

Chương 12: Trạng thái cân bằng tĩnh và sự đàn hồi



Chương 10 và 11 đã trình bày các kiến thức động lực học để khảo sát chuyển động của vật rắn. Trong chương 12 này ta sẽ khảo sát vật rắn ở trạng thái cân bằng tĩnh và sự đàn hồi của chúng.

Cân bằng tĩnh là trạng thái chuyển động đặc biệt của vật rắn. Khi đó, vật rắn có vận tốc chuyển động tịnh tiến và vận tốc chuyển động quay đều bằng 0 trong một hệ quy chiếu quán tính. Trạng thái cân bằng tĩnh này được ứng dụng rất nhiều trong kỹ thuật dân dụng, kiến trúc và cơ khí.

Phần sau của chương này ta sẽ nghiên cứu về sự đàn hồi của vật rắn. Các vật rắn có tính đàn hồi sẽ có khả năng trở về hình dạng cũ khi ngừng tác dụng lực gây biến dạng.

12.1 Mô hình phân tích: Vật rắn ở trạng thái cân bằng

Cân bằng có nghĩa là một vật chuyển động với vận tốc dài và vận tốc góc không đổi so với một quan sát viên trong một hệ quy chiếu quán tính.

Ở đây ta quan tâm đến trường hợp đặc biệt mà cả hai loại vận tốc này bằng không

- Trường hợp này được gọi là *cân bằng tĩnh*.

Cân bằng tĩnh là một tình huống thường gặp trong kỹ thuật, đặc biệt là trong xây dựng, kiến trúc và cơ khí.

Sự đàn hồi:

Chúng ta có thể thảo luận về việc các vật bị biến dạng như thế nào trong điều kiện chịu tải.

Một vật đàn hồi sẽ trở lại hình dạng ban đầu khi không còn lực làm nó biến dạng.

Người ta định nghĩa nhiều hằng số đàn hồi khác nhau, tương ứng với mỗi kiểu biến dạng khác nhau.

Trong mô hình hạt ở trạng thái cân bằng thì một hạt chuyển động với vận tốc không đổi do hợp lực tác dụng lên nó bằng không.

Với các vật thật (dạng mở rộng) thì tình huống sẽ phức tạp hơn nhiều.

- Thường thì không thể xem các vật là các hạt.

Với một vật thật ở trạng thái cân bằng thì cần thỏa mãn một điều kiện thứ hai:

- Điều kiện này liên quan đến chuyển động quay của vật.

Một vật khi ở trạng thái cân bằng tĩnh thì: tổng ngoại lực và tổng mômen ngoại lực tác dụng lên vật bằng 0.

Các điều kiện này mô tả **mô hình vật rắn ở trạng thái cân bằng**.

$$\sum \vec{F}_{ext} \tag{12.1}$$

$$\sum \vec{\tau}_{ext} \tag{12.2}$$

Các lưu ý về cân bằng:

Cân bằng tịnh tiến

Điều kiện thứ nhất về cân bằng là phát biểu về cân bằng tịnh tiến.

- Gia tốc tịnh tiến của khối tâm của vật phải bằng không.
- Điều này được áp dụng trong một hệ quy chiếu quán tính.

Cân bằng quay

- Điều kiện thứ hai về cân bằng là một phát biểu về cân bằng quay.
- Gia tốc góc của vật bằng không.
- Điều này phải đúng với mọi trục quay.

Cân bằng động và cân bằng tĩnh

Trong chương này, ta tập trung vào cân bằng tĩnh.

- Vật không chuyển động.
- $v_{CM} = 0$ và $\omega = 0$

Mômen hợp lực bằng không không có nghĩa là vật không chuyển động quay.

Cân bằng động cũng có thể xảy ra.

- Vật có thể quay với vận tốc góc không đổi.
- Vật có thể chuyển động với vận tốc khối tâm không đổi.

Các phương trình trong cân bằng

Ta sẽ giới hạn các ứng dụng cho các tình huống mà các lực nằm trong mặt phẳng xy

- Các lực này được gọi là đồng phẳng vì chúng cùng nằm trong một mặt phẳng
- Giới hạn này dẫn đến 3 phương trình theo các trục.

Các phương trình này là:

- $\Sigma F_x = 0$
- $\Sigma F_y = 0$
- $\Sigma \tau_z = 0$ (12.3)

Vị trí của trục của phương trình mômen quay được chọn bất kỳ.

12.2 Bàn thêm về khối tâm của vật rắn

Có thể chia một vật thành nhiều phần tử nhỏ.

Mỗi phần tử có khối lượng và tọa độ riêng.

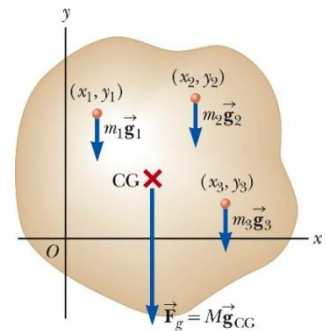
Tọa độ x của khối tâm của vật cho bởi

$$x = \frac{\sum_i(m_i x_i)}{\sum_i m_i} \tag{12.4}$$

Có thể tìm thấy các biểu thức tương tự cho các tọa độ y và z .

$$y = \frac{\sum_i(m_i y_i)}{\sum_i m_i}$$

$$z = \frac{\sum_i(m_i z_i)}{\sum_i m_i}$$



Khi khảo sát chuyển động của vật rắn, trọng lực là một trong những lực quan trọng. Ta phải xác định được vị trí của điểm đặt lực này: trọng tâm (CG: Center of Gravity). Trong trường hợp giá trị gia tốc trọng trường \vec{g} là như nhau trên toàn vật thì vị trí trọng tâm của vật rắn sẽ được xác định bởi:

$$x_{CG} = \frac{\sum_i(m_i x_i)}{\sum_i m_i}$$

$$y_{CG} = \frac{\sum_i(m_i y_i)}{\sum_i m_i}$$

$$z_{CG} = \frac{\sum_i(m_i z_i)}{\sum_i m_i}$$

Mômen quay do trọng lực gây ra trên vật có khối lượng M là lực Mg tác dụng lên trọng tâm của vật.

Nếu g là đồng nhất trên toàn vật thì trọng tâm trùng với khối tâm của vật.

Nếu vật là đồng nhất và đối xứng thì trọng tâm trùng với tâm hình học của vật.

12.3 Ví dụ về vật rắn ở trạng thái cân bằng

Chiến lược giải toán về cân bằng

Khái niệm hóa

Tìm tất cả các lực tác dụng lên vật.

Hình dung ảnh hưởng của mỗi lực đến sự quay của vật như là chỉ có lực này tác dụng lên vật.

Phân loại

Khẳng định rằng vật là một vật rắn cân bằng.

Vật phải có gia tốc tịnh tiến và gia tốc góc bằng không.

Phân tích

Vẽ một sơ đồ.

Vẽ và đặt tên tất cả các ngoại lực tác dụng lên vật.

Mô hình hạt chịu tác dụng của hợp lực: có thể biểu diễn vật như là một điểm trong sơ đồ lực vì ta không quan tâm đến điểm tác động của lực lên vật.

Mô hình vật rắn cân bằng: Không thể biểu diễn vật bằng một điểm vì điểm tác động của các lực là quan trọng.

Lập một hệ tọa độ thuận tiện.

Tìm thành phần của các lực theo hai trục tọa độ.

Áp dụng điều kiện thứ nhất về cân bằng ($\Sigma F=0$).

Cẩn thận với các dấu cộng, trừ.

Chọn một trục thuận tiện cho việc tính mômen quay tổng hợp đối với vật rắn: Nhớ rằng việc chọn trục là tùy ý.

Chọn một trục sao cho các phép tính là đơn giản nhất: Lực tác dụng dọc theo đường thẳng đi qua gốc có mômen quay bằng không

Áp dụng điều kiện thứ 2 của cân bằng.

Hai điều kiện cân bằng sẽ cho ta một hệ phương trình.

Giải hệ phương trình.

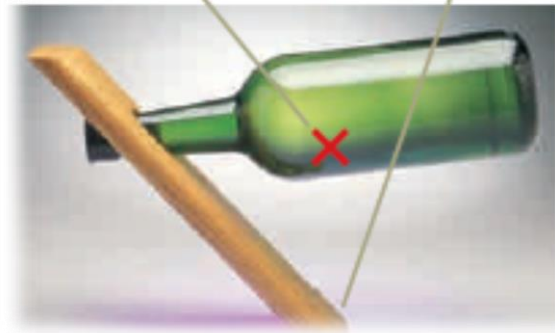
Hoàn tất

Bảo đảm rằng các kết quả là phù hợp với sơ đồ ban đầu.

Nếu lời giải cho thấy một lực âm thì lực đó ngược với chiều mà ta đã vẽ trong sơ đồ.

Kiểm tra các kết quả để bảo đảm rằng: $\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0, \Sigma F_z = 0$.

Trọng tâm của hệ gồm chai rượu và giá đỡ rơi đúng vào điểm đặt của giá đỡ

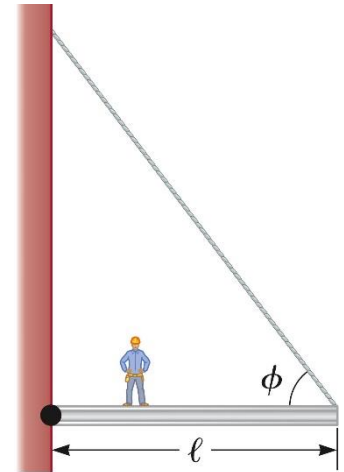


Hình 12.1: Hệ chai rượu và giá đỡ cân bằng

Sự cân bằng của hệ chai rượu và giá đỡ trong hình 12.1 là một ví dụ thú vị về trạng thái cân bằng tĩnh của vật rắn. Để chai rượu có thể đứng cân bằng trên giá đỡ thì cần hai điều kiện: tổng hợp lực và tổng mômen lực tác dụng lên hệ phải bằng không. Để điều kiện thứ hai được thỏa mãn thì trọng tâm của hệ gồm chai rượu và giá đỡ phải ở trên đường thẳng đứng đi qua điểm đặt của giá đỡ trên bàn.

Bài tập mẫu 12.1: Người đứng trên xà ngang:

Một thanh xà đồng chất nằm ngang có chiều dài $l=8.00\text{ m}$ và trọng lượng $W_b=200\text{ N}$ được gắn vào tường bởi một trục quay. Đầu còn lại của xà được móc vào cáp treo lập một góc $\phi=53^\circ$ so với xà (hình 12.8a). Một người có trọng lượng $W_p=5600\text{ N}$ đứng trên xà và cách tường một khoảng $d=2.00\text{ m}$. Tìm lực căng của cáp treo cũng như độ lớn và hướng của lực mà tường tác dụng lên xà.



Giải:

Khái niệm hóa

Thanh xà là đồng chất.

Trọng tâm của xà là ở tâm hình học của xà (trung điểm của xà).

Người đứng trên xà.

Lực căng của cáp và lực mà tường tác dụng lên xà là gì?

Phân loại

Hệ đứng yên, phân loại bài toán như là một vật rắn nằm cân bằng.

Phân tích

Vẽ một sơ đồ lực (hình 12.8b).

Dùng trục quay cho trong bài toán (nằm trên tường) làm trục quay: Cách này là đơn giản nhất

Lưu ý là ở đây có 3 ẩn số (đại lượng cần tìm) là T, R, θ .

Có thể phân tích các lực thành các thành phần.

Áp dụng 2 điều kiện cân bằng, ta thu được 3 phương trình.

Giải hệ phương trình để tìm các ẩn số.

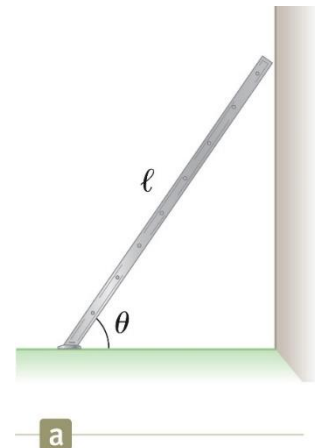
Hoàn tất

Giá trị của θ cho thấy hướng của R trong đồ thị là đúng.



Bài tập mẫu 12.2: Thang dựng nghiêng

Một cái thang đồng chất có chiều dài l tựa vào một cái tường nhẵn, thẳng đứng (hình 12.9a). Khối lượng của thang là m và hệ số ma sát giữa thang và sàn nhà là $\mu=0,40$. Tìm góc nghiêng nhỏ nhất θ_{\min} để thang không bị trượt.



Khái niệm hóa

Thang là đồng chất.

Trọng lượng của thang đặt ở tâm hình học của nó (cũng là trọng tâm).

Giữa thang và sàn nhà có ma sát nghỉ (ma sát tĩnh).

Phân loại

Mô hình hóa vật như là một vật rắn nằm cân bằng: do ta không muốn thang trượt

Phân tích

Vẽ một sơ đồ chỉ ra tất cả các lực tác động lên thang.

Lực ma sát là $f_s = \mu_s n$.

Chọn O làm trục quay.

Áp dụng các phương trình của 2 điều kiện cân bằng.

Giải các phương trình.

12.4 Thuộc tính đàn hồi của chất rắn

Từ trước đến nay, ta thường giả sử rằng các vật vẫn còn là vật rắn khi các ngoại lực tác động lên nó, ngoại trừ các lò xo.

Trong thực tế, tất cả các vật đều bị biến dạng theo một cách nào đó: nó có thể bị thay đổi kích thước hoặc hình dạng khi bị ngoại lực tác động.

Các nội lực chống lại sự biến dạng.

Các định nghĩa liên quan đến biến dạng

- Ứng lực (Stress): Ứng lực tỉ lệ với lực gây ra biến dạng và bằng ngoại lực tác dụng lên một đơn vị diện tích tiết diện.
- Biến dạng (strain): Là kết quả của ứng suất. Biến dạng là một số đo của độ biến dạng.

Sự biến dạng của một vật sẽ được định lượng thông qua giá trị của suất đàn hồi (Elastic modulus):

Chúng ta xét 3 dạng biến dạng và định nghĩa suất đàn hồi cho mỗi dạng:

$$\text{ứng suất đàn hồi} = \frac{\text{ứng lực}}{\text{biến dạng}} \quad (12.5)$$

- Ứng suất Young: đo sự cản trở (resistance) của một vật rắn đối với sự thay đổi về chiều dài
- Ứng suất trượt: đo sự cản trở của chuyển động của các mặt song song với nhau bên trong vật rắn (biến dạng trượt)
- Ứng suất khối: đo sự cản trở của vật rắn hoặc chất lỏng đối với sự thay đổi về thể tích

12.4.1 Ứng suất Young: Đàn hồi theo chiều dài

Là sự biến dạng về chiều dài của vật khi nó chịu tác dụng của ngoại lực dọc theo chiều dài của nó (hình 12.2) thì sẽ gây ra biến dạng dài với suất đàn hồi Young:

$$Y \equiv \frac{\text{Ứng lực dài}}{\text{biến dạng dài}} = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad (12.6)$$

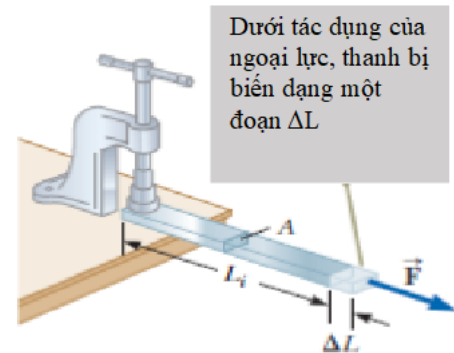
Y : suất Young (N/m)

F : ngoại lực gây biến dạng vật rắn (N)

A : tiết diện mà lực tác động vào (m^2)

ΔL : độ biến dạng theo chiều dài của vật rắn (m)

L : chiều dài của vật rắn khi chưa biến dạng (m)



Hình 12.2: sự biến dạng dài của thanh

12.4.2 Ứng suất cắt (trượt): Đàn hồi theo hình dạng

Là một dạng biến dạng về hình dạng của vật xảy ra khi vật rắn chống lại cặp lực tác dụng song song lên hai mặt của vật (minh họa hình 12.3a) với suất biến dạng là:

$$S = \frac{\text{Ứng lực trượt}}{\text{biến dạng trượt}} = \frac{F/A}{\Delta x/h} \quad (12.8)$$

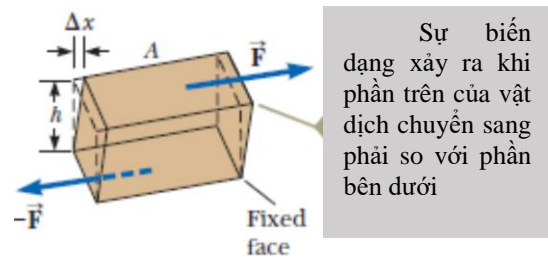
S : suất trượt (N/m)

F : ngoại lực tác dụng (N)

A : tiết diện mà lực tác dụng lên vật rắn (m^2)

Δx : độ biến dạng của vật theo lực tác dụng

h : chiều cao của vật



a)

12.4.3 Ứng suất khối: biến dạng thể tích

Là sự biến dạng về thể tích của vật xảy ra vật chịu tác dụng của lực ở khắp mọi phương.

$$B = \frac{\text{ứng lực thể tích}}{\text{biến dạng thể tích}} = \frac{F/A}{\Delta V/V} \quad (12.8)$$

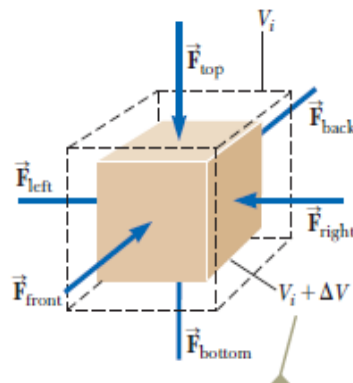
B : ứng suất khối

F : ngoại lực tác dụng (N)

A : tiết diện tác dụng của lực lên vật rắn (m²)

ΔV : độ biến dạng thể tích

V : thể tích khi chưa biến dạng



Khối hộp bị biến dạng về thể tích nhưng không biến dạng về hình dạng.

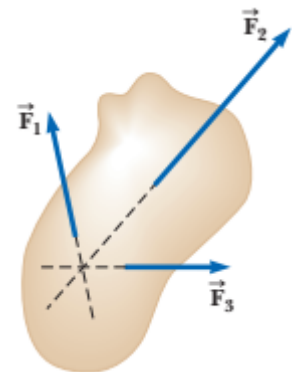
Hình 12.14: Sự biến dạng thể tích

Câu hỏi 12.1: Xét vật chịu tác dụng của hai lực có độ lớn bằng nhau như hình. Hãy chọn câu đúng cho các tình huống sau.

- (a) Vật cân bằng lực nhưng không cân bằng mômen.
- (b) Vật cân bằng mômen nhưng không cân bằng lực.
- (c) Vật cân bằng lực và cân bằng mômen.
- (d) Vật vừa không cân bằng lực vừa không cân bằng mômen.

Câu hỏi 12.2: Xét vật chịu tác dụng của ba lực như hình. Hãy chọn câu trả lời đúng nhất cho các trường hợp sau.

- Vật cân bằng lực nhưng không cân bằng mômen.
- Vật cân bằng mômen nhưng không cân bằng lực.
- Vật cân bằng lực và cân bằng mômen.
- Vật vừa không cân bằng lực vừa không cân bằng mômen.



Câu hỏi 12.3: Một thanh dài một mét tiết diện đều có mật độ không đổi được treo trên một sợi dây, dây được buộc tại vị trí 25 cm trên thanh. Một vật 0,50kg được treo tại đầu thanh và khi đó thanh được cân bằng theo phương ngang. Khối lượng của thanh là gì?

- (a) 0,25kg.
- (b) 0,50kg.
- (c) 0,75kg.
- (d) 1,0kg.
- (e) 2,0kg.
- (f) Không xác định.

Tóm tắt chương 12

Định nghĩa

Sự biến dạng của một vật sẽ được định lượng thông qua giá trị của **suất đàn hồi** (Elastic modulus):

$$\text{ứng suất đàn hồi} = \frac{\text{ứng lực}}{\text{biến dạng}} \quad (12.5)$$

Khái niệm và nguyên lý

Có ba dạng biến dạng và định nghĩa suất đàn hồi cho mỗi dạng:

- **Ứng suất Young**: đo sự cản trở (resistance) của một vật rắn đối với sự thay đổi về chiều dài
- **Ứng suất trượt**: đo sự cản trở của chuyển động của các mặt song song với nhau bên trong vật rắn (biến dạng trượt)
- **Ứng suất khối**: đo sự cản trở của vật rắn hoặc chất lỏng đối với sự thay đổi về thể tích

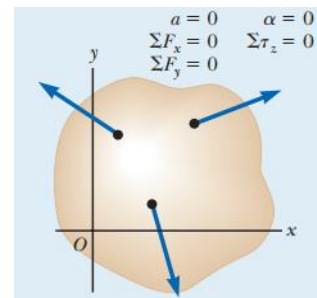
Mô hình phân tích để giải bài toán

Một vật khi ở trạng thái cân bằng tĩnh thì: tổng ngoại lực và tổng mômen ngoại lực tác dụng lên vật bằng 0.

$$\sum \vec{F}_{ext} \quad (12.1)$$

$$\sum \vec{\tau}_{ext} \quad (12.2)$$

Điều kiện thứ nhất cân bằng tịnh tiến và điều kiện thứ hai là cân bằng quay.



Câu hỏi lý thuyết chương 12

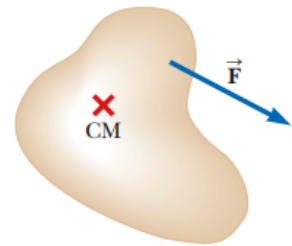
1. Gia tốc trọng trường sẽ giảm ba phần triệu cho mỗi mét tăng độ cao trên bề mặt trái đất. giả sử một tòa nhà chọc trời cao 100 tầng với mật độ trung bình mỗi tầng là như nhau. So sánh vị trí khối tâm và trọng tâm của tòa nhà. Chọn câu đúng:
 - (a) Khối tâm cao hơn vài mét.
 - (b) Khối tâm cao hơn vài milimet.
 - (c) Khối tâm và trọng tâm trùng nhau.
 - (d) Trọng tâm cao hơn vài milimet.
 - (e) Trọng tâm cao hơn vài mét.

2. Một thanh thẳng dài 7.0m được quay quanh một trục cách đầu bên trái thanh một khoảng 2.0m. Tác dụng một lực 50N hướng xuống tại đầu mút bên trái và một lực hướng xuống 200N tại đầu mút bên phải. Tại vị trí nào bên phải tác dụng một lực 300N hướng lên để thanh đạt trạng thái cân bằng? *Chú ý:* Bỏ qua khối lượng của thanh.
 - (a) 1.0m.
 - (b) 2.0m.
 - (c) 3.0m.
 - (d) 4.0m.
 - (e) 3.5m.

3. Xét một vật như hình. Tác dụng một lực lên vật, phương lực không qua khối tâm của vật. Gia tốc khối tâm của vật do sự tác dụng bởi lực này:
 - (a) Như trường hợp lực tác dụng tại khối tâm.
 - (b) Lớn hơn lực tác dụng tại khối tâm.
 - (c) Nhỏ hơn lực tác dụng tại khối tâm.
 - (d) Hoặc bằng không do lực chỉ gây ra gia tốc góc cho vật.

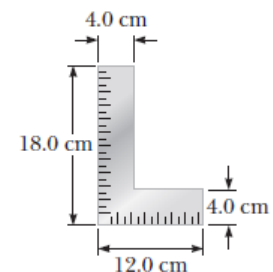
4. Hai lực tác dụng lên một vật. Khẳng định nào sau đây là đúng?
 - (a) Vật ở trạng thái cân bằng nếu hai lực cùng phương ngược chiều bằng nhau về độ lớn.
 - (b) Vật ở trạng thái cân bằng nếu tổng mômen lực tác dụng lên vật bằng không.
 - (c) Vật ở trạng thái cân bằng nếu các lực tác dụng tại cùng một điểm trên vật.
 - (d) Vật ở trạng thái cân bằng nếu tổng lực và tổng mômen lực tác dụng lên vật bằng không.
 - (e) Vật không ở trạng thái cân bằng vì có nhiều hơn một lực tác dụng lên vật.

5. Một tấm ván ngang dài 4.00m nằm yên trên hai giá đỡ, đầu thứ nhất bên trái và đầu thứ hai cách đầu bên phải 1.00m. Độ lớn của lực tác dụng lên đầu bên phải là bao nhiêu?
 - (a) 32.0N.
 - (b) 45.2N.
 - (c) 112N.
 - (d) 131N.
 - (e) 98.2N.

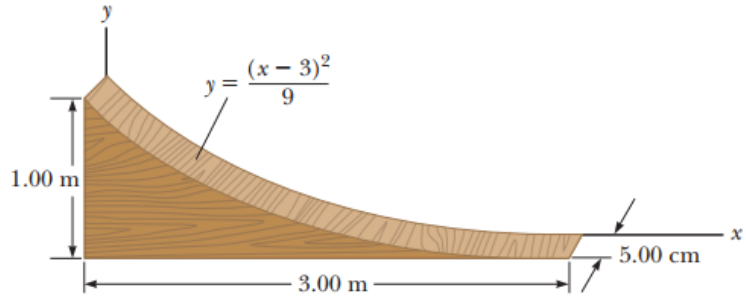


Bài tập chương 12

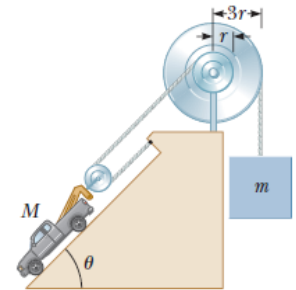
1. Một thước vuông của thợ mộc có hình chữ L như hình bên. Xác định trọng tâm của thước.
2. Xét bốn vật sau: vật một có khối lượng 5.00kg với khối tâm tại vị trí (0, 0)m, vật hai có khối lượng 3.00kg với khối tâm tại vị trí (0, 4.00)m và vật ba có khối lượng 4.00kg với khối tâm tại vị trí (3.00, 0)m. Hỏi vật thứ tư đặt ở đâu sao cho vị trí trọng tâm của bốn vật này tại (0, 0).



3. Pat làm mô hình đường đua xe hơi để xe trượt ra khỏi tấm gỗ rắn như hình. Đường đua rộng 5.00 cm cao 1.00 m và dài 3.00 m. Đường băng được cắt sao cho nó tạo thành một parabol với phương trình $y = (x-3)^2 / 9$. Tìm tọa độ trọng tâm theo phương ngang của đường đua này.

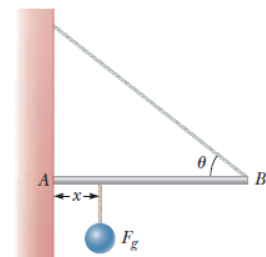


4. Tìm khối lượng m để xe tải có khối lượng $M = 1500$ kg trên đường nghiêng với góc $\theta = 45^\circ$ (như hình) ở trạng thái cân bằng. Giả sử bỏ qua ma sát và khối lượng của hai ròng rọc.
5. Một cái thang xem như đồng chất dài 15,0 m có trọng lượng 500 N nằm dựa vào một bức tường không ma sát. Thang hợp với tường một góc 60° theo phương ngang.



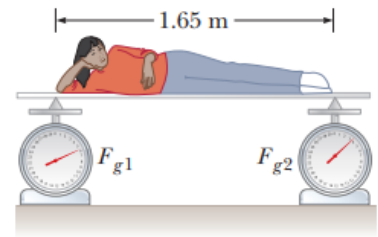
- (a) Tìm lực do sàn tác động lên thang theo phương ngang và dọc khi có một lính cứu hỏa nặng 800-N đã leo lên độ cao 4.00 m tính từ mặt đất.
- (b) Nếu thang chỉ trượt khi lính cứu hỏa lên 9.00 m tính từ mặt đất. Tính hệ số ma sát tĩnh giữa thang và sàn?
6. Một cái thang đồng chất có chiều dài L khối lượng m tựa cố định không ma sát vào một bức tường. Thang hợp với phương ngang một góc θ .
- (a) Tìm các lực tác dụng lên phương ngang và phương đứng tại chân thang khi một lính cứu hỏa có khối lượng m_2 leo lên thang cách chân thang một khoảng x .
- (b) Khi lính cứu hỏa cách chân thang một khoảng d thì thang bắt đầu trượt, tìm hệ số ma sát tĩnh giữa thang và mặt đất.

7. Một đầu của một thanh đồng nhất dài 4.00m trọng lượng F_g được treo bởi một cáp ở một góc $\theta = 37^\circ$. Đầu kia áp vào tường và được giữ bởi ma sát như hình. Hệ số ma sát tĩnh giữa tường và thanh là $\mu_s = 0.5$. Xác định khoảng cách tối thiểu x từ điểm A mà tại đó nếu treo một vật trọng lượng F_g mà không trượt về phía điểm A.

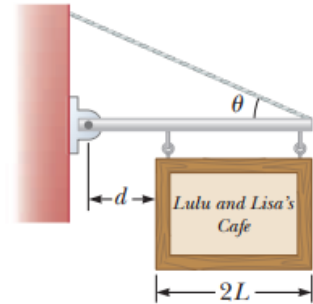


8. Một dây thép có đường kính 1 mm chịu được lực căng là 0.2 N. Để dây cáp chịu lực căng là 20kN thì đường kính của nó là bao nhiêu.
9. Khi nước đóng băng, nó sẽ giãn nở khoảng 9,00%. Áp suất sẽ tăng bao nhiêu bên trong khối động cơ ô tô của bạn nếu nước trong nó đóng băng? (Ứng suất khối của băng là $2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.)
10. Một vật 200 kg được treo trên một dây có chiều dài 4.00 m, diện tích mặt cắt ngang $0.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, và ứng suất Young là $8 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$. Chiều dài của nó tăng lên bao nhiêu?

11. Trong các nghiên cứu vật lý trị liệu đôi khi việc xác định khối tâm một người rất quan trọng. Cách xác định này có thể được sắp xếp như hình. Một tấm ván phẳng nằm yên trên hai cái cân với giá trị của cân một là $F_{g1} = 380N$ và $F_{g2} = 320N$. Khoảng cách giữa hai cân là $1.65m$. Hãy xác định vị trí khối tâm tính từ chân của cô gái nằm trên tấm ván này.

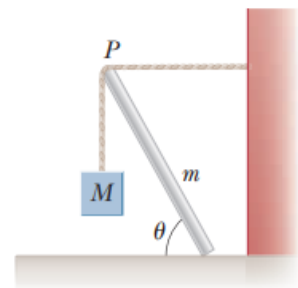


12. Một bản hiệu đồng nhất trọng lượng F_g dài $2L$ được treo trên một thanh thẳng nằm ngang. Thanh này có một đầu gắn vào bản lề trên tường, đầu còn lại được giữ bởi sợi dây cáp như hình. Xác định:



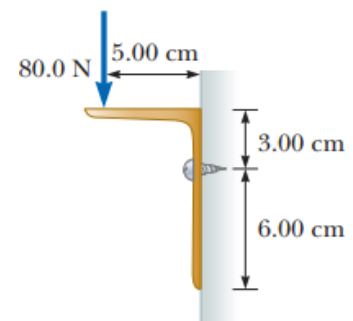
- (a) Độ lớn của lực căng dây.
 (b) Xác định các thành phần của phản lực bởi bức tường lên thanh ngang theo F_g, d, L và θ .

13. Một thanh đồng chất khối lượng m được đặt nghiêng một góc θ so với phương ngang. Một sợi dây thừng được vắt qua đầu trên của thanh tại điểm P tạo thành một góc 90° . Một đầu của dây được cột vào tường, đầu còn lại treo vật nặng (như hình). Thanh đứng yên không trượt trên sàn, μ_s là hệ số ma sát tĩnh giữa thanh và sàn. Giả sử μ nhỏ hơn cotang của θ .



- (a) Tìm biểu thức mô tả khối lượng tối đa của M để thanh bắt đầu trượt trên sàn.
 (b) Độ lớn của phản lực trên sàn.
 (c) Lực căng dây tại P theo m, M , và μ_s .

14. Một cái ke chữ L dùng đỡ kệ sách được gắn trên tường bằng một con vít như hình, bỏ qua trọng lượng của ke. Tác dụng một lực thẳng đứng 80 N lên cây ke như hình, tìm lực tác dụng lên vít theo phương ngang như hình.



15. Một sợi dây cáp bằng thép có diện tích mặt cắt là $3,00\text{cm}^2$, khối lượng $2,40\text{ kg}$ trên mỗi mét chiều dài. Nếu sợi dây cáp dài 500m được treo thẳng đứng thì nó sẽ giãn thêm dưới trọng lượng riêng của nó là bao nhiêu? Biết $Y_{steel} = 2.00 \times 10^{11}\text{ N/m}^2$.