

CHƯƠNG 4

CƠ NĂNG VÀ TRƯỜNG LỰC THỂ

1. Công và công suất
2. Khái niệm năng lượng và định luật bảo toàn năng lượng
3. Động năng và định lý về động năng
4. Thế năng và định lý thế năng trong trọng trường đều
5. Định luật bảo toàn cơ năng trong trọng trường
6. Va chạm xuyên tâm
7. Trường hấp dẫn
8. Khái niệm trường lực thể - Sơ đồ thế năng

4.1. Công và công suất

4.1.1. Công

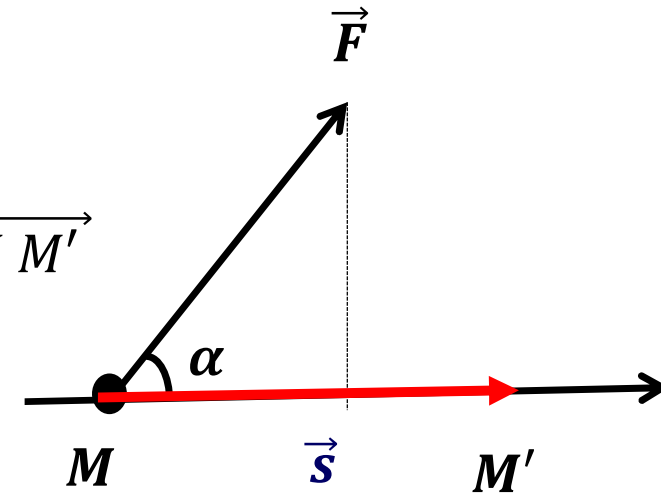
a) $\vec{F} = \text{const}$, chuyển dời $\vec{s} = \overrightarrow{MM'}$ thẳng

* Định nghĩa: Công A do lực \vec{F} sinh ra trong chuyển dời $\vec{s} = \overrightarrow{MM'}$

là một đại lượng vô hướng có trị số

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = Fs \cdot \cos \alpha$$

Đơn vị : Jun (J)



Nhận xét:

- +) Công A là một đại lượng vô hướng
- +) Công phụ thuộc vào hệ quy chiếu.

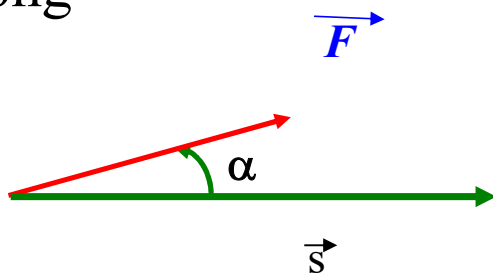
4.1. Công và công suất

4.1.1. Công

a) $\vec{F} = \overline{const}$, chuyển dời $\vec{s} = \overline{MM'}$ thẳng

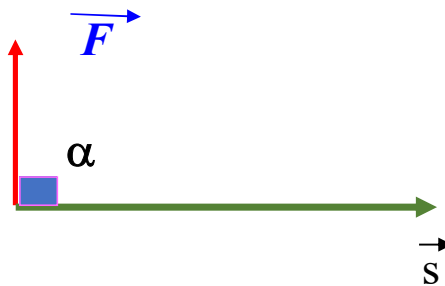
* Nếu $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$
thì $A > 0$

$\Rightarrow \vec{F}$ thực hiện công phát động



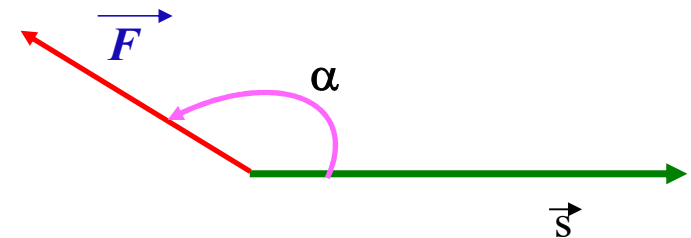
$$0 \leq \alpha < 90^\circ$$

* Nếu $\alpha = 90^\circ$ thì $A = 0$
 $\Rightarrow \vec{F}$ không thực hiện công



$$\alpha = 90^\circ$$

* Nếu $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$
thì $A < 0$
 $\Rightarrow \vec{F}$ thực hiện công cản



$$90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$$

4.1. Công và công suất

4.1.1. Công

b) Tổng quát $\vec{F} \neq \text{const}$, chuyển dời CD cong

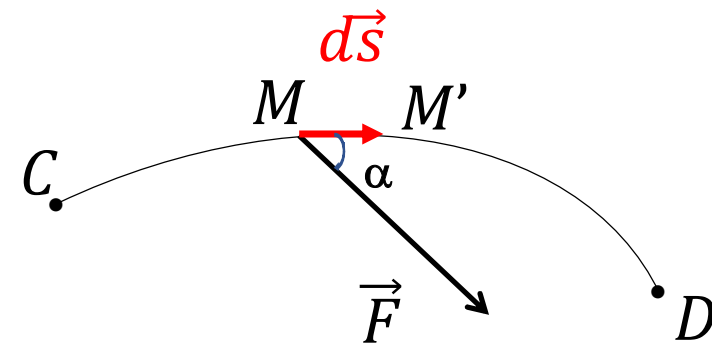
* Chia đường cong CD thành các chuyển dời vô cùng nhỏ $d\vec{s} = \overrightarrow{MM'}$ gần đúng thẳng và lực \vec{F} không đổi trên $d\vec{s}$

- Công vi phân (công nguyên tố) dA của lực \vec{F} trong chuyển dời $d\vec{s} = \overrightarrow{MM'}$ là

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F ds \cos \alpha$$

=> Công toàn phần của \vec{F} trong chuyển dời \widehat{CD} là:

$$A_{CD} = \int_{\widehat{CD}} dA = \int_{\widehat{CD}} \vec{F} d\vec{s}$$



4.1. Công và công suất

4.1.2. Công suất:

+ Đặc trưng cho mức độ sinh công nhanh hay chậm của lực

** Công suất trung bình:*

$$P_{tb} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

ΔA là công trung bình của lực \vec{F} thực hiện trong khoảng thời gian Δt

** Công suất tức thời:*

$$P_{tt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt}$$

Công suất (của máy tạo ra lực) là một đại lượng bằng đạo hàm của công theo thời gian.

Chú ý:

** Đơn vị: W*

$$P_{tt} = \frac{dA}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \vec{v}$$

4.1. Công và công suất

$$P = \vec{F}\vec{v}$$

- Mỗi động cơ có một công suất nhất định.
- Với công suất nhất định, *muốn tăng lực thì phải giảm vận tốc*, cấu tạo của hộp số giúp điều chỉnh lực tác dụng của động cơ.
- Cấu tạo của líp xe đạp cũng có tác dụng tương tự như hộp số



4.2. Khái niệm năng lượng và định luật bảo toàn năng lượng

4.2.1. Năng lượng

❖ Định nghĩa:

Năng lượng là một đại lượng vật lý đặc trưng cho mức độ vận động của vật chất

❖ Nhận xét:

- + Một vật ở trạng thái xác định thì có năng lượng xác định
→ Năng lượng là một hàm trạng thái.
- + Khi vật tương tác các vật khác → biến đổi trạng thái → năng lượng thay đổi
- + Trao đổi năng lượng thực hiện bằng quá trình thực hiện công

Hệ sinh công → năng lượng giảm

Hệ nhận công → năng lượng tăng

❖ Công là đại lượng đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng giữa vật này và vật khác thông qua chuyển động có hướng của vật.

→ Công là hàm của quá trình (đặc trưng cho sự biến thiên năng lượng của hệ trong một quá trình nào đó)

4.2. Khái niệm năng lượng và định luật bảo toàn năng lượng

4.2.2. Định luật bảo toàn năng lượng

* Hệ nhận công A: TT1 (năng lượng W_1) \rightarrow TT2 (năng lượng W_2)

Thực nghiệm:

$$W_2 - W_1 = A$$

* **Phát biểu 1**: Độ biến thiên năng lượng của một hệ trong một quá trình nào đó có giá trị bằng công mà hệ nhận được từ bên ngoài trong quá trình đó.

+ $A > 0$: hệ nhận công;

+ $A < 0$: hệ sinh công;

+ $A = 0$ (hệ cô lập): $W_2 = W_1$ năng lượng của hệ không đổi.

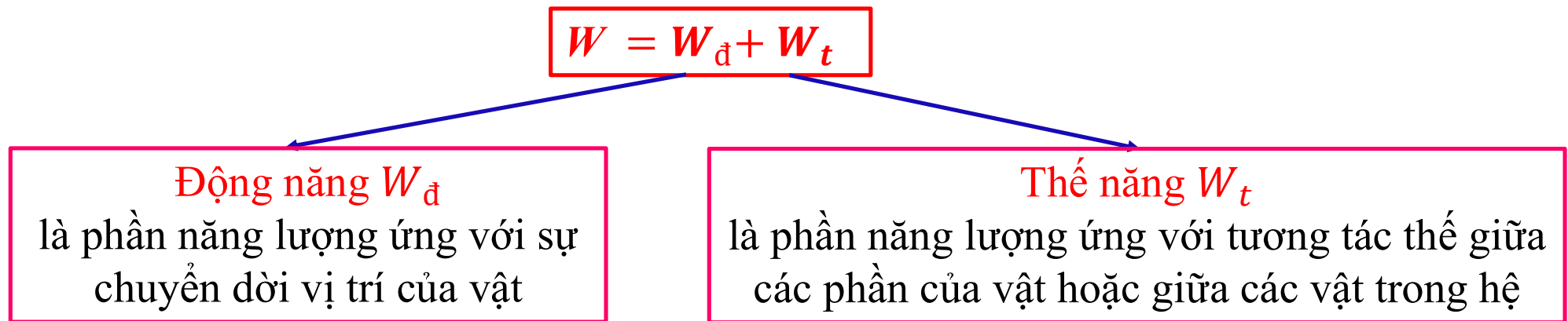
* **Phát biểu 2**: Năng lượng của hệ cô lập được bảo toàn.

* **Phát biểu 3**: Năng lượng của hệ không tự mất đi mà cũng không tự sinh ra, năng lượng chỉ chuyển từ hệ này sang hệ khác.

- **Ý nghĩa**: Không thể có một hệ sinh công mãi mãi mà không nhận thêm năng lượng từ bên ngoài
 \rightarrow Không thể chế tạo động cơ vĩnh cửu.

4.3. Động năng và định lý về động năng

* **Cơ năng** là phần năng lượng tương ứng với chuyển động cơ của các vật:



- **Nhận xét:** W_d phụ thuộc vận tốc của vật (phụ thuộc hệ quy chiếu)
 - W_d liên quan đến công của lực (ngoại lực) tác dụng lên vật (hệ vật)
 - Xác định công của lực (tổng hợp lực) tác dụng lên vật.
 - Biểu thức động năng.

4.3. Động năng và định lý về động năng

- Xét chất điểm có khối lượng m , chịu tác dụng của lực (tổng hợp lực) \vec{F} , chuyển dời từ (1) \rightarrow (2)

Công của lực \vec{F} trong chuyển dời từ (1) đến (2):

$$A_{12} = \int_{(1)}^{(2)} \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

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

$$\Rightarrow A_{12} = \int_{(1)}^{(2)} m \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{s} = \int_{(1)}^{(2)} m \vec{v} d\vec{v} = \int_{(1)}^{(2)} m d\left(\frac{\vec{v}^2}{2}\right) = \int_{v_1}^{v_2} d\left(\frac{mv^2}{2}\right)$$



$$\Rightarrow A_{12} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} (*)$$

4.3. Động năng và định lý về động năng

Đặt $W_{đ1} = \frac{1}{2}mv_1^2$: Động năng của chất điểm ở VT1

$W_{đ2} = \frac{1}{2}mv_2^2$: Động năng của chất điểm ở VT2

⇒ **Biểu thức động năng:**

$$W_{đ} = \frac{1}{2}mv^2$$

SI

J



Từ (*), suy ra:

$$A_{12} = W_{đ2} - W_{đ1}(**)$$

(Định lý động năng)

➡ **Phát biểu:** Độ biến thiên động năng của một chất điểm trên quãng đường nào đó có giá trị bằng công của lực (hay tổng hợp lực) tác dụng lên chất điểm thực hiện trong quãng đường đó.

Chú ý: Lực phát động, thực hiện công (+) : $W_{đ2} > W_{đ1}$

Lực cản, thực hiện công (-) : $W_{đ2} < W_{đ1}$

4.4. Thế năng và định lý thế năng trong trọng trường đều

4.4.1. Trường lực thế

* Trường lực, trường lực thế

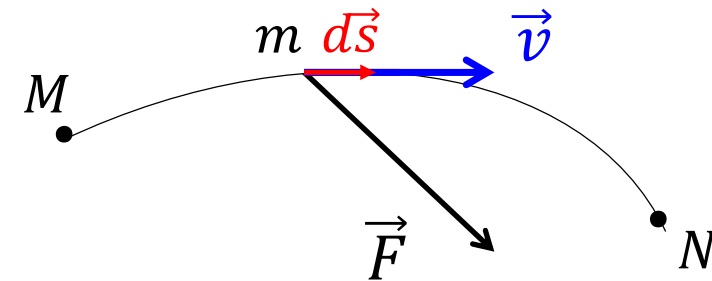
- Chất điểm chuyển động trong trường lực: tại mọi vị trí, chất điểm đều chịu tác dụng của lực \vec{F} :

$$\vec{F} = \vec{F}(\vec{r}) = \vec{F}(x, y, z)$$

- Công của lực \vec{F} khi chất điểm chuyển dời từ M \rightarrow N:

$$A_{MN} = \int_M^N \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

Không phụ thuộc vào dạng quỹ đạo



Nếu A_{MN} $\left\{ \begin{array}{l} \text{Không phụ thuộc vào dạng quỹ đạo} \\ \text{Chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và cuối của quỹ đạo: } M, N. \end{array} \right.$

+ Trường lực $\vec{F}(\vec{r})$: **trường lực thế**
+ \vec{F} : **lực thế** (lực bảo toàn).

VD trường lực thế: trọng trường, điện trường

4.4. Thế năng và định lý thế năng trong trọng trường đều

❖ Thế năng. Định lý thế năng

- Định nghĩa: Thế năng của một chất điểm trong trường lực thế là một hàm W_t phụ thuộc vào vị trí của chất điểm sao cho độ giảm thế năng giữa hai điểm trong trường lực thế bằng công mà lực thế thực hiện khi chất điểm chuyển dời giữa hai điểm đó.

$$W_{t1} - W_{t2} = A_{12}$$

(Định lý thế năng trong trường lực thế)

- Phát biểu định lý thế năng trong trường lực thế: Độ giảm thế năng của chất điểm khi chất điểm chuyển dời giữa hai điểm trong trường lực thế bằng công mà lực thế tác dụng lên chất điểm thực hiện trong chuyển dời đó.
- Nhận xét:
 - + Thế năng của chất điểm tại một vị trí trong trường lực thế được xác định **sai khác một hằng số cộng**, phụ thuộc mốc thế năng.
 - + Thế năng là dạng năng lượng đặc trưng cho tương tác thế giữa các vật.

4.4. Thế năng và định lý thế năng trong trọng trường đều

4.4.2. Thế năng. Định lý thế năng trong trọng trường đều

a. Công của trọng lực

+ Xét chất điểm chuyển dời từ VT(1) \rightarrow VT(2)

+ Công vi phân của lực \vec{P} trong chuyển dời $\vec{ds} = \overline{MM'}$:


$$dA = \vec{P}d\vec{s} = Pds\cos\alpha = P \cdot MN$$
$$= P[h - (h + dh)]$$

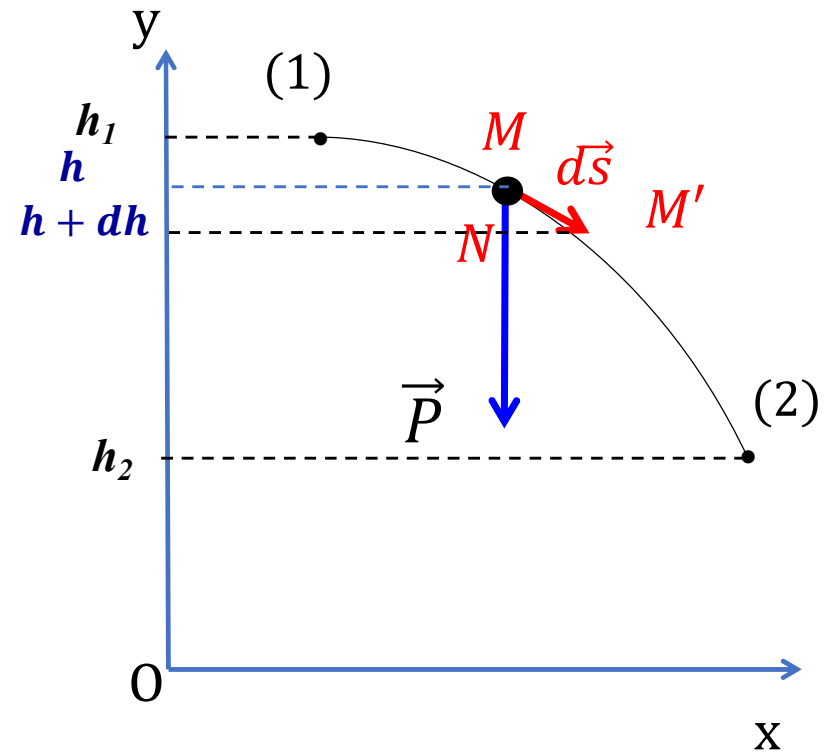
$$\Rightarrow dA = -Pdh$$

$$(dh = h_N - h_M < 0; dA > 0)$$

+ Công của trọng lực trong chuyển dời từ (1) \rightarrow (2):

$$A_{12} = \int_{(1)}^{(2)} dA = \int_{(1)}^{(2)} -Pdh = Ph_1 - Ph_2$$

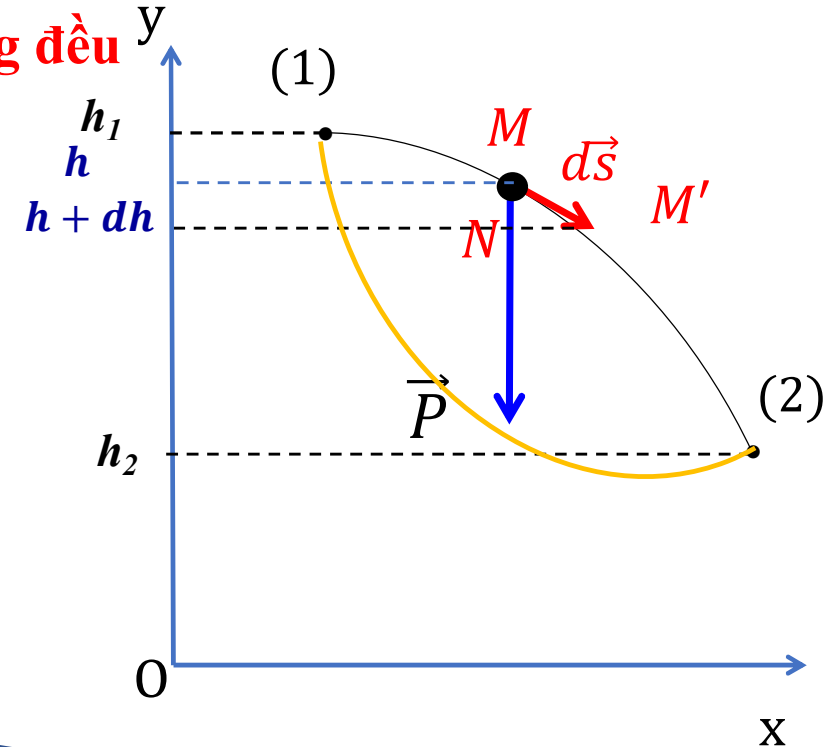

$$A_{12} = mgh_1 - mgh_2$$



4.4. Thế năng và định lý thế năng trong trọng trường đều

4.4.2. Thế năng. Định lý thế năng trong trọng trường đều

- Nhận xét: Công của trọng lực thực hiện khi chất điểm chuyển dời từ vị trí (1) đến vị trí (2)
 - + Không phụ thuộc vào quỹ đạo chuyển động
 - + Chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối của quỹ đạo
- Công dịch chuyển theo đường cong kín bằng 0



Trọng lực là lực thế.
Trường trọng lực là trường lực thế.

4.4. Thế năng và định lý thế năng trong trọng trường đều

4.4.2. Thế năng. Định lý thế năng

b. Thế năng. Định lý thế năng trong trọng trường đều

Trong trọng trường đều ta có công của trọng lực:

$$A_{12} = mgh_1 - mgh_2$$

Đặt $W_{t1} = mgh_1 + C$: Thế năng (hấp dẫn) của m trong trọng trường (đều)



khi m ở VT (1)

Đặt $W_{t2} = mgh_2 + C$: Thế năng (hấp dẫn) của m trong trọng trường (đều)

khi m ở VT (2)

4.4. Thế năng và định lý thế năng trong trọng trường đều

4.4.2. Thế năng. Định lý thế năng

b. Thế năng. Định lý thế năng trong trọng trường đều

- Thế năng của chất điểm trong trọng trường đều là:

$$W_t = mgh + C$$

($C = \text{const}$, phụ thuộc chọn mốc thế năng, h là độ cao so với mốc thế năng)



$$W_{t_1} - W_{t_2} = A_{12}$$

(Định lý thế năng trong trọng trường đều)

➤ Phát biểu định lý thế năng : “Độ giảm thế năng của chất điểm khi chuyển dời từ vị trí (1) sang vị trí (2) trong trọng trường đều có giá trị bằng công của trọng lực tác dụng lên chất điểm trong chuyển dời của đó”

4.5. Định luật bảo toàn cơ năng trong trọng trường

+ **Cơ năng** là phần năng lượng tương ứng với chuyển động cơ của các vật:

$$W = W_{đ} + W_t \quad (\text{Cơ năng} = \text{động năng} + \text{thế năng})$$

+ Chất điểm m chuyển động từ vị trí (1) sang vị trí (2) trong trọng trường đều (chỉ chịu tác dụng của trọng lực)

Định lý thế năng: $A_{12} = W_{t1} - W_{t2} (*)$

Định lý động năng: $A_{12} = W_{đ2} - W_{đ1} (**)$

$$\Rightarrow A_{12} = W_{t1} - W_{t2} = W_{đ2} - W_{đ1}$$

$$\underbrace{W_{t1} + W_{đ1}}_{W_1} = \underbrace{W_{t2} + W_{đ2}}_{W_2}$$

Vậy : $W_1 = W_2 = \text{const} \Rightarrow$ **Khi chất điểm chuyển động trong trọng trường đều thì cơ năng được bảo toàn**

4.5. Định luật bảo toàn cơ năng trong trọng trường

- Trong trọng trường đều:

$$W = W_{\text{đ}} + W_t = \frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const}$$

- **Tổng quát:** Khi chất điểm chuyển động trong một trường lực thế (mà không chịu tác dụng của lực nào khác) thì cơ năng của chất điểm được bảo toàn.

$$W = W_t + W_{\text{đ}} = \text{const}$$

- **Chú ý:** Nếu lực \vec{F} (lực thế và không thế) tác dụng lên vật thì cơ năng không bảo toàn.

Dùng định lý động năng: Biến thiên động năng bằng công của ngoại lực:

$$\Delta W = W_{\text{đ}2} - W_{\text{đ}1} = A_{12}$$

4.6. Va chạm xuyên tâm

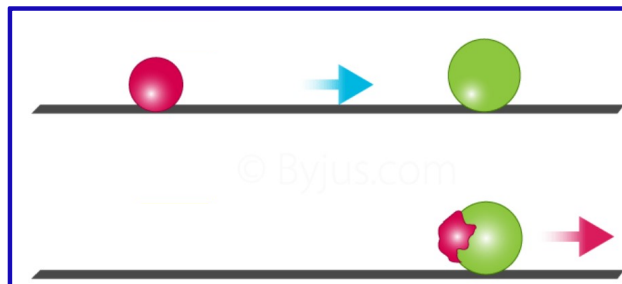
**Va
chạm
xuyên
tâm**

**Va chạm
đàn hồi**



**Cơ năng
bảo toàn**

**Va chạm
mềm**



**Cơ năng
không
bảo toàn**

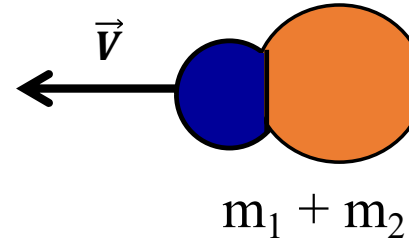
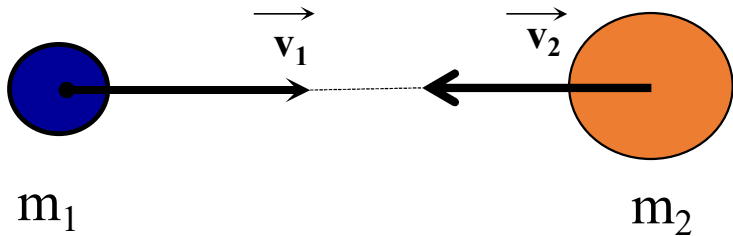
Hệ kín

Động lượng bảo toàn

$$\sum \vec{K}_t = \sum \vec{K}_s$$

4.6. Va chạm xuyên tâm

4.6.1. Va chạm mềm



Ngay trước va chạm:

$$\vec{K}_t = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$$K_t = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

Ngay sau va chạm:

$$\vec{K}_s = (m_1 + m_2) \vec{V}$$

$$K_s = (m_1 + m_2) V$$

- Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

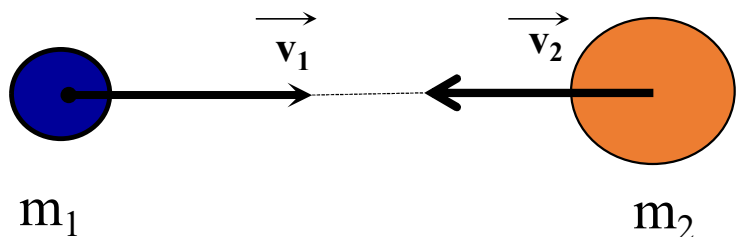
$$\vec{K}_t = \vec{K}_s$$

$$\Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V \rightarrow$$

$$V = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

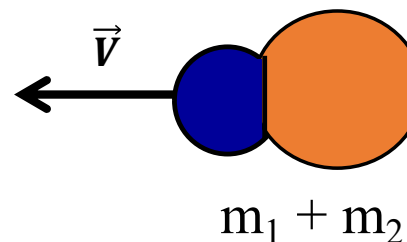
4.6. Va chạm xuyên tâm

4.6.1. Va chạm mềm



Ngay trước va chạm:

$$W_{đt} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$



Ngay sau va chạm:

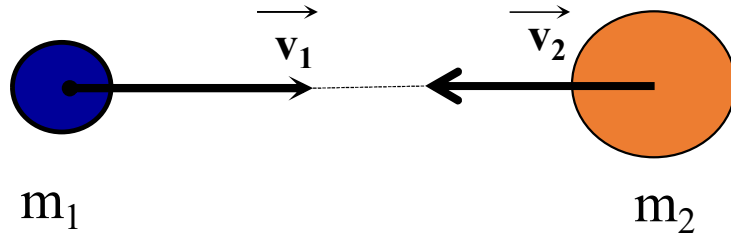
$$W_{đs} = \frac{(m_1 + m_2) V^2}{2}$$

- Cơ năng (động năng) không bảo toàn ($W_{đs} < W_{đt}$).
- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng: $W_{đt} = W_{đs} + Q$

$$\Rightarrow \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) V^2}{2} + Q \Rightarrow Q = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) V^2}{2}$$

4.6. Va chạm xuyên tâm

4.6.2. Va chạm đàn hồi



Ngay trước va chạm:

$$K_t = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

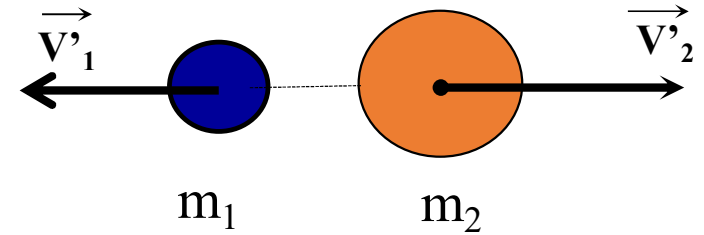
- Định luật bảo toàn động lượng:

$$K_t = K_s$$

$$\Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 (*)$$

- Động năng (cơ năng) bảo toàn :

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v'^2_1}{2} + \frac{m_2 v'^2_2}{2} (**)$$



Ngay sau va chạm:

$$K_s = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

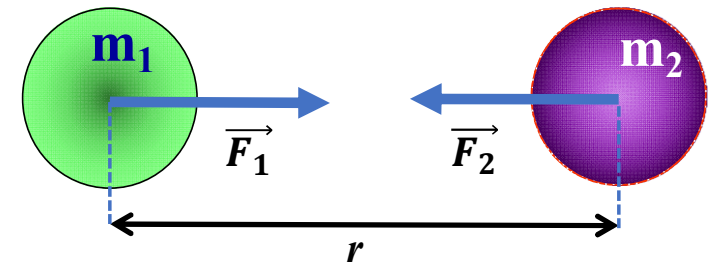
$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$
$$v'_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

4.7. Trường hấp dẫn

4.7.1 Định luật hấp dẫn vũ trụ của Newton. Ứng dụng

Phát biểu:

Hai chất điểm khối lượng m_1, m_2 cách nhau một khoảng r , luôn hút nhau bằng các lực có phương là đường thẳng nối hai chất điểm, ngược chiều nhau, có độ lớn bằng nhau và tỷ lệ thuận với tích khối lượng của hai chất điểm, tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.



$$F_{12} = F_{21} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

(*)

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} N \cdot \frac{m^2}{kg^2}$: hằng số hấp dẫn vũ trụ

- Chú ý:**
- + (*) Áp dụng cho chất điểm, hai quả cầu đồng chất (r là khoảng cách hai tâm).
 - + Lực hấp dẫn giữa các vật có hình dạng bất kỳ → Dùng phương pháp tích phân.

4.7. Trường hấp dẫn

❖ Ứng dụng:

• Sự thay đổi của gia tốc trọng trường theo độ cao

* Xét chất điểm (m) ở độ cao h

+ Vật chịu tác dụng của trọng lực: $\vec{P} = m\vec{g}$

+ Trọng lực chính là lực hấp dẫn Trái đất hút vật, do đó ta có:

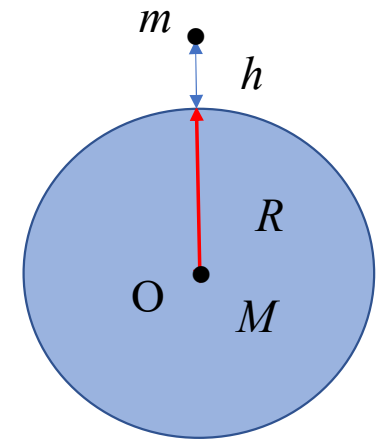
$$mg = G \frac{m.M}{(h+R)^2}$$

$$\Rightarrow g = G \frac{M}{(h+R)^2}$$

+ Gia tốc trọng trường ở mặt đất (h=0): $g_0 = G \cdot \frac{M}{R^2}$

➤ *Càng lên cao gia tốc trọng trường càng giảm*

$$\text{Nếu } h \ll R: \frac{g}{g_0} \approx 1 - \frac{2h}{R} \Rightarrow g \approx g_0 \left(1 - \frac{2h}{R}\right)$$



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

4.7. Trường hấp dẫn

❖ Ứng dụng:

- Tính khối lượng của các thiên thể

+ Khối lượng Trái đất:

$$\text{Vì } g_0 = G \cdot \frac{M}{R^2} \Rightarrow M = g_0 \frac{R^2}{G} = 9,80 \cdot \frac{6400^2 \cdot 10^6}{6,67 \cdot 10^{-11}} = 6 \cdot 10^{24} \text{ (kg)}$$

+ Khối lượng Mặt trời:

Coi Trái đất chuyển động trên quỹ đạo tròn quanh Mặt trời, lực hấp dẫn đóng vai trò lực hướng tâm:

$$G \frac{M \cdot M'}{R'^2} = M \frac{v^2}{R'} \text{ với } v = \frac{2\pi R'}{T} \text{ (R' là khoảng cách từ tâm Trái Đất đến tâm Mặt trời)}$$

$$\Rightarrow M' = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \cdot \frac{R'^3}{G} \approx \left(\frac{2 \cdot 3,14}{365 \cdot 24 \cdot 3600} \right)^2 \cdot \frac{(150 \cdot 10^6)^3}{6,67 \cdot 10^{-11}} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ (kg)}$$

4.7. Trường hấp dẫn

4.7.2 Tính chất thế của trường hấp dẫn

a) Khái niệm về trường hấp dẫn

+ Là một trường lực tồn tại xung quanh một vật có khối lượng. Bất kỳ một vật nào có khối lượng đặt trong trường hấp dẫn cũng bị tác dụng của lực hấp dẫn.

b) Tính chất thế của trường hấp dẫn

+ Xét chất điểm m chuyển động VT(1) \rightarrow VT(2) trong trường hấp dẫn của chất điểm M.

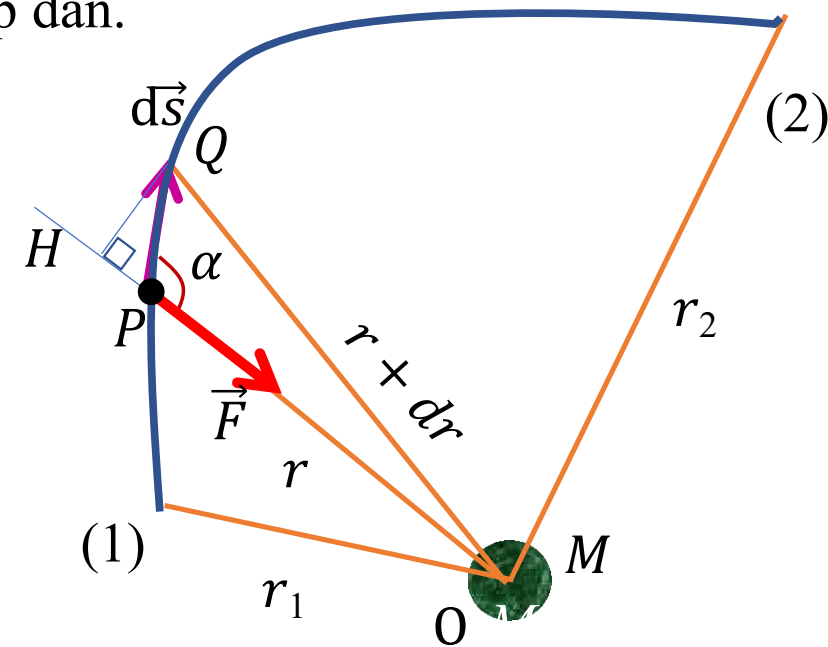
+ Công vi phân của lực \vec{F} trong chuyển dời VCN \vec{ds} :

$$dA = \vec{F}d\vec{s} = Fds\cos\alpha$$

$$\text{Ta có: } ds = PQ; \cos(\pi - \alpha) = \frac{PH}{PQ} \Rightarrow ds \cdot \cos\alpha = -PH$$

$$\Rightarrow dA = -F \cdot PH = -F(r + dr - r) = -Fdr$$

$$\Rightarrow dA = -G \frac{Mm}{r^2} dr$$



4.7. Trường hấp dẫn

b) Tính chất thế của trường hấp dẫn

+ Công của lực hấp dẫn \vec{F} trong chuyển dời từ VT (1) \rightarrow VT (2)

$$\begin{aligned}\Rightarrow A_{12} &= \int_{(1)}^{(2)} dA \\ &= - \int_{r_1}^{r_2} G \frac{Mm}{r^2} dr \\ &= \left(G \frac{Mm}{r_2} \right) - \left(G \frac{Mm}{r_1} \right) \\ \Rightarrow \mathbf{A}_{12} &= \left(-G \frac{Mm}{r_1} \right) - \left(-G \frac{Mm}{r_2} \right) \quad (**)\end{aligned}$$

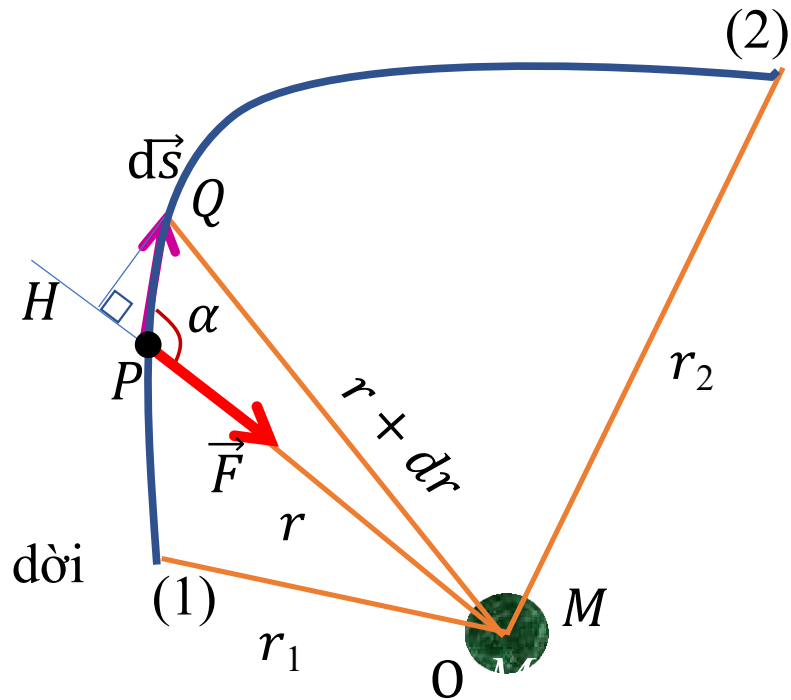
✓ *Nhận xét:* Công của lực hấp dẫn

+ \notin dạng đường cong dịch chuyển,

+ Chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và cuối của chuyển dời

\rightarrow *Lực hấp dẫn là lực thế (lực bảo toàn).*

Trường hấp dẫn là trường lực thế.



4.7. Trường hấp dẫn

b) Tính chất thế của trường hấp dẫn

Từ (**) ta có: $A_{12} = W_{t1} - W_{t2}$ (Định lý thế năng)

Trong đó: $W_{t1} = -G \frac{Mm}{r_1} + C$ là thế năng hấp dẫn giữa M và m (m ở VT1)

$W_{t2} = -G \frac{Mm}{r_2} + C$ là thế năng hấp dẫn giữa M và m (m ở VT2)

⇒ Thế năng của m trong trường hấp dẫn của M (m cách M khoảng r):

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

(C là hằng số phụ thuộc mốc thế năng

Thường chọn $W_t(\infty) = 0 \Rightarrow C = 0$)

4.7. Trường hấp dẫn

✓ Xét trường hợp m chuyển động trong trường hấp dẫn của Trái đất (m gần bề mặt Trái Đất)

Thế năng của m trong trường hấp dẫn Trái đất (m cách tâm Trái Đất khoảng r)

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

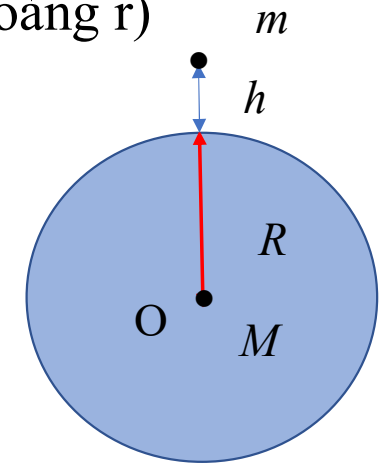
+ Chọn mốc thế năng ở mặt đất $W_t(R) = 0 \Rightarrow -G \frac{Mm}{R} + C = 0$
 $\Rightarrow C = G \frac{Mm}{R}$

+ Thế năng của m ở độ cao h :

$$W_t(h) = -G \frac{Mm}{R+h} + G \frac{Mm}{R} = G Mm \frac{h}{(R+h)R}$$

+ Nếu $h \ll R$ thì $W_t = G Mm \frac{h}{R^2} = mgh$

(g là gia tốc trọng trường trên bề mặt Trái đất)



4.7. Trường hấp dẫn

4.7.3 Chuyển động trong trường hấp dẫn của quả đất

Các tốc độ vũ trụ

❖ Nếu tên lửa có khối lượng m được phóng đi với vận tốc v_0 từ một điểm gần bề mặt Trái đất thì:

+ Rơi về trái đất: (Ném xiên) quỹ đạo Parabol:

$$v_0 < v_I$$

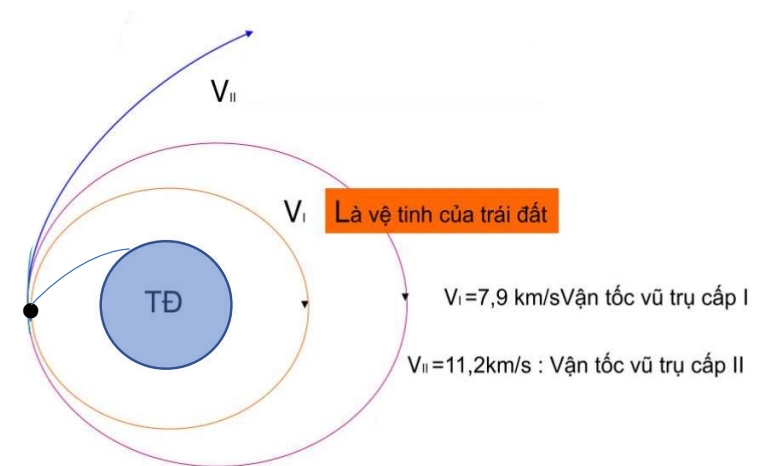
+ Bay vòng quanh trái đất theo quỹ đạo kín:

- Tròn $v_0 = v_I$

- Elip $v_I < v_0 < v_{II}$

+ Bay càng ngày càng xa Trái đất : $v_0 > v_{II}$

❖ Tính các vận tốc vũ trụ (cấp I, II)



4.7. Trường hấp dẫn

4.7.3 Chuyển động trong trường hấp dẫn của quả đất

+ **Vận tốc vũ trụ cấp I**: Độ lớn cần thiết của v_0 để đẩy tên lửa lên không gian, bay quanh trái đất theo quỹ đạo tròn (lực hấp dẫn đóng vai trò lực hướng tâm): $F_{hd} = F_{ht}$

$$G \frac{mM}{(h+R)^2} = \frac{mv_I^2}{R+h} \quad ; \quad (R \approx 6378 \text{ km})$$

$$\text{Khi } h \ll R \Rightarrow v_I = \sqrt{g_0 R} \approx 7,9 \text{ km/s}$$

+ **Vận tốc vũ trụ cấp II**: độ lớn cần thiết của v_0 để đẩy tên lửa thoát khỏi Trái đất

Theo định luật bảo toàn cơ năng:

$$\frac{mv_0^2}{2} + \left(-G \cdot \frac{Mm}{R}\right) = \frac{mv_\infty^2}{2} + \left(-G \cdot \frac{Mm}{R_\infty}\right)$$

$$\text{Mà } \frac{mv_\infty^2}{2} \geq 0; \text{ nên } \frac{mv_0^2}{2} \geq G \frac{Mm}{R}$$

$$\Rightarrow v_0 \geq \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2g_0 R}$$

$$\Rightarrow v_{II} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{g_0 R} = \sqrt{2} \cdot v_I \approx 11,2 \text{ km/s}$$

4.8. Trường lực thế - Sơ đồ thế năng

* Sơ đồ thế năng

+ Thế năng của chất điểm trong trường lực thế : $W_t = W_t(x, y, z)$

+ Chất điểm chỉ chuyển động trên Ox: $W_t = W_t(x)$

➤ Theo định luật bảo toàn cơ năng: $W = \frac{mv^2}{2} + W_t(x) = \text{const}$

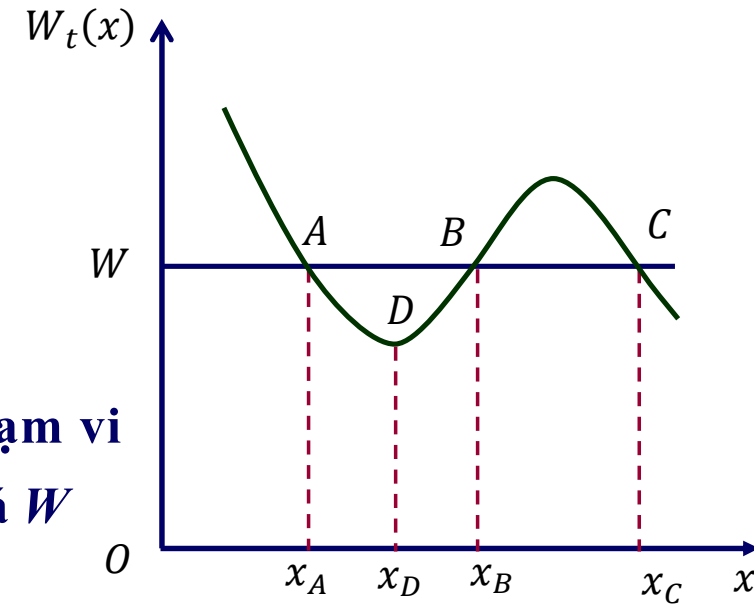
$$\text{mà } \frac{mv^2}{2} \geq 0 \Rightarrow W_t(x) \leq W$$

➤ Trong trường lực thế chất điểm chỉ chuyển động trong phạm vi không gian giới hạn bởi tọa độ x sao cho $W_t(x)$ không vượt quá W

Ví dụ: Trong trường lực thế biểu diễn bởi sơ đồ bên

Chất điểm chỉ chuyển động trong miền: $x_A \leq x \leq x_B$ và $x \geq x_C$

- Tại $x = x_A = x_B = x_C$; $W_t = W \rightarrow W_d = 0$
 $\rightarrow v = 0 \rightarrow$ chất điểm đổi chiều chuyển động
- Tại $x = x_D \Rightarrow W_{tmin} \Rightarrow W_{dmax} \Rightarrow$ chất điểm có vận tốc cực đại



Sơ đồ thế năng