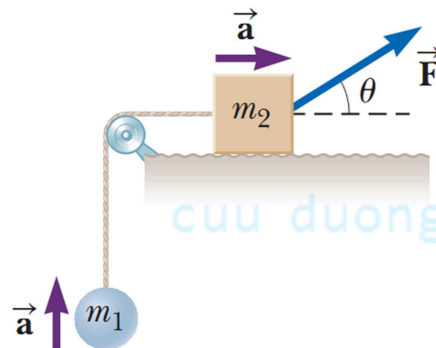
- Điều gì xảy ra:
 - a) khi hai vật có khối lượng bằng nhau?
 - b) $m_1 \gg m_2$?

Bài tập 4

Hệ số ma sát trượt giữa vật m_2 và mặt bàn là μ .

Hãy tìm độ lớn gia tốc của hai vật.

- Ma sát trượt ngược chiều chuyển động,
- ma sát trượt = hệ số ma sát \times phản lực vuông góc từ mặt bàn



cuu duong than cong . com

Trả lời BT 4

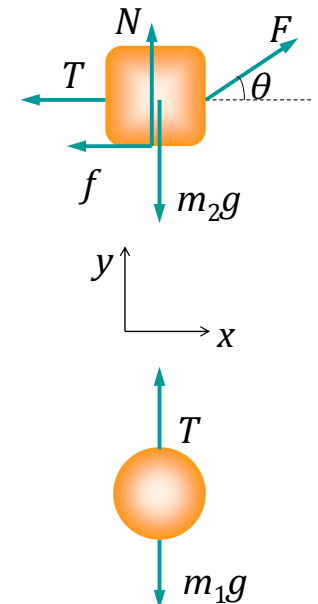
- Dùng định luật 2 Newton cho vật 2 trên trục x và y:

$$F \cos \theta - T - \mu N = m_2 a_{2x}$$

$$F \sin \theta + N - m_2 g = m_2 a_{2y} = 0$$
- và trên trục y cho vật 1:

$$T - m_1 g = m_1 a_{1y}$$
- Do được nối với nhau, có cùng độ lớn gia tốc:

$$a_{2x} = a_{1y} \equiv a$$



Trả lời BT 4 (tt)

- Ta có ba phương trình với ba ẩn số T, N, a :

$$\left. \begin{aligned} F \cos \theta - T - \mu N &= m_2 a & (1) \\ F \sin \theta + N - m_2 g &= 0 & (2) \times \mu \\ T - m_1 g &= m_1 a & (3) \end{aligned} \right\} +$$

$$\Rightarrow F(\cos \theta + \mu \sin \theta) - (\mu m_2 + m_1)g = (m_1 + m_2)a$$

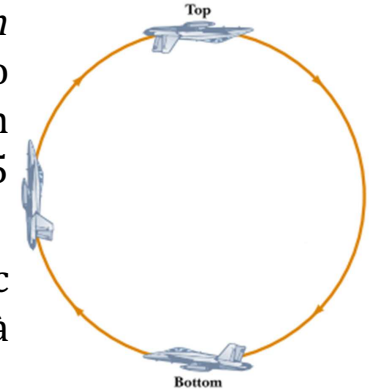
$$a = \frac{F(\cos \theta + \mu \sin \theta) - (\mu m_2 + m_1)g}{m_1 + m_2}$$

Bài tập 5

Một phi công khối lượng m thực hiện một vòng nhào lộn thẳng đứng có bán kính 2,70 km với vận tốc 225 m/s.

Hãy tìm lực do phi công tác động lên ghế ngồi ở đỉnh và đáy của vòng tròn.

Lực do phi công tác động lên ghế ngồi = phản lực từ ghế lên phi công



cuu duong than cong . com

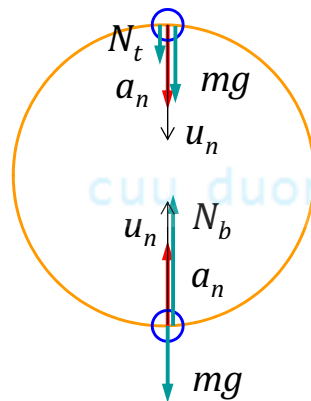
Trả lời BT 5

- Chuyển động là tròn đều nên có gia tốc hướng tâm.
- Định luật 2 Newton trên phương pháp tuyến ở đáy vòng tròn:

$$ma_n = m \frac{v^2}{R} = N_b - mg$$

- và ở đỉnh:

$$ma_n = m \frac{v^2}{R} = N_t + mg$$



cuu duong than cong . com

Trả lời BT 5 (tt)

- Từ hai phương trình trên ta suy ra:

$$N_b = mg \left(1 + \frac{v^2}{Rg} \right) \quad N_t = mg \left(\frac{v^2}{Rg} - 1 \right)$$

$$\frac{v^2}{Rg} = \frac{(225 \text{ m/s})^2}{(2,70 \times 10^3 \text{ m})(9,80 \text{ m/s}^2)} = 1,91$$

$$N_b = 2,91mg$$

$$N_t = 0,91mg$$

2. Hai loại hệ quy chiếu - 1

- Thí nghiệm con lắc Foucault.
- Nhận xét:
 - Lẽ ra con lắc phải dao động trong mặt phẳng xác định bởi vị trí ban đầu của nó và phương thẳng đứng,
 - bởi vì không có lực nào tác động theo phương vuông góc với mặt phẳng này.
 - Tuy nhiên trên thực tế con lắc vừa dao động vừa quay quanh phương thẳng đứng!

cuu duong than cong . com

2. Hai loại hệ quy chiếu - 2



3a. Hệ quy chiếu không quán tính - 1

- K' tịnh tiến gia tốc A trong hqc quán tính K .
- Gia tốc của chất điểm trong hai hqc thỏa:

$$\vec{a} = \vec{a}' + \vec{A}$$

- Trong K :

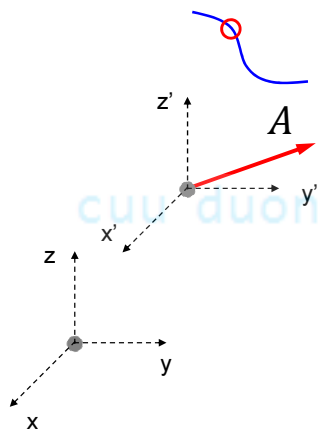
$$m\vec{a} = \vec{F}_{tot} = m\vec{a}' + m\vec{A}$$

- Suy ra:

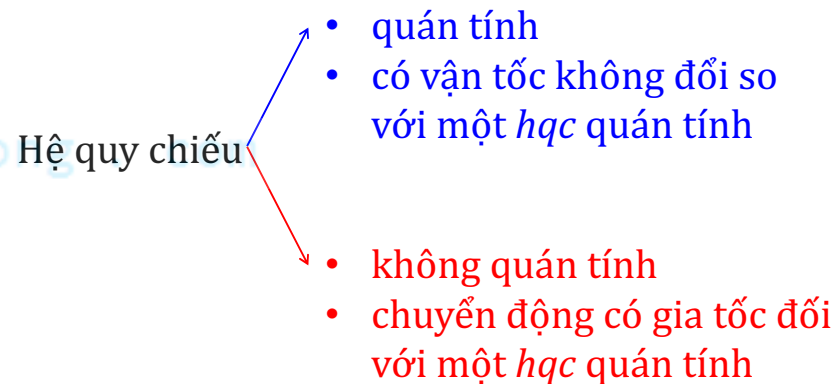
$$m\vec{a}' = \vec{F}_{tot} - m\vec{A}$$

$$m\vec{a}' \neq \vec{F}_{tot} !$$

K' là hqc không quán tính



3a. Hệ quy chiếu không quán tính - 2



3b. Lực quán tính

- Trong một *hqc không quán tính* tịnh tiến với gia tốc \vec{A} :

$$m\vec{a}' = \vec{F}_{tot} - m\vec{A}$$

- Định nghĩa lực quán tính:

$$\vec{F}_{qt} = -m\vec{A}$$

- Suy ra:

$$m\vec{a}' = \vec{F}_{tot} + \vec{F}_{qt}$$

Định luật 2 trong
hqc không quán tính

Bài tập 7

Một quả cầu nhỏ khối lượng m được treo thẳng đứng trong một toa xe lửa.

Khi xe chuyển động sang phải với gia tốc A đối với mặt đất,

Tìm góc lệch của dây treo so với phương thẳng đứng?

cuu duong than cong . com

Trả lời BT 7 – *hqc xe*

- Xe là *hqc không quán tính*,
- trong đó quả cầu có gia tốc bằng không:

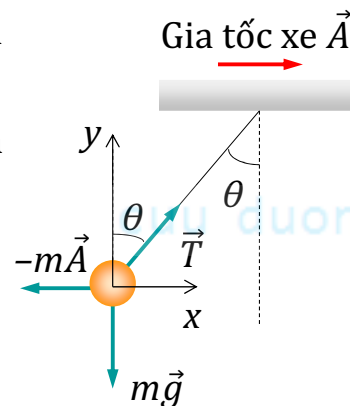
$$m\vec{a}' = 0 = m\vec{g} + \vec{T} - m\vec{A}$$

- Trên trục x và y :

$$0 = T \sin \theta - mA$$

$$0 = T \cos \theta - mg$$

$$\Rightarrow \tan \theta = \frac{A}{g}$$



Trả lời BT 7 – *hqc mặt đất*

- Mặt đất là *hqc quán tính*,
- trong đó quả cầu có gia tốc bằng \vec{A} :

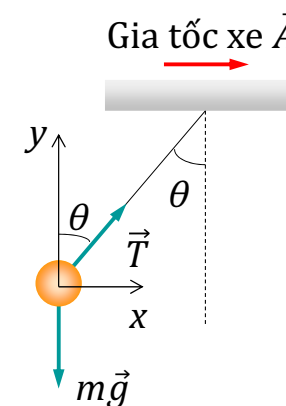
$$m\vec{A} = m\vec{g} + \vec{T}$$

- Trên trục x và y :

$$mA = T \sin \theta$$

$$0 = T \cos \theta - mg$$

$$\Rightarrow \tan \theta = \frac{A}{g}$$



Không có lực
quán tính!