



# CHƯƠNG 4

# TRƯỜNG HẤP DẪN

*Nguyễn Xuân Thấu -BMVL*

1

HÀ NỘI

2017



## 1. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

### a. Lực hấp dẫn

- *Phát biểu: Hai chất điểm bất kỳ hút nhau với một lực, tỉ lệ thuận với tích của hai khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.*

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

G: Hằng số hấp dẫn ( $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  SI)

$m_1, m_2$ : Khối lượng của hai chất điểm

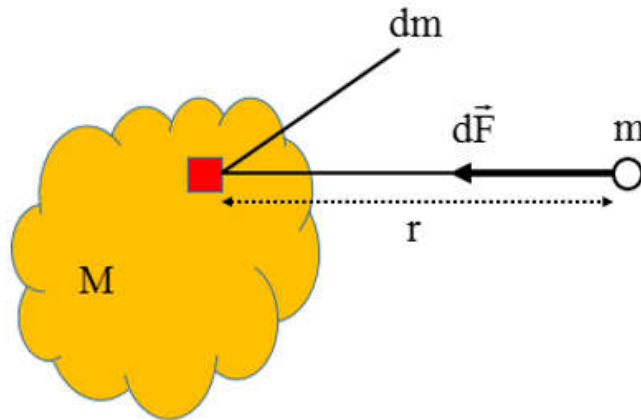
r: khoảng cách giữa chúng



## 1. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

### a. Lực hấp dẫn

Lực hấp dẫn của một vật lên một chất điểm:



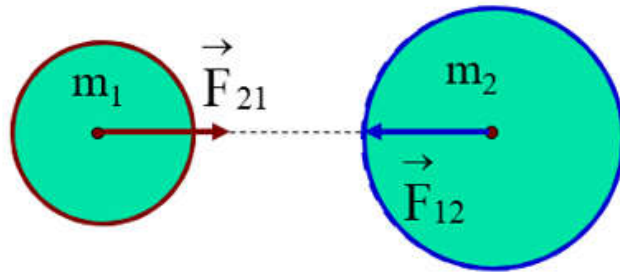
$$\vec{F}_{hd} = -G \int_{(M)} \frac{m dM}{r^3} \vec{r}$$



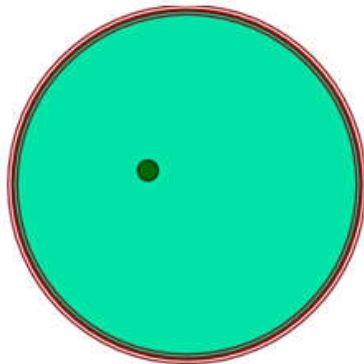
## 1. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

### a. Lực hấp dẫn

Chú ý:



Lực hấp dẫn giữa 2 quả cầu đồng chất được tính giống như 2 chất điểm đặt tại tâm của chúng.



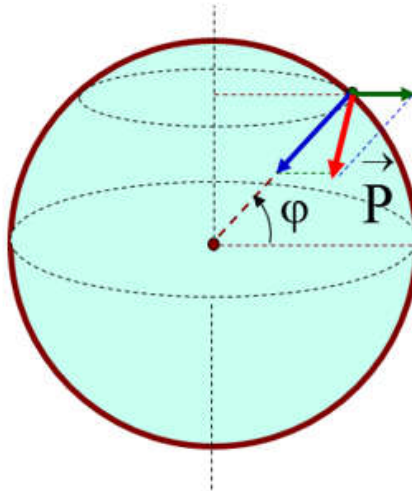
Một vỏ cầu đồng chất thì không hấp dẫn bất kì chất điểm nào bên trong nó.

Trong phạm vi gần đúng cho phép, ta có thể tính lực hấp dẫn giữa 2 vật giống như 2 chất điểm đặt tại khối tâm của chúng.



## 1. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

### b. Trọng lực



Là lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng vào vật, có tính đến ảnh hưởng của chuyển động tự quay quanh trục của Trái Đất.

Tuy nhiên, ảnh hưởng của chuyển động tự quay quanh trục của Trái Đất là không đáng kể, nên:

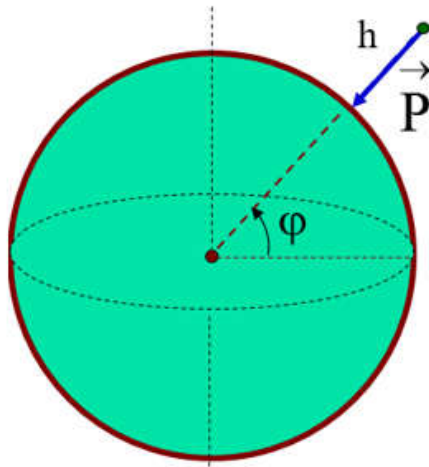
$$P \approx F = G \frac{Mm}{r^2} = mg$$

Trong đó:  $g = G \frac{M}{r^2}$  là gia tốc rơi tự do, hay gia tốc trọng trường.



## 1. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

### c. Gia tốc rơi tự do



Là gia tốc rơi của các vật trong chân không, chỉ dưới tác dụng của trọng lực.  
Ở sát bề mặt trái đất:

$$g_0 = G \frac{M}{R^2} \approx 9,8 \left( \text{m} / \text{s}^2 \right)$$

Ở độ cao h:

$$g = G \frac{M}{(R + h)^2} = g_0 \frac{R^2}{(R + h)^2}$$



## 1. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

### c. Gia tốc rơi tự do

Ứng dụng tính khối lượng của các thiên thể:

- **Khối lượng của Trái Đất:**  $M = \frac{gR^2}{G}$

R – bán kính Trái Đất,  $R = 6370(\text{km}) \approx 6,370.10^6 (\text{m})$

g – là gia tốc trọng trường trên mặt đất,  $g \approx 9,8 (\text{m} / \text{s}^2)$

$$M = \frac{9,8(6,370.10^6)^2}{6,67.10^{-11}} \approx 6.10^{24} (\text{kg})$$



## 1. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

### c. Gia tốc rơi tự do

**Ứng dụng tính khối lượng của các thiên thể:**

#### - Khối lượng của Mặt Trời

Khi Trái Đất quay quanh Mặt Trời là do lực hấp dẫn của Mặt Trời đối với Trái Đất, lực này đóng vai trò lực hướng tâm:

$$F = G \frac{MM'}{R'^2} = M \cdot \frac{v^2}{R'} = \frac{M}{R'} \left( \frac{2\pi R'}{T} \right)^2 \rightarrow M' = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{R'^3}{G} ,$$

$M'$  - khối lượng của Mặt Trời,  $R'$  - khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trời,  $T$  – chu kỳ quay của Trái Đất quanh Mặt Trời.

$$M' \approx 2.10^{30} \text{ (kg)}$$





## 2. TRƯỜNG HẤP DẪN

### a. Khái niệm

Là môi trường tồn tại xung quanh một vật có khối lượng.

Bất cứ một vật nào có khối lượng trong trường hấp dẫn đều chịu tác dụng của lực hấp dẫn: Lực trọng trường

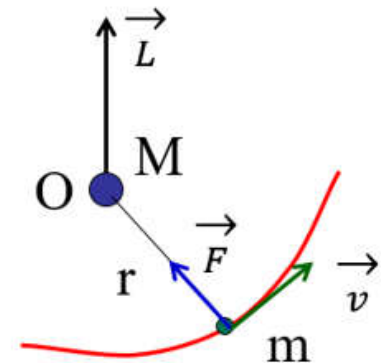
### b. Bảo toàn mô men động lượng trong trường hấp dẫn

- Theo định lý về mô men động lượng:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} / O(\vec{F})$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = 0 \Leftrightarrow \vec{L} = \text{const}$$

Vì  $F$  luôn là lực hướng tâm





## 2. TRƯỜNG HẤP DẪN

### b. Bảo toàn mô men động lượng trong trường hấp dẫn

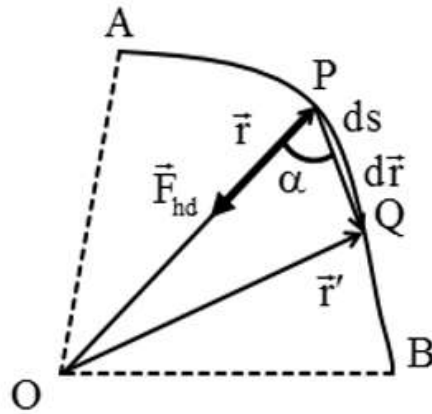
**Kết luận:** Khi một chất điểm ( $m$ ) chuyển động trong trường hấp dẫn của một vật ( $M$ ) thì mô men động lượng của ( $m$ ) là một đại lượng bảo toàn.

**Hệ quả:** Chất điểm ( $m$ ) chuyển động trên một quỹ đạo phẳng, mặt phẳng của ( $m$ ) vuông góc với véc tơ  $L$ .



## 2. TRƯỜNG HẤP DẪN

### c. Tính chất thế của trường hấp dẫn



- Công vi phân:  $dA = \vec{F} d\vec{s} = -F \cdot PQ \cdot \cos\alpha$   
 $PQ \cdot \cos\alpha = dr$

Lấy dấu (-) do r giảm, F là lực hút.

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

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

**Kết luận:** Công giữa hai điểm AB chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối của chuyển dời

**Trường hấp dẫn là một trường thế**

**Hệ quả:** Thế năng của trường hấp dẫn

$$W_t = -G \frac{Mm}{r} + C, \text{ C là hằng số chọn tùy ý chọn từ giá trị thế năng tại vô cùng.}$$



## 2. TRƯỜNG HẤP DẪN

### d. Bảo toàn cơ năng trong trường hấp dẫn:

Trong trường hấp dẫn, cơ năng được bảo toàn:

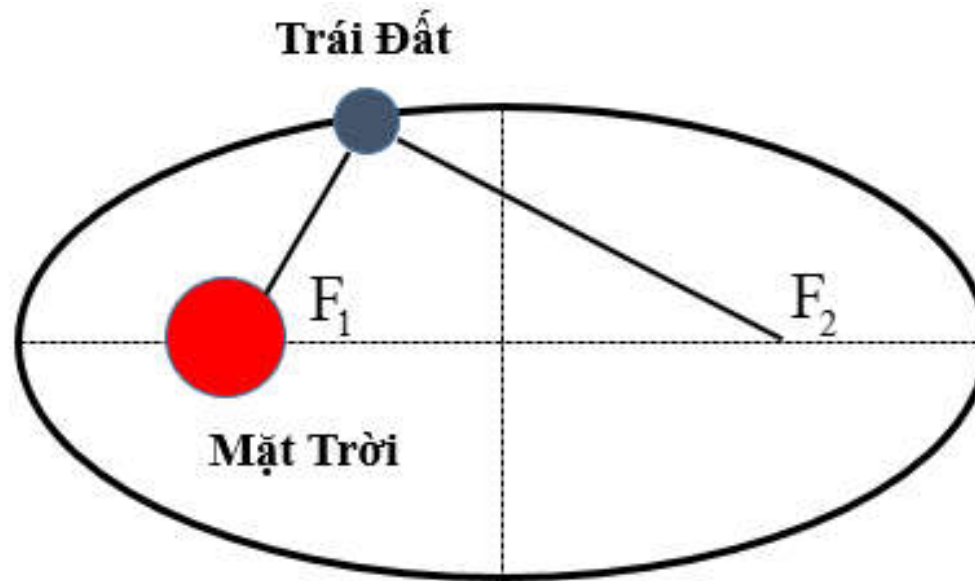
$$W = W_d + W_t = \frac{mv^2}{2} + \left( -G \frac{Mm}{r} \right) = \text{const}, \text{ để đơn giản, chọn: } W_t(\infty) = 0$$



### 3. CÁC ĐỊNH LUẬT KEPPLER

#### a. Định luật 1 Kepler:

Mọi hành tinh đều chuyển động theo các quỹ đạo elip mà Mặt Trời là một tiêu điểm.

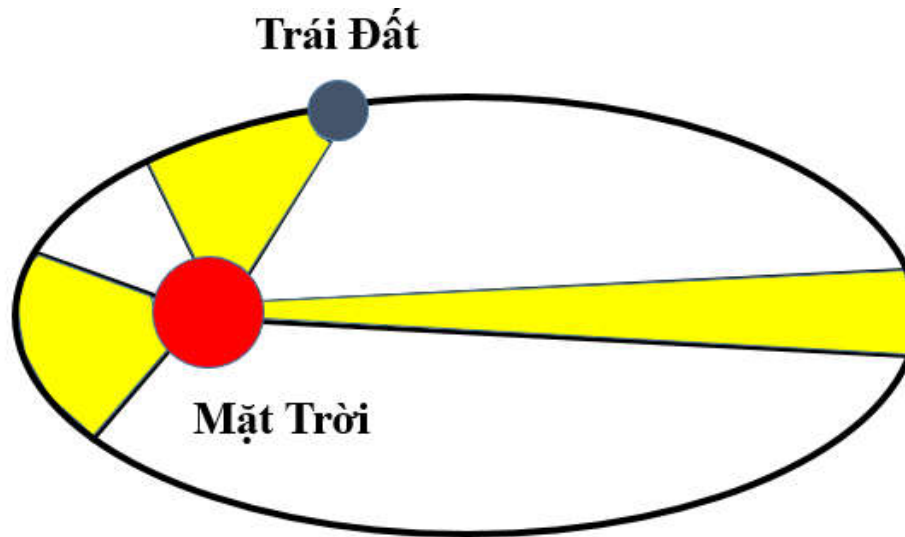




### 3. CÁC ĐỊNH LUẬT KEPPLER

#### b. Định luật 2 Keppler:

Đoạn thẳng nối Mặt Trời và một hành tinh bất kỳ quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian như nhau.





### 3. CÁC ĐỊNH LUẬT KEPPLER

#### c. Định luật 3 Keppler:

Tỉ số giữa lập phương bán trục lớn và bình phương chu kì quay là giống nhau cho mọi hành tinh quay quanh Mặt Trời.

$$\frac{a_1^3}{T_1^3} = \frac{a_2^3}{T_2^3} = \frac{a_3^3}{T_3^3}$$

Đối với 2 hành tinh bất kỳ:

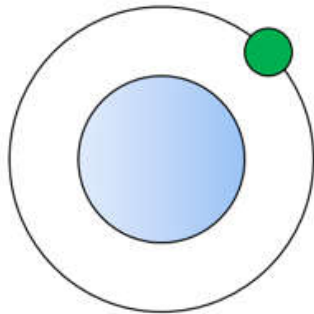
$$\left( \frac{a_1}{a_3} \right)^3 = \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^2$$



## 4. VỆ TINH NHÂN TẠO – TỐC ĐỘ VŨ TRỤ

### a. Vệ tinh nhân tạo:

Khi một vật bị ném với một vận tốc có một giá trị đủ lớn, vật sẽ không trở lại mặt đất mà sẽ quay quanh Trái Đất, khi đó nó được gọi là vệ tinh nhân tạo của Trái Đất.



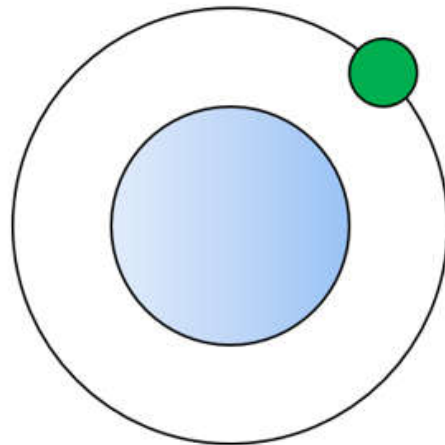




## 4. VỆ TINH NHÂN TẠO – TỐC ĐỘ VŨ TRỤ

### b. Các tốc độ vũ trụ:

- Khi vận tốc  $v_I = 7,9 \text{ km/s}$ : Vận tốc vũ trụ cấp 1  $\rightarrow$  Quỹ đạo tròn.



#### Tính vận tốc vũ trụ cấp 1:

Để vật trở thành vệ tinh nhân tạo chuyển động tròn quanh Trái Đất thì lực hấp dẫn của đóng vai trò là lực hướng tâm:

$$F_{hd} = \frac{GMm}{(R+h)^2} = mg = \frac{mv^2}{R+h}, \quad h \ll R, \text{ ta có:}$$

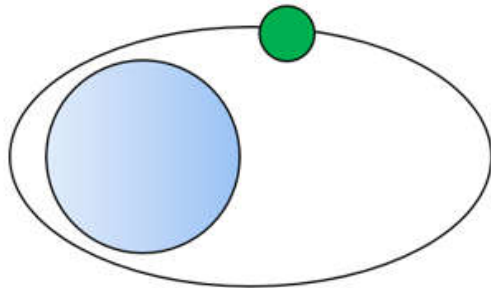
$$mg \approx mg_0 = \frac{mv^2}{R}, \text{ suy ra: } v_I = \sqrt{g_0 R}$$



#### 4. VỆ TINH NHÂN TẠO – TỐC ĐỘ VŨ TRỤ

##### b. Các tốc độ vũ trụ:

- Khi vận tốc  $11,2 \text{ km/s} > v > 7,9 \text{ km/s}$ : Quỹ đạo là elip.

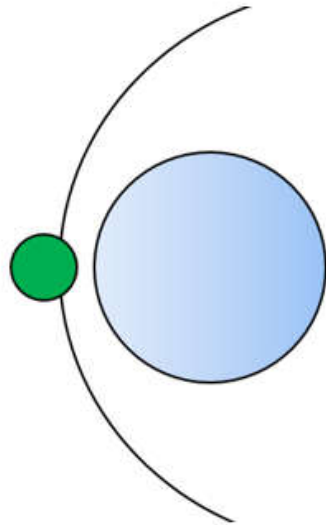




#### 4. VỆ TINH NHÂN TẠO – TỐC ĐỘ VŨ TRỤ

##### b. Các tốc độ vũ trụ:

- Khi vận tốc  $v_{II} = 11,2 \text{ km/s}$ : Vận tốc vũ trụ cấp II  $\rightarrow$  Quỹ đạo parabol.



##### Tính vận tốc vũ trụ cấp 2:

Vận tốc vũ trụ cấp 2 gọi là vận tốc thoát ly, là giá trị vận tốc tối thiểu một vật cần có để có thể thoát ra khỏi trường hấp dẫn của một hành tinh. Vật chuyển động quanh Mặt Trời. Định luật bảo toàn cơ năng:

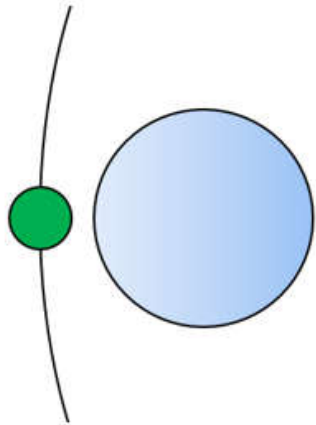
$$\frac{mv_0^2}{2} + \left( -G \frac{Mm}{R} \right) = 0 \rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2g_0 R} = 11,2 (\text{km} / \text{s})$$



#### 4. VỆ TINH NHÂN TẠO – TỐC ĐỘ VŨ TRỤ

##### b. Các tốc độ vũ trụ:

- Khi vận tốc  $v_{III} = 16,7 \text{ km/s}$ : Vận tốc vũ trụ cấp III  $\rightarrow$  Vệ tinh có thể thoát ra khỏi hệ Mặt Trời.





**Bài tập cần làm: 5.1, 5.3, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12**

# HẾT