

Chương 2: ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

CHỦ ĐỀ: CÁC LỰC CƠ HỌC

① Lực hấp dẫn – Định luật vạn vật hấp dẫn

a/ Lực hấp dẫn

- Mọi vật trong vũ trụ đều hút nhau với một lực, gọi là lực hấp dẫn.
- Khác với lực đàn hồi và lực ma sát là sự tiếp xúc, lực hấp dẫn là lực tác dụng từ xa, qua khoảng không gian giữa vật.

b/ Định luật vạn vật hấp dẫn

- Nội dung: Hai chất điểm bất kì hút với nhau bằng một lực tỉ lệ thuận với tích các khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

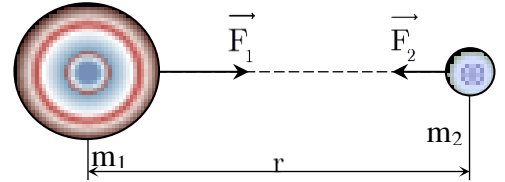
- Biểu thức:
$$F_{hd} = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$$
 với $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$: gọi là hằng số hấp dẫn.

- Phạm vi áp dụng:

+ Khoảng cách giữa hai vật rất lớn so với kích thước của chúng.

+ Các dạng đồng chất và có dạng hình cầu. Khi ấy

r là khoảng cách giữa hai tâm và lực hấp dẫn nằm trên đường nối tâm và đặt vào hai tâm đó.



c/ Trọng lực là trường hợp riêng của lực hấp dẫn

- Trọng lực mà Trái Đất tác dụng lên một vật là lực hấp dẫn giữa Trái Đất với vật đó. Trọng lực đặc vào một điểm đặc biệt của vật, gọi là trọng tâm của vật.

- Độ lớn của trọng lực (tức trọng lượng): $P = G \frac{mM}{R+h}^2$ với m là khối lượng của vật, h là độ cao

của vật so với mặt đất, M và R là khối lượng và bán kính của Trái Đất.

- Mặc khác, ta có: $P = mg = G \frac{mM}{R+h}^2 \Rightarrow g = \frac{GM}{R+h}$.

- Nếu vật ở gần mặt đất $h \ll R$ thì $g = \frac{GM}{R^2}$.

② Lực đàn hồi – Định luật Húc

- ##### a/ Điều kiện xuất hiện: Lực đàn hồi xuất hiện khi một vật bị biến dạng và có xu hướng chống lại nguyên nhân gây ra biến dạng.

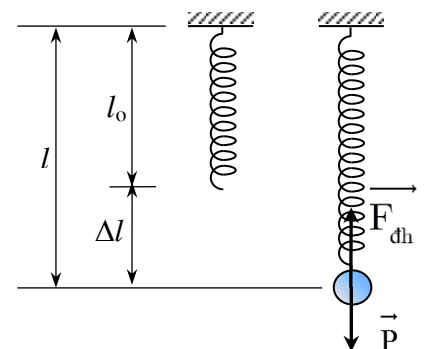
b/ Định luật Húc

- Giới hạn đàn hồi: Dùng một lực F để kéo dãn lò xo. Khi lực F có giá trị nhỏ, nếu thôi tác dụng thì lò xo trở về hình dạng và kích thước ban đầu. Khi lực F lớn hơn một giá trị nào đó thì nếu thôi tác dụng, lò xo không trở về hình dạng và kích thước ban đầu được. Giới hạn của lực F mà lò xo còn có tính đàn hồi gọi là giới hạn đàn hồi của lò xo.

- Nội dung định luật Húc: " Trong giới hạn đàn hồi, độ lớn của lực đàn hồi của lò xo tỉ lệ với độ biến dạng của lò xo ".

- Biểu thức định luật Húc:
$$F_{dh} = k \cdot |\Delta l|$$
 . Trong đó:

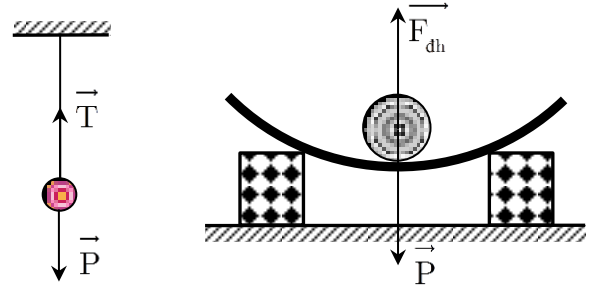
+ k là hệ số đàn hồi (hay độ cứng) của lò xo, có đơn vị là N/m . Hệ số đàn hồi phụ thuộc vào vào chất thép dùng làm lò xo, số vòng lò xo, đường kính của vòng xoắn và đường kính của tiết diện dây thép làm lò xo.



+ Δl là độ biến dạng của lò xo (dãn hay nén), đơn vị m .

c/ Đặc điểm của lực đàn hồi

- Góc: trên vật gây biến dạng.
- Phương: phương của biến dạng (trục lò xo, phương dây căng, vuông góc với mặt tiếp xúc).
- Chiều: ngược chiều với chiều biến dạng.
- Độ lớn: $F = k \cdot |\Delta l|$.



d/ Lực căng và lực pháp tuyến

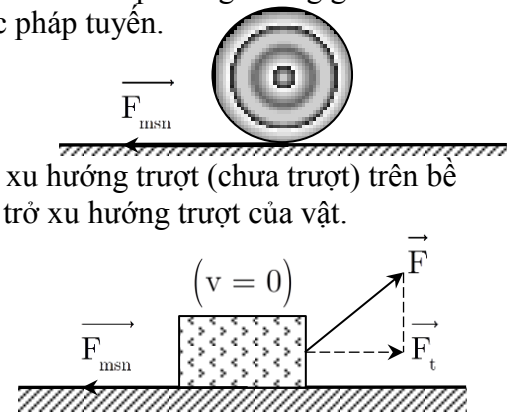
Lực đàn hồi còn xuất hiện ở những vật đàn hồi khác khi bị biến dạng.

- Đối với dây cao su hay dây thép, lực đàn hồi chỉ xuất hiện khi bị ngoại lực kéo dãn, trong trường hợp này lực đàn hồi được gọi là lực căng. Lực căng có điểm đặc biệt và hướng giống như lực đàn hồi của lò xo khi bị dãn (T là lực căng).
- Đối với các mặt tiếp xúc bị biến dạng khi ép vào nhau thì lực đàn hồi có phương vuông góc với mặt tiếp xúc. Trường hợp này lực đàn hồi gọi là áp lực hay lực pháp tuyến.

③ Lực ma sát

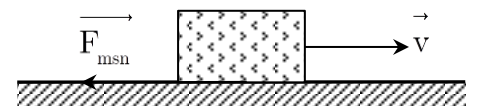
a/ Lực ma sát nghỉ

- Điều kiện xuất hiện: Lực ma sát nghỉ xuất hiện khi một vật có xu hướng trượt (chưa trượt) trên bề mặt một vật khác do có ngoại lực tác dụng và có tác dụng cản trở xu hướng trượt của vật.
- Đặc điểm của lực ma sát nghỉ:
 - + Góc: trên vật có xu hướng trượt (chỗ tiếp xúc).
 - + Phương: song song (tiếp tuyến) với mặt tiếp xúc.
 - + Chiều: ngược chiều với ngoại lực tác dụng.
 - + Độ lớn: luôn cân bằng với thành phần tiếp tuyến của ngoại lực, có giá trị cực đại tỉ lệ với áp lực ở mặt tiếp xúc: $F_{msn\ max} = \mu_n \cdot N$ với μ_n là hệ số ma sát nghỉ, không có đơn vị.



b/ Lực ma sát trượt

- Điều kiện xuất hiện: Lực ma sát trượt xuất hiện khi một vật trượt trên mặt một vật khác và có tác dụng cản trở lại chuyển động trượt của vật.
- Đặc điểm của lực ma sát trượt:
 - + Góc: trên vật chuyển động trượt (chỗ tiếp xúc).
 - + Phương: song song (tiếp tuyến) với mặt tiếp xúc.
 - + Chiều: ngược chiều với chiều chuyển động trượt.
 - + Độ lớn: tỉ lệ với áp lực ở mặt tiếp xúc: $F_{mst} = \mu_t \cdot N$ với μ_t là hệ số ma sát trượt (phụ thuộc vào vật liệu và tình trạng của hai mặt tiếp xúc, nó không có đơn vị và dùng để tính độ lớn lực ma sát).
 - + Lực ma sát trượt không phụ thuộc vào diện tích tiếp xúc và tốc độ của vật, mà nó chỉ phụ thuộc vào vật liệu và tình trạng của hai mặt tiếp xúc.



c/ Lực ma sát lăn

- Điều kiện xuất hiện: Lực ma sát lăn xuất hiện khi một vật lăn trên mặt một vật khác và có tác dụng cản trở lại chuyển động lăn của vật.
- Đặc điểm của lực ma sát lăn:
 - + Góc: trên vật chuyển động (chỗ tiếp xúc).
 - + Phương: song song (tiếp tuyến) với mặt tiếp xúc.

- + Chiều: ngược chiều với chuyển động lăn.
- + Độ lớn: Tỷ lệ với áp lực ở mặt tiếp xúc $F_{msl} = \mu_l N$ với $\mu_l \ll \mu_t$ là hệ số ma sát lăn.

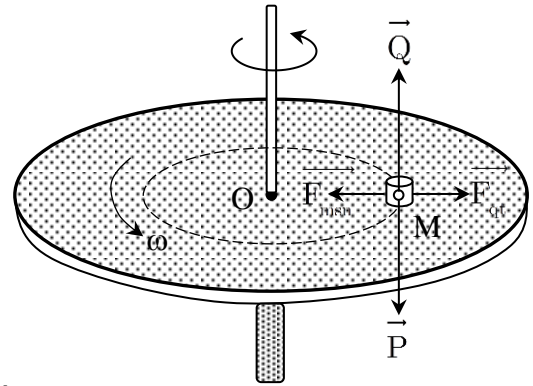
4. Lực hướng tâm

— Định nghĩa: Lực (hay hợp lực của các lực) tác dụng vào một vật chuyển động tròn đều và gây ra cho vật gia tốc hướng tâm gọi là lực hướng tâm.

— Công thức:
$$F_{ht} = m \cdot a_{ht} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$$

5. Chuyển động li tâm

Xét một vật đặt tại điểm M trên mặt bàn nằm ngang, bàn quay quanh trục thẳng đứng đi qua O với vận tốc góc ω như hình vẽ. Lực hướng tâm là lực ma sát nghỉ F_{msn} .



- Khi vận tốc góc ω còn nhỏ, lực ma sát nghỉ cân bằng với lực quán tính li tâm \Rightarrow vật không bị trượt trên mặt bàn.
- Khi vận tốc góc ω lớn, lực quán tính li tâm lớn hơn lực ma sát nghỉ cực đại \Rightarrow làm vật trượt trên mặt bàn ra xa tâm quay, tức là làm cho vật chuyển động li tâm.

Lưu ý

- Không ma sát: cầu vồng lên $N = Q = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right)$ và cầu vồng xuống $N = Q = m \left(g + \frac{v^2}{R} \right)$.
- Điều kiện để vật không bị văng ra khỏi mặt bàn: $F_{ht} \leq F_{msn \max}$.
- Cần nắm vững các công thức chuyển động tròn đều: $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v}$.

Dạng 1. Các bài toán liên quan đến lực hấp dẫn

Phương pháp

— Công thức định luật vạn vật hấp dẫn: $F_{hd} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ với $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

— Thường sử dụng $F = G \frac{Mm}{R^2}$ với các vật ở gần mặt đất và M là khối lượng Trái Đất.

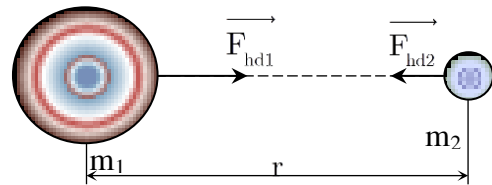
— Gia tốc rơi tự do ở:

+ Tại mặt đất: $g_0 = G \frac{M}{R^2}$.

+ Độ cao h so với mặt đất: $g_h = G \frac{M}{(R+h)^2}$.

+ Độ cao: $h = \frac{R}{2} \Rightarrow g_h = \frac{4}{9} g_0$; $h = R \Rightarrow g_h = \frac{g_0}{4}$; $h = 2R \Rightarrow g_h = \frac{g_0}{9}$

+ Độ sâu d so với mặt đất: $g_d = G \frac{M}{(R-d)^2}$.



Lưu ý:

— Bài toán cho g_1 , hỏi g_2 thường thì lập tỉ số $\frac{g_1}{g_2}$.

— Độ lớn của lực hấp dẫn: $F_{12} = F_{21} = F_{hd} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

— Lực hấp dẫn cũng tuân theo nguyên lý chồng chất: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$

BÀI TẬP ÁP DỤNG

Bài 1. Biết gia tốc rơi tự do $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ và bán kính Trái Đất $R = 6400 \text{ km}$.

a/ Tính khối lượng của Trái Đất ?

b/ Tính gia tốc rơi tự do ở độ cao bằng nửa bán kính Trái Đất ?

c/ Tính gia tốc rơi tự do ở độ cao 10 km ?

d/ Tính gia tốc rơi tự do ở độ cao bằng bán kính Trái Đất ?

e/ Tính gia tốc rơi tự do ở nơi có độ cao bằng hai lần bán kính Trái Đất ?

ĐS: a/ $6,02 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. b/ $4,36 \text{ m/s}^2$. c/ $9,78 \text{ m/s}^2$. d/ $2,45 \text{ m/s}^2$.

Bài 2. Một vật khi ở mặt đất bị Trái Đất hút một lực 72 N. Ở độ cao $h = \frac{R}{2}$ so với mặt đất (R là bán kính Trái Đất), vật bị Trái Đất hút với một lực bằng bao nhiêu? Biết gia tốc rơi tự do ở sát mặt đất bằng 10 m/s^2 .

ĐS: $F = 32 \text{ N}$.

Dạng 2. Các bài toán liên quan đến lực đàn hồi

Phương pháp

— Biểu thức độ lớn lực đàn hồi: $F_{dh} = k \cdot x = k \cdot \Delta l$.

— Khi treo vật thẳng đứng, ta xét điều kiện cân bằng:

$$P = F \Leftrightarrow mg = k \cdot \Delta l \Leftrightarrow mg = k \cdot (l - l_0)$$

— Khi lò xo đặt trên mặt phẳng nghiêng góc α thì

$$F = P \sin \alpha \Leftrightarrow k \Delta l = mg \sin \alpha \Leftrightarrow k |l - l_0| = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

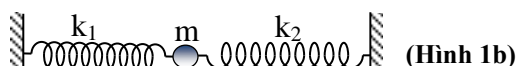
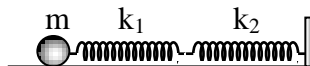
— Khi hai lò xo k_1 mắc nối tiếp lò xo k_2 thì (hình 1a, 1b)

$$\begin{cases} F_{dh} = F_{1dh} = F_{2dh} \\ \Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{k_{nt}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \Rightarrow \boxed{k_{nt} = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}}$$

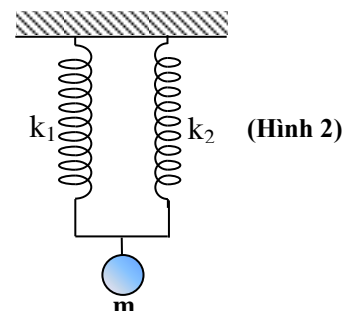
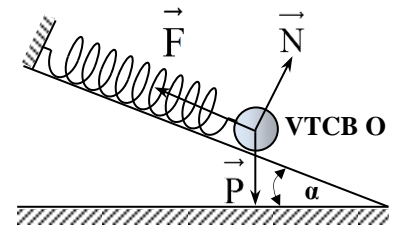
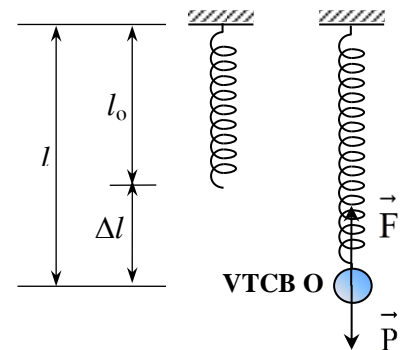
— Khi hai lò xo k_1 mắc song song lò xo k_2 thì (hình 2)

$$\begin{cases} F_{dh} = F_{1dh} + F_{2dh} \\ \Delta l = \Delta l_1 = \Delta l_2 \end{cases} \Rightarrow \boxed{k_{//} = k_1 + k_2}$$

(Hình 1a)



(Hình 1b)



(Hình 2)

BÀI TẬP ÁP DỤNG

Bài 3. Lò xo thứ nhất bị dãn ra 8 cm khi treo vật có khối lượng 2 kg, lò xo thứ hai bị dãn ra 4 cm khi treo vật có khối lượng 4 kg. So sánh độ cứng của hai lò xo? Giả sử cả hai lò xo có khối lượng không đáng kể.

ĐS: $k_2 = 4k_1$.

Bài 4. Một lò xo có khối lượng không đáng kể, khi treo vật $m = 100$ g thì nó dãn ra 5 cm. Lấy $g = 10$ m/s².

a/ Tìm độ cứng của lò xo?

b/ Khi treo vật có khối lượng m' thì lò xo dãn ra 3 cm. Tính m' ?

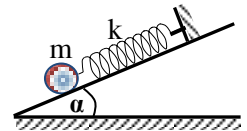
c/ Khi treo một vật khác có khối lượng 0,5 kg thì lò xo dãn ra bao nhiêu?

ĐS: a/ $k = 20$ N/m. b/ $m' = 60$ g. c/ $\Delta l' = 25$ cm.

Bài 5. Một lò xo có khối lượng không đáng kể, được treo thẳng đứng, khi treo vật $m_1 = 200$ g vào đầu lò xo thì lò xo dài $l_1 = 25$ cm, nếu thay m_1 bởi $m_2 = 300$ g vào lò xo thì chiều dài của lò xo là $l_2 = 27$ cm. Hãy tính độ cứng của lò xo và chiều dài của nó khi chưa treo vật vào lò xo (gọi là chiều dài tự nhiên của lò xo)?

ĐS: $k = 50$ N/m; $l_0 = 21$ cm.

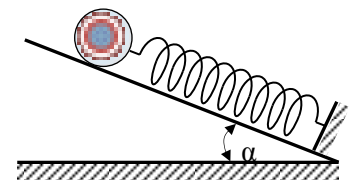
Bài 6. Một vật có khối lượng $m = 1$ kg được gắn vào một đầu của lò xo có độ cứng $k = 40$ N/m đặt trên mặt phẳng nghiêng một góc $\alpha = 30^\circ$, không ma sát vật ở trạng thái đứng yên. Tính độ dãn của lò xo? Lấy $g = 10$ m/s².



ĐS: $\Delta l = 12,5$ cm.

Bài 7. Một con lắc lò xo gồm quả cầu khối lượng $m = 100$ g gắn vào lò xo khối lượng không đáng kể có độ cứng 50 N/m và có độ dài tự nhiên 12 cm. Con lắc được đặt trên mặt phẳng nghiêng một góc α so với mặt phẳng ngang, khi đó lò xo dài 11 cm. Bỏ qua ma sát.

$g = \pi^2 = 10$ m/s². Tính góc α ?



ĐS: $\alpha = 30^\circ$.

Bài 8. Một lò xo có độ cứng $k = 50$ N/m. Vật nặng có khối lượng $m = 1$ kg. Dùng hai lò xo có tính chất giống như lò trên và tạo thành lò xo ghép theo hai cách:

— Nối liên tiếp để có một lò xo dài gấp đôi.

— Nối hai điểm cuối để có lò xo ghép cùng chiều dài với lò xo ban đầu.

Tìm độ cứng của mỗi lò xo ghép (lò xo ghép nối tiếp và lò xo ghép song song)?

ĐS: $k_{nt} = 25$ N/m; $k_{//} = 100$ N/m.

Bài 9. Một lò xo có $l_0 = 50$ cm; $k_0 = 120$ N/m. Cắt lò xo này thành hai đoạn có $l_1 = 30$ cm; $l_2 = 20$ cm có độ cứng lần lượt là k_1 và k_2 . Tính độ cứng k_1 và k_2 của lò xo?

ĐS: $k_1 = 200 \text{ N/m}$, $k_2 = 300 \text{ N/m}$.

Dạng 3. Các bài toán liên quan đến lực ma sát

☞ Phương pháp

— Công thức lực ma sát: $F_{ms} = \mu N$.

— Áp lực N có độ lớn bằng tổng đại số các thành phần lực tác dụng theo phương vuông góc với mặt phẳng tiếp xúc, trường hợp thường gặp là $N = P$.

— Lực ma sát nghỉ cực đại xấp xỉ bằng lực ma sát trượt.

— Cần sử dụng phối hợp phép phân tích lực (tổng hợp lực), các định luật Niuton và các công thức ở phần động học chất điểm để giải các bài tập ở phần này.

BÀI TẬP ÁP DỤNG

Bài 10. Một ô tô có khối lượng $m = 1$ tấn, chuyển động trên đường nằm ngang. Hệ số ma sát lăn giữa bánh xe và mặt đường là $\mu = 0,1$. Tính lực kéo của động cơ nếu

a/ Ô tô chuyển động thẳng đều ?

b/ Ô tô chuyển động nhanh dần đều với gia tốc $a = 2 \text{ m/s}^2$?

ĐS: a/ 1000 N . b/ 3000 N .

Bài 11. Một vật có khối lượng $m = 400 \text{ g}$ được đặt trên sàn nằm ngang. Hệ số ma sát giữa vật và sàn là $\mu = 0,3$. Vật bắt đầu được kéo bằng một lực $F = 2 \text{ N}$. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a/ Tính quãng đường vật đi được sau 1 s ?

b/ Sau đó, ngưng lực F . Tìm quãng đường vật đi được cho đến khi dừng lại ?

ĐS: a/ $s_{t=1 \text{ s}} = 1 \text{ m}$. b/ $s = \frac{2}{3} \text{ m}$.

Bài 12. Một ô tô có khối lượng 2 tấn bắt đầu khởi hành nhờ một lực kéo của động cơ $F_k = 600 \text{ N}$ trong thời gian 20 s . Biết hệ số ma sát giữa lốp xe với mặt đường là $\mu = 0,2$. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

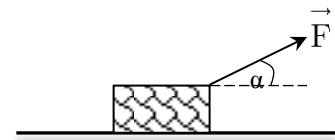
a/ Tính gia tốc và vận tốc của xe ở cuối khoảng thời gian trên ?

b/ Tính quãng đường xe đi được trong 20 s đầu tiên ?

ĐS: a/ $a = 1,7 \text{ m/s}^2$; $v = 3,4 \text{ m/s}$. b/ $s_{t=20 \text{ s}} = 340 \text{ m}$.

Bài 13. Một khúc gỗ khối lượng $m = 0,5 \text{ kg}$ đặt trên sàn nhà. Người ta kéo khúc gỗ một lực F hướng chéo lên và hợp với phương nằm ngang một góc $\alpha = 30^\circ$. Khúc gỗ chuyển động đều trên sàn. Biết hệ số ma sát trượt giữa gỗ và sàn là $\mu_t = 0,2$. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Tính độ lớn của lực F ?

ĐS: $F = 1,01 \text{ N}$.



Dạng 4: Bài toán liên quan đến lực hướng tâm

Bài 14. Một vệ tinh nhân tạo bay quanh Trái Đất ở độ cao h bằng bán kính của Trái Đất. Cho $R = 6400 \text{ km}$ và lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Hãy tính tốc độ và chu kỳ quay của vệ tinh ?

ĐS: $v = 5657 \text{ m/s}$; $T = 4 \text{ h}$.

Bài 15. Một ô tô có khối lượng $m = 5$ tấn chuyển động với vận tốc không đổi bằng 36 km/h . Bỏ qua ma sát và lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tìm áp lực của ô tô lên cầu khi đi qua điểm giữa của cầu trong các trường hợp sau:

a/ Cầu nằm ngang ?

b/ Cầu võng lên với bán kính $r = 50 \text{ m}$?

c/ Cầu võng xuống với bán kính $r = 50 \text{ m}$?

d/ Tại sao khi bắt cầu bê tông, người ta lại thường lựa chọn hình dáng cầu là võng lên ?

ĐS: a/ $N = Q = 50000 \text{ N}$. b/ $N = Q = 40000 \text{ N}$. c/ $N = Q = 60000 \text{ N}$.

Bài 16. Một xe chạy qua một cầu cong lên với bán kính $R = 40 \text{ m}$. Xe phải chạy với vận tốc bằng bao nhiêu để khi qua giữa cầu xe không đè lên cầu một lực nào cả ? Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

ĐS: $v = 20 \text{ m/s}$.

Bài 17. Một xe chuyển động đều trên một đường tròn nằm ngang bán kính $R = 200 \text{ m}$, hệ số ma sát giữa xe và mặt đường là $\mu = 0,2$. Xác định vận tốc tối đa mà xe có thể đạt được để không bị trượt ?

ĐS: $v_{\max} = 20 \text{ m/s}$.

Bài 18. Quả cầu có khối lượng $m = 50 \text{ g}$ treo ở đầu A của dây OA dài 90 cm . Quay cho quả cầu chuyển động tròn trong mặt phẳng thẳng đứng quanh tâm O. Tìm lực căng của dây khi A ở vị trí thấp hơn O, OA hợp với phương thẳng đứng góc $\alpha = 60^\circ$ và tốc độ quả cầu là 3 m/s .

ĐS: $T = 0,75 \text{ N}$.

