

Chương II: ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

II.1 Khái niệm cơ bản

- ❖ Lực: là 1 đại lượng vật lý (N) đặc trưng cho sự tương tác.
 - Ngoại lực: là các lực từ phía bên ngoài tác động lên vật.
 - Nội lực: là lực tương tác giữa các phần tử bên trong.

Khi vật không bị biến dạng: $\Sigma \text{nội lực} = 0$.

- ❖ Khối lượng m: là 1 đại lượng vật lý (Kg) đặc trưng cho tính quán tính.

II.2 Ba định luật Newton

1/ Định luật 1: (Định luật quán tính)

- a. **Phát biểu:** 1 vật cô lập (không chịu tác dụng của ngoại lực) nếu vật đang đứng yên sẽ đứng yên mãi mãi, còn nếu đang chuyển động thì sẽ chuyển động thẳng đều.

$$\begin{cases} \vec{g} = 0 \Rightarrow \vec{g} = 0 \\ \vec{g} = hs \Rightarrow \vec{g} = hs \end{cases}$$

- b. **Hệ quy chiếu quán tính:** là hệ quy chiếu nhìn vật cô lập thấy nó đứng yên hay chuyển động thẳng đều.

K là hệ quy chiếu quán tính thì K' đứng yên hay chuyển động thẳng đều so với $K \rightarrow K'$ là hệ quy chiếu quán tính.

Ví dụ: Mặt đất được coi là hệ quy chiếu quán tính (tương đối).

2/ Định luật 2: (Định luật cơ bản của vật chuyển động có gia tốc)

- a. **Phát biểu:** Một vật có khối lượng m, dưới tác dụng của tổng ngoại lực thì vật đó chuyển động có gia tốc:

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

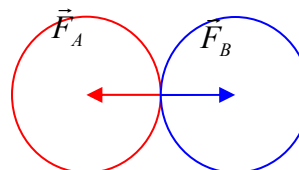
- b. **Phương trình động lực học cơ bản:** $\sum \vec{F}_i = m_i \vec{a}_i$

3/ Định luật 3: (Định luật tương tác giữa 2 vật)

- a. **Phát biểu:** 2 vật A và B tương tác với nhau:

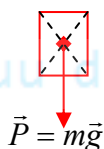
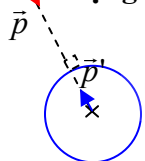
Vật A tác dụng lên vật B một lực $\vec{F}_B$

thì vật B tác dụng lên vật A một lực $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$



- b. **Các cặp lực liên kết:**

- **Trọng lực:** Khi vật có khối lượng m chuyển động trong trái đất thì ta có: $\vec{P}, \vec{P}'$



- Điểm đặt: khối tâm G
- Phương: đường thẳng đứng (coi mặt đất ngang)
- Chiều: hướng xuống.
- Độ lớn: $P = mg$

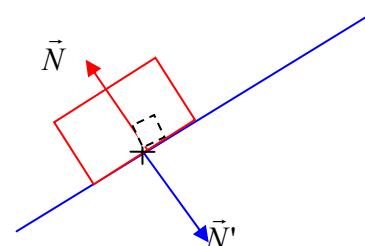
- **Phản lực:** vuông góc, khi 2 vật A, B tiếp xúc chùng:

Điểm đặt: tại điểm tiếp xúc.

Phương: vuông góc mặt tiếp xúc.

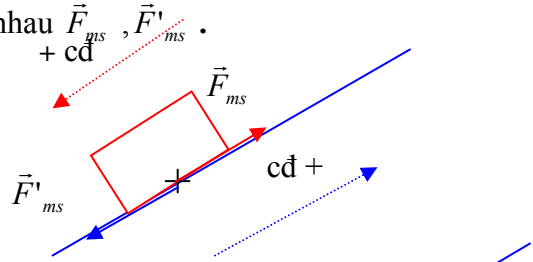
Chiều: từ điểm tiếp xúc hướng đến vật đang xét.

Độ lớn: $N = N'$ (giải phương trình tìm N, N')



- **Lực ma sát trượt:** khi 2 vật A, B trượt lên nhau $\vec{F}_{ms}, \vec{F}'_{ms}$.

{ Điểm đặt: tại điểm tiếp xúc.
 Phương: theo phương chuyển động.
 Chiều: ngược chiều chuyển động.
 Độ lớn: $F_{ms} = F_{ms}' = kN$



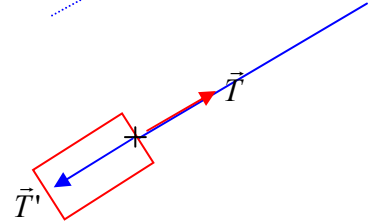
- **Sức căng dây:** $\vec{T}, \vec{T}'$

Xuất hiện khi vật tiếp xúc treo với sợi dây:

B: là sợi dây treo vật A.

$\vec{T}$: ngoại lực của A do sợi dây tác dụng.

{ Điểm đặt: tại điểm tiếp xúc.
 Phương: phương sợi dây.
 Chiều: từ điểm tiếp xúc hướng ra ngoài vật đang xét.
 Độ lớn: $T = T'$ (giải phương trình tìm T, T')

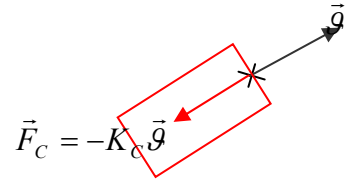


- **Lực cản môi trường:** $\vec{F}_c = -K_c \cdot \vec{g}$

K_c : hệ số cản của môi trường.

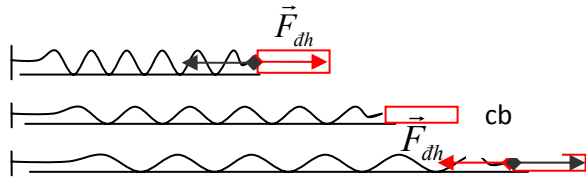
$\vec{F}_c$: cùng phương, ngược chiều $\vec{g}$.

{ Điểm đặt: tại điểm tiếp xúc.
 Phương: cùng phương $\vec{g}$ (phương tiếp tuyến).
 Chiều: ngược chiều $\vec{g}$.
 Độ lớn: $F_c = K_c \cdot g$



- **Lực đàn hồi lò xo:** $\vec{F}_{dh} = -K \cdot \vec{x}$

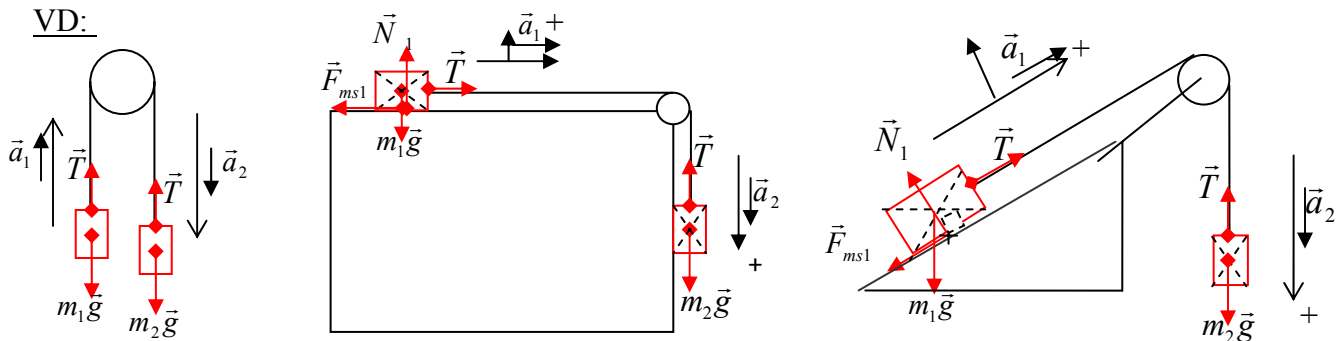
{ Điểm đặt: tại điểm tiếp xúc.
 Phương: phương chuyển động.
 Chiều: ngược chiều với li độ Ox.
 Độ lớn: $F_{dh} = K \cdot x$



❖ Giải bài toán bằng phương pháp động lực học:

- ❖ **Bước 1:** Phân tích lực đối với các vật người ta cho khối lượng.
- ❖ **Bước 2:** Viết phương trình lực: dùng định luật 2 Newton: $\sum \vec{F}_i = m_i \cdot \vec{a}_i$
- ❖ **Bước 3:** Chiếu phương trình lực lên 2 phương:
 - Phương vuông góc chuyển động $\rightarrow$ tìm phản lực $N \rightarrow$ lực ma sát $F_{ms} = k \cdot N$.
 - Phương chuyển động: chọn chiều dương là chiều chuyển động, gia tốc $\vec{a}_i$ theo chiều dương.
- ❖ **Bước 4:** Giải hệ phương trình theo phương chuyển động $\rightarrow$ kết quả.

VD:



- ❖ Dây không giãn $\rightarrow$ vận tốc tại mọi điểm trên dây như nhau $\rightarrow a_1 = a_2$ (độ lớn)
- ❖ Trên mọi điểm của sợi dây không có vật gì có khối lượng thì sức căng như nhau $\rightarrow T_1 = T_2 = T$

II.3 Hệ quy chiếu bất quán tính – Lực quán tính

1. Hệ quy chiếu bất quán tính

Là hệ quy chiếu chuyển động với gia tốc $\vec{a}_0$ so với hệ quy chiếu quán tính.

K là hệ quy chiếu quán tính, thì K' chuyển động có gia tốc đối với K đều là hệ quy chiếu bất quán tính.

2. Lực quán tính: $\vec{F}_{qt} = -m \cdot \vec{a}_0$

- $\vec{F}_{qt}$ {
- Điểm đặt: tại khối tâm G .
 - Phương: cùng phương $\vec{a}_0$.
 - Chiều: Ngược chiều $\vec{a}_0$.
 - Độ lớn: $|\vec{F}_{qt}| = m \cdot |\vec{a}_0|$.

Ghi chú: lực quán tính chỉ xuất hiện ở hệ quy chiếu bất quán tính.

VD1: Treo hệ ròng rọc trong thang máy:

- Chọn mặt đất là hệ quy chiếu quán tính K .

Hệ phương trình lực tương ứng:

$$\begin{cases} m_1 : m_1 \vec{g} + \vec{T} = m_1 \vec{a}_1 = m_1 (\vec{a}'_1 + \vec{a}_0) \\ m_2 : m_2 \vec{g} + \vec{T} = m_2 \vec{a}_2 = m_2 (\vec{a}'_2 + \vec{a}_0) \end{cases}$$

$a_1 = a_2$ vì vật 1 đi lên cùng chiều 2 đi xuống ngược chiều.

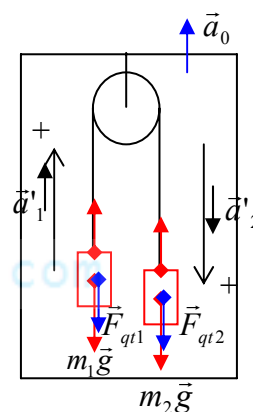
- Chọn sàn thang máy: hệ quy chiếu bất quán tính.

$$\begin{cases} m_1 : m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_{qt1} = m_1 \vec{a}'_1 \\ m_2 : m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_{qt2} = m_2 \vec{a}'_2 \end{cases}$$

$$F_{qt1} = m_1 \cdot a_0 ; F_{qt2} = m_2 \cdot a_0$$

$\vec{a}'_1$: gia tốc vật 1 đối với sàn thang máy $\neq \vec{a}_1$ đối với đất: $\vec{a}_1 = \vec{a}'_1 + \vec{a}_0$

$$a_1' = a_2' = a'$$



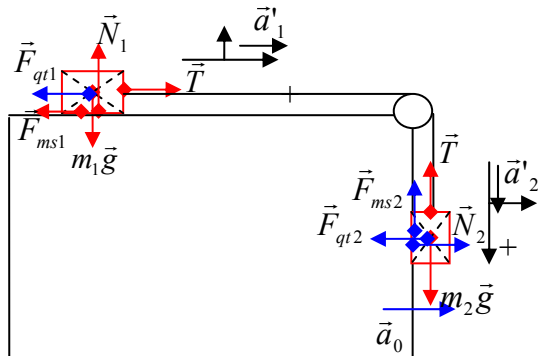
$$\Rightarrow a' = \frac{(m_2 - m_1).(g + a_0)}{m_1 + m_2} = \frac{(m_2 - m_1).(g')}{m_1 + m_2}$$

Chú ý: chiều $\vec{a}_0$:

Thang máy đi xuống chậm dần: $\vec{a}_0 \uparrow$

Thang máy đi lên chậm dần: $\vec{a}_0 \downarrow$

VD2:



Mặt bàn đứng yên: m_2 trượt trên cạnh bàn $\vec{N}_2 = 0$.

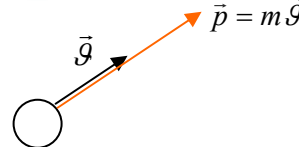
Mặt bàn chuyển động: m_2 bị lực quán tính $\vec{F}_{qt1}$ đè vào bàn $\rightarrow \vec{N}_2 \neq 0$, có thêm lực ma sát $\vec{F}_{ms2}$

II.4 Động lượng – Xung lượng

1/ **Định nghĩa động lượng** $\vec{p}$: 1 vật có khối lượng m chuyển động với vận tốc $\vec{g}$. Thì $\vec{p} = m\vec{g}$.

2/ **Định lý về động lượng:**

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



Phát biểu: Đạo hàm vectơ động lượng theo thời gian = Σ ngoại lực tác dụng lên vật.

3/ **Định luật bảo toàn động lượng:**

a. **Bảo toàn toàn phương:**

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{p} = m\vec{g} = hs \Rightarrow \vec{g} = hs \rightarrow \text{vật chuyển động thẳng đều.}$$

b. **Bảo toàn 1 phương:**

$$\sum \vec{F} \neq 0 \quad F_x = 0 \Rightarrow p_x = m g_x = hs \Rightarrow g_x = hs \rightarrow \text{vật chuyển động theo phương x đều.}$$

Hình chiếu Σ ngoại lực theo 1 phương = 0 thì động lượng theo phương đó sẽ bảo toàn.

4/ **Xung lượng:**

$$\int_{\vec{p}_1}^{\vec{p}_2} d\vec{p} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}.dt \Rightarrow \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \Delta\vec{p}$$

Xung lượng hay là xung của 1 lực $\vec{F}$ trong khoảng thời gian $\Delta t = t_2 - t_1$ bằng độ biến thiên động lượng: $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$.

Nếu dùng lực trung bình $\vec{\bar{F}}$ trong khoảng thời gian Δt : $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \vec{\bar{F}}.\Delta t$

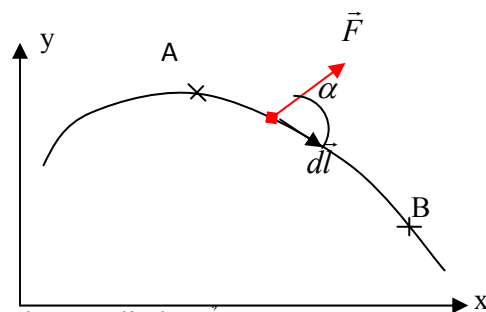
II.5 Cơ năng của chất điểm

1/ Công của lực $\vec{F}$:

a. Công nguyên tố:

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{l} = F \cdot dl \cdot \cos \alpha$$

α : góc hợp bởi $\vec{F}$ và $d\vec{l}$.



Nếu α nhọn: $dA > 0$ công phát động, lực làm cho vật di chuyển

α tù: $dA < 0$ công cản, lực làm cản vật chuyển động.

$\alpha = 90^\circ$: $dA = 0$: lực không tạo công.

b. Công của lực $\vec{F}$ khi vật di chuyển A $\rightarrow$ B: $A_{\vec{F}(AB)} = \int_A^B dA = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l}$

Chúng ta sử dụng công thức này khi lực $\vec{F}$ không đổi, góc α không đổi.

❖ Công của lực ma sát:

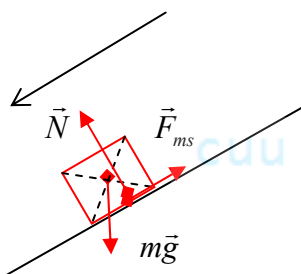
$$A_{\vec{F}_{ms}(AB)} = -kmg \cos \alpha \cdot AB$$

❖ Công của trọng lực:

$$A_{m\vec{g}(AB)} = mg \sin \alpha \cdot AB$$

❖ Công của phản lực:

$$A_{\vec{N}} = 0 \quad \vec{N} \perp d\vec{l}$$



2/ **Động năng**: là năng lượng thể hiện sự chuyển động của vật

$$Wd = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow dA_{\vec{F}} = dWd$$

$$\text{CM: } dA = \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

$$\text{Mà } \vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k} = m\vec{a} = \sum \vec{F}$$

$$d\vec{l} = dx \vec{i} + dy \vec{j} + dz \vec{k}$$

$$\Rightarrow \Rightarrow dA = F_x dx + F_y dy + \dots = m a_x dx + m a_y dy + \dots \quad \text{mà } a_x = \frac{dv_x}{dt} \dots \text{ và } v_x = \frac{dx}{dt} \dots$$

$$\Rightarrow \Rightarrow dA = m v_x dv_x + m v_y dv_y + m v_z dv_z = d\left[\frac{1}{2} m (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)\right] = d\left(\frac{1}{2} m v^2\right)$$

❖ Tính công bằng động năng:

CHÚ Ý: $\vec{F}$ là tổng các ngoại lực tác dụng Vd: $\vec{F}$ là tổng của 3 lực: $\vec{N}$, $\vec{P}$, $\vec{F}_{ms}$.

$$\text{Khi đó: } A_{\vec{F}(AB)} = \int_A^B dA = \int_{W_{dA}}^{W_{dB}} dW_d = W_d - W_{dA} = \Delta W_d$$

Kết luận: Công của tổng ngoại lực di chuyển vật thì bằng độ biến thiên động năng.

3/ Thế năng: W_t : là năng lượng thể hiện vị trí của vật.

a. **Lực thế:** $\vec{F}$ là lực thế $\Leftrightarrow \int_A^B \vec{F} d\vec{l} = f(\vec{r}_A, \vec{r}_B)$ Công di chuyển chất điểm không phụ thuộc

vào đường đi mà chỉ phụ thuộc vào vị trí đầu và vị trí cuối.

$\vec{F}$ là lực thế $\Leftrightarrow \oint \vec{F} \cdot d\vec{l} = 0$: Công di chuyển trong đường cong kín = 0.

b. **Trường lực thế:** Là khoảng không gian chỉ chịu tác dụng của lực thế.

VD: $\vec{F}_{hd}$: lực hấp dẫn $\rightarrow$ Trường hấp dẫn.

$\vec{P}$ Trọng lực $\rightarrow$ Trường trọng lực.

$\vec{F}_{dh} = -k\vec{x}$: lực đàn hồi $\rightarrow$ Trường đàn hồi.

c. **Thế năng:** $W_t = f(\vec{r}) = f(x, y, z)$

Trong trường lực thế luôn tồn tại 1 hàm W_t phụ thuộc vào vị trí gọi là thế năng. sao cho công nguyên tố bằng độ giảm thế năng nguyên tố.: $dA_{\vec{F}} = -dW_t$

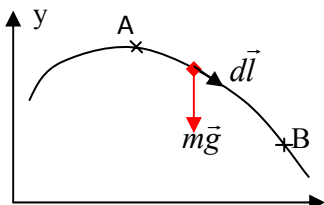
$$A_{\vec{F}(AB)} = \int_A^B dA_{\vec{F}(AB)} = \int_{W_{tA}}^{W_{tB}} -dW_t = W_{tA} - W_{tB} = -\Delta W_t$$

Công của lực thế khi di chuyển vật từ A $\rightarrow$ B = độ giảm thế năng.

d. **Liên hệ giữa lực thế $\vec{F}$ và thế năng W_t :** $\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}} W_t = -\left(\frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}\right) W_t$

❖ CM: $\vec{P} = m\vec{g}$ lực thế $\rightarrow W_t = ?$

$$\vec{P} = -mg \cdot \vec{j} \quad d\vec{l} = dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k} \quad \Rightarrow dA = -mgdy$$



$$A_{\vec{P}(AB)} = \int_A^B \vec{P} \cdot d\vec{l} = -mg \int_{y_A}^{y_B} dy = mgy_A - mgy_B = f(y_A, y_B) = W_{tA} - W_{tB}$$

$\Rightarrow \vec{P} = m\vec{g}$ là lực thế do công phụ thuộc $f(y_A, y_B)$ (vào vị trí A, B).

Tổng quát: $W_t = mgy + C$ (C là hằng số thế năng, phụ thuộc gốc thế năng).

Chọn gốc thế năng tại O $\Rightarrow W_{t(y=0)} = 0 \rightarrow C = 0 \rightarrow W_t = mgy \quad W_t = mgy$

❖ CM Lực đàn hồi: $\vec{F}_{dh} = -k\vec{x}$ lực thế $\rightarrow W_t = ?$

❖ $\Rightarrow W_t = \frac{1}{2} k x^2$: gốc thế năng ở vị trí cân bằng.

4/ Định luật bảo toàn cơ năng:

Giả sử: $\sum \vec{F} = \vec{F} + \vec{F}'$ ($\vec{F}$: lực thế, $\vec{F}'$: lực phi thế).

- Công của tổng ngoại lực bằng độ biến thiên động năng.

$$A_{\sum \vec{F}} = W_{dB} - W_{dA} = \Delta W_d$$

- Công của lực thế bằng độ giảm thế năng.

$$A_{\vec{F}} = W_{tA} - W_{tB} = -\Delta W_t$$

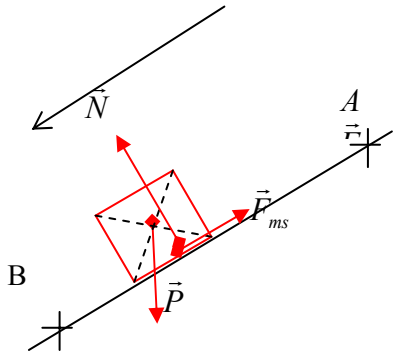
- Công của lực phi thế bằng độ biến thiên cơ năng.

$$A_{\vec{F}'} = W_B - W_A = \Delta W$$

- Chỉ có lực thế (lực phi thế = 0).

$$\vec{F}' = 0 \Rightarrow \Delta W = 0 \Rightarrow W_B = W_A = hs \text{ (cơ năng hệ bảo toàn)}$$

VD1:

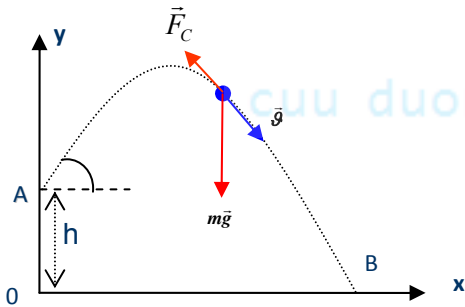


$$A_{(\vec{P} + \vec{F}_{ms})} = \Delta W_d = W_{dB} - W_{dA}$$

$$A_{(\vec{P})} = -\Delta W_t = W_{tA} - W_{tB}$$

$$A_{(\vec{F}_{ms})} = \Delta W = W_B - W_A$$

VD2:



$$A_{(\vec{P} + \vec{F}_c)} = \Delta W_d = W_{dB} - W_{dA}$$

$$A_{(\vec{P})} = -\Delta W_t = W_{tA} - W_{tB}$$

$$A_{(\vec{F}_c)} = \Delta W = W_B - W_A$$

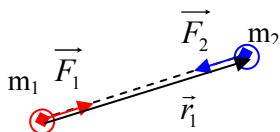
II.6 Trường hấp dẫn:

1. Lực hấp dẫn: Cho 2 chất điểm khối lượng m_1, m_2 đặt cách nhau 1 khoảng r , thì hút nhau bởi lực:

$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

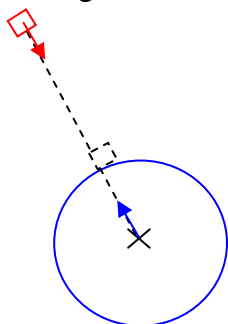
G: hằng số hấp dẫn, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$

KL: 2 chất điểm cách nhau 1 khoảng nào đó luôn luôn hút nhau bằng những lực tỉ lệ với tích khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách đó.



$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1 = -G \frac{m_1 m_2}{r_1^2} \frac{\vec{r}_1}{r_1}$$

VD: Xác định g:



$$P = F = G \frac{mM}{r^2} = G \frac{mM}{(R+h)^2} = mg \Rightarrow g = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

$$\text{Nếu } h=0 \Rightarrow g_0 = G \frac{M}{R^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} \approx 9,81 \text{ m/s}^2$$

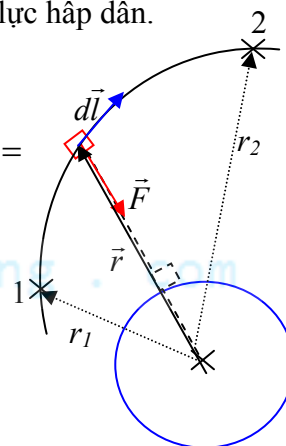
$$g = g_0 \left(\frac{R}{R+h} \right)^2 \approx g_0 \left(1 - \frac{2h}{R} \right) \quad (h \ll R)$$

2. Trường hấp dẫn:

Mỗi chất điểm tạo ra xung quanh nó một trường đặc biệt được gọi là trường hấp dẫn. Trong trường này, các chất điểm sẽ bị tác dụng 1 lực gọi là lực hấp dẫn.

Chứng minh lực hấp dẫn là lực thế:

$$\begin{aligned} A_{12} &= \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_1^2 -G \frac{Mm}{r^3} \vec{r} \cdot d\vec{l} = -GMm \int_1^2 \frac{r \cdot \overbrace{dl \cdot \cos \alpha}^{dr}}{r^3} = \\ &= -GMm \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = -GMm \left(-\frac{1}{r} \right) \Big|_{r_1}^{r_2} \\ A_{12} &= W_{t_1} - W_{t_2} = \left(-\frac{GMm}{r_1} \right) - \left(-\frac{GMm}{r_2} \right) \end{aligned}$$



$\Rightarrow$ Công này chỉ phụ thuộc vào vị trí đầu và vị trí cuối $\Rightarrow$ lực hấp dẫn là lực thế, trường hấp dẫn là trường thế. Thế năng của trường hấp dẫn:

$$\Rightarrow W_t = -G \frac{Mm}{r} + C$$

Chọn gốc thế năng ở ∞ : $r = \infty \Rightarrow W_{t(\infty)} = 0 \Rightarrow C = 0$

Chọn gốc thế năng ở mặt đất: $r = R \Rightarrow C = G \frac{Mm}{R}$

$$W_{t(h)} = -G \frac{Mm}{R+h} + G \frac{Mm}{R} = GMm \frac{h}{R(R+h)}$$

$$W_{t(h)} = m \left(\frac{GM}{R^2} \right) h = mg_0 h$$

$$h \ll R$$

❖ **Vận tốc vũ trụ cấp 1 và cấp 2.**

ĐN: Vận tốc vũ trụ cấp 1 là vận tốc tối thiểu cần cấp cho 1 vật để nó trở thành vệ tinh của trái đất, nghĩa là quỹ đạo của nó là hình tròn bao quanh trái đất. Hay nói cách khác đó là vận tốc tối thiểu để thắng được lực hút của trái đất để bay vào vũ trụ.

Xác định v_1 :

$$a_n = g_0 = \frac{g^2}{R} \Rightarrow g_1 = \sqrt{g_0 R} \approx 7,9 km/s$$

Xác định g_{II} : Trường lực thế: $W=hs$ (cơ năng bảo toàn).

- Khi vật xuất phát từ mặt đất với vận tốc g và bay xa vô cùng:

$$\frac{m g^2}{2} + \left(-G \frac{Mm}{R} \right) = \frac{m g_{\infty}^2}{2} + 0 \quad \text{mà} \quad \frac{m g_{\infty}^2}{2} \geq 0.$$

$$g^2 \geq 2G \frac{M}{R} = 2g_0 R \quad \text{với} \quad g_{II} = \sqrt{2g_0 R} = 11,2 km/s \Rightarrow g \geq g_{II}$$

KL:

$g < g_1$: Vật rơi trở lại mặt đất.

$g = g_1$: Vật chuyển động với quỹ đạo là đường tròn.

$g_1 < g < g_{II}$: Vật chuyển động với quỹ đạo là elip.

$g \geq g_{II}$: Vật chuyển động với quỹ đạo là parabol thoát khỏi trái đất.

