



## CHƯƠNG IV: TRƯỜNG HẤP DẪN

Bài giảng môn Vật lý 1 và thí nghiệm

Giảng viên: Tô Thị Thảo

Ngày 27 tháng 3 năm 2023

## 1 Định luật Newton về hấp dẫn vũ trụ

- 1.1 Định luật hấp dẫn vũ trụ Newton.
- 1.2. Ứng dụng

## 2 Trường hấp dẫn

- 2.1 Định luật bảo toàn mômen động lượng
- 2.2 Tính chất thế của trường hấp dẫn
- 3. Định luật bảo toàn cơ năng trong trường hấp dẫn
- 4. Chuyển động trong trường hấp dẫn của quả đất

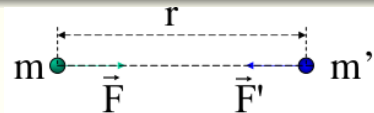
# 1. Định luật hấp dẫn vũ trụ Newton

## Định luật

Hai chất điểm  $m$  và  $m'$  đặt cách nhau một khoảng  $r$  sẽ **hút nhau** với những lực  $F$  và  $F'$  có phương nằm trên đường thẳng nối hai chất điểm đó, có độ lớn tỷ lệ thuận với hai khối lượng  $m$  và  $m'$  và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách.

- $\vec{F} + \vec{F}' = 0$

$$F = F' = G \frac{m \cdot m'}{r^2}$$



$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

Hằng số hấp dẫn vũ trụ

- Ví dụ:  $m = m' = 60\text{kg}, r = 0.1\text{m} \Rightarrow F = 2,4 \cdot 10^{-5}\text{N}$

- Áp dụng cho hai chất điểm.

- Áp dụng cho trường hợp 2 quả cầu đồng chất, khi đó  $r$  là khoảng cách giữa hai tâm của 2 quả cầu đó.

# a. Sự thay đổi của gia tốc trọng trường theo độ cao.

Lực hút của trái đất M đối với chất điểm m là lực hấp dẫn vũ trụ.  
- m ở độ cao h:

$$P = mg = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$$

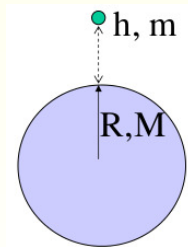
$$g = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

Trên mặt đất:  $g_0 = G \frac{M}{R^2} \Rightarrow g = g_0 \left( \frac{R}{R+h} \right)^2$

$$g_0 \approx 9,8 \text{ m/s}^2$$

Gần mặt đất  $h \ll R$

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



## b. Tính khối lượng của các thiên thể

### Khối lượng của quả đất

$$g_0 = G \frac{M}{R^2} \Rightarrow M = \frac{g_0 R^2}{G} = \frac{9,8 \cdot (6,37 \cdot 10^6)^2}{6,67 \cdot 10^{-11}} \approx 6 \cdot 10^{24} kg$$

### Khối lượng của mặt trời

Trái đất  $\approx$  quay xung quanh Mặt trời theo quỹ đạo tròn  $\Rightarrow$  Lực hấp dẫn giữa TD và MT  $\rightarrow$  lực hướng tâm tác dụng lên TD:

$$F_{hd} = G \frac{M \cdot M'}{R'^2} = M \frac{v^2}{R'} = F_{ht}$$

$$v = \frac{2\pi R'}{T}$$

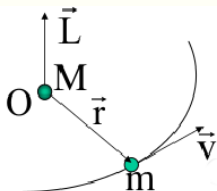
$$\Rightarrow M' = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{R'^3}{G} = \left(\frac{2\pi \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{150 \cdot 10^6}\right)^2 \frac{(150 \cdot 10^6)^3}{6,67 \cdot 10^{-11}} \approx 2 \cdot 10^{30} kg$$

## 2.1 Định luật bảo toàn mômen động lượng

### Khái niệm trường hấp dẫn

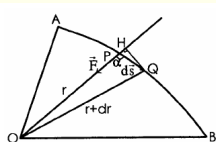
- Xung quanh một vật có khối lượng tồn tại một trường hấp dẫn.
- Bất kỳ vật nào có khối lượng đặt tại một vị trí trong không gian của trường hấp dẫn đều bị chịu tác dụng của lực hấp dẫn: lực trọng trường!!!

Khảo sát chuyển động của chất điểm khối lượng ( $m$ ) trong trường hấp dẫn của chất điểm khối lượng ( $M$ ) đặt cố định tại một điểm  $O$



- Định lý mômen động lượng áp dụng đối với chất điểm ( $m$ )  $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}_{/O}(\vec{F}) = 0 \Rightarrow \vec{L} = \overrightarrow{const}$
- Chất điểm ( $m$ ) chuyển động trên quỹ đạo phẳng, mặt phẳng quỹ đạo của ( $m$ ) vuông góc với  $\vec{L} \Rightarrow$  Quỹ đạo Trái đất phẳng

## 2.2 Tính chất thế của trường hấp dẫn



- Công của lực  $\vec{F}$  trong chuyển dời vi phân  $d\vec{s}$   
 $dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F \cdot PQ \cdot \cos \alpha$   
 $d\vec{s} = \vec{r}' - \vec{r}$ ;  $PQ \cdot \cos \alpha = dr$   
 $dA = -F \cdot dr = -G \frac{Mm}{r^2} dr$  (dấu - do  $r$  giảm,  $F$  là lực hút)

- Công của lực  $\vec{F}$  trong chuyển dời của (m) từ điểm (A) đến điểm (B) là

$$A_{AB} = -GMm \int_{r_A}^{r_B} \frac{dr}{r^2} = \left( -G \frac{Mm}{r_A} \right) - \left( -G \frac{Mm}{r_B} \right)$$

- Công  $A_{AB}$  chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối của chuyển dời  $\Rightarrow$  **Trường lực thế!!!**
- Dấu - thể hiện tương tác hút

### Hệ quả:

- Thế năng tại vị trí A:  $W_t(A) = -G \frac{Mm}{r_A} + C$
- Tại B:  $W_t(B) = -G \frac{Mm}{r_B} + C$  sao cho  $A_{AB} = W_t(A) - W_t(B)$
- $W_t(r) = -G \frac{Mm}{r} + C$ ;  $W_t(\infty) = C$



### 3. Định luật bảo toàn cơ năng trong trường hấp dẫn



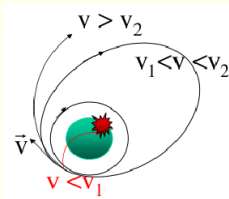
- Chất điểm chuyển động trong trường thế  $W = W_d + W_t$

$$W = \frac{mv^2}{2} + \left(-G\frac{Mm}{r}\right) = \text{const}$$

- $\Rightarrow r$  tăng  $\rightarrow$  thế năng tăng, động năng giảm và ngược lại

## 4. Chuyển động trong trường hấp dẫn của quả đất

Xét một viên đạn khối lượng  $m$  được bắn đi với vận tốc đầu là  $v$  từ một điểm trong trường hấp dẫn của Trái đất:



- $v < v_1$ : Vật rơi trở lại mặt đất
- $v = v_1$ : Vật bay theo quỹ đạo tròn quanh trái đất
- $v_1 < v < v_2$ : Vật bay theo quỹ đạo Ellip quanh trái đất
- $v > v_2$ : Vật bay khỏi trường hấp dẫn của trái đất

- Trị số vận tốc  $v$  để viên đạn bay vòng quanh Trái đất theo quỹ đạo tròn gọi là vận tốc vũ trụ cấp I:  $v_1$ .
- Trị số vận tốc  $v$  để viên đạn bay khỏi Trái đất gọi là vận tốc vũ trụ cấp II:  $v_2$

$v_1$  và  $v_2 = \text{????}$

## 4. Chuyển động trong trường hấp dẫn của quả đất

Giả thiết viên đạn xuất phát và bay cách mặt đất không xa để ta có thể coi bán kính quỹ đạo của nó bằng bán kính  $R$  của Trái đất.

### Vận tốc vũ trụ cấp I

- Vật cách mặt đất không xa  $\Rightarrow$  bán kính quỹ đạo  $\approx$  bán kính quả đất. Gia tốc hướng tâm của viên đạn bằng gia tốc trọng trường:

$$a_0 = g_0 = \frac{v_1^2}{R} \Rightarrow v_1 = \sqrt{Rg_0} = 7,9 \text{ km/s}$$

### Vận tốc vũ trụ cấp II

- Cơ năng khi bắn = cơ năng ở xa vô cùng

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

$$\frac{mv^2}{2} + \left(-G \frac{Mm}{R}\right) > 0 \Rightarrow v_2 > \sqrt{2Rg_0} = 11,2 \text{ km/s}$$

## 4. Chuyển động trong trường hấp dẫn của quả đất

