

20 LỰC MA SÁT

I – Mục tiêu

- Hiểu được những đặc điểm của lực ma sát nghỉ và ma sát trượt.
- Viết được biểu thức của \vec{F}_{msn} và \vec{F}_{mst} .
- Biết vận dụng kiến thức để giải thích các hiện tượng thực tế có liên quan tới ma sát và giải bài tập.

II – Chuẩn bị

Giáo viên

Chuẩn bị các thí nghiệm ở Hình 20.1, 20.2 SGK ; một số ổ bi các loại.

III – Những điều cần lưu ý

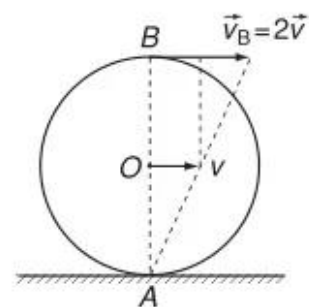
1. Việc giải thích cơ chế tạo thành ma sát rất phức tạp. Trong nhiều tài liệu khác nhau, một số tác giả giải thích nguồn gốc của ma sát nghỉ là lực tương tác giữa các phân tử ở những chỗ tiếp xúc giữa hai vật. Khi hai vật tiếp xúc với nhau, các lực phân tử này dường như làm cho các vật "kết dính" lại, nên muốn làm cho chúng chuyển động được với nhau, phải có ngoại lực để thắng sự "kết dính" đó. Khi hai vật trượt so với nhau, còn có hiện tượng các chỗ xù xì giữa hai mặt tiếp xúc "móc" vào nhau, gây ra lực ma sát trượt. Còn ma sát lăn thường được giải thích là do sự biến dạng của các vật khi vật này lăn trên mặt vật kia.

Nói chung đó là những vấn đề phức tạp và cũng còn nhiều ý kiến khác nhau. Vì vậy SGK chỉ đề cập đến những biểu hiện vĩ mô của lực ma sát (hướng, độ lớn), mà không đề cập đến cơ chế tạo thành ma sát.

2. Các hệ số ma sát trượt và hệ số ma sát nghỉ đều được xác định bằng thực nghiệm. Vì vậy, các số liệu thu được đều là số liệu gần đúng và phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của thí nghiệm (độ nhám của các mặt tiếp xúc...). Vì vậy, nếu trong các tài liệu khác nhau, nhiều tác giả nêu lên những số liệu khác nhau thì cũng là điều dễ hiểu.

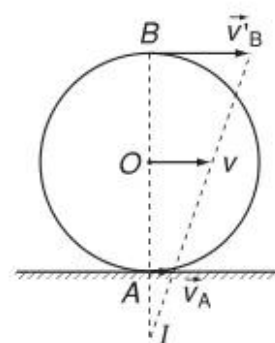
3. Về hiện tượng xe đạp chạy chậm lại khi ta hãm phanh, có người đặt câu hỏi : nếu coi xe đạp như một hệ vật, thì lực ma sát trượt giữa má phanh và vành xe chỉ là nội lực, mà nội lực thì không gây ra gia tốc cho xe được. Vậy vì sao khi má phanh xiết vào vành thì xe lại chạy chậm lại ?

Đây là một vấn đề khá thú vị. Khi bánh xe lăn không trượt trên mặt đường (Hình 20.1), lực ma sát nghỉ ở điểm tiếp xúc A hướng về phía trước đã giữ cho A đứng yên so với mặt đường và A trở thành tâm quay tức thời của bánh xe. Vận tốc của trục O bằng vận tốc \vec{v} của xe. Vận tốc của điểm B ở trên cùng bằng $2v$. Khi má phanh cọ vào vành, nếu xét riêng vành thì lực ma sát của má phanh là ngoại lực làm cho vành quay chậm lại. Vận tốc của các điểm trên



Hình 20.1

vành bánh sẽ giảm. Vận tốc của điểm trên cùng của bánh xe khi đó là $v'_B < 2v$. Trong khi đó, do quán tính, vận tốc v của xe chưa giảm ngay được. Nhìn trên Hình 20.2, ta sẽ thấy khi đó tâm quay tức thời của bánh xe đã chuyển xuống một điểm I ở bên dưới, và điểm A trượt với vận tốc v_A so với mặt đường. Chính sự trượt này đã gây ra lực ma sát trượt của mặt đường hướng về phía sau, đó là ngoại lực làm cho xe đi chậm lại.



Hình 20.2

4. Bánh xe phát động và bánh xe không phát động

Ta hãy xét bánh trước và bánh sau của một cái xe đạp. Khi ta đạp xe (Hình 20.3), lực kéo của nhánh trên của xích làm cho bánh sau của xe quay. Nếu không có ma sát giữa mặt đường và bánh xe thì bánh sau chỉ quay quanh trục. Điểm thấp nhất A của bánh xe sẽ trượt về phía sau so với mặt đường. Như vậy, xe không thể nhích lên được.



Hình 20.3

Nếu giữa mặt đường và lốp xe có độ nhám đủ lớn, lực ma sát của mặt đường sẽ chống lại được sự trượt của A về phía sau. Lực ma sát này hướng về phía trước, giữ cho A tạm thời đứng yên so với đất và nó trở thành tâm quay tức thời. Lực kéo của xích làm cho bánh xe quay quanh A , do đó xe mới nhích lên được.

Bánh sau của xe đạp được chân ta truyền lực qua xích làm cho quay, được gọi là bánh xe phát động. Lực ma sát nghỉ của mặt đường tác dụng vào bánh xe phát động hướng về phía trước. Rõ ràng, lực ma sát nghỉ này đóng vai trò quan trọng làm cho xe đi về phía trước.

Khi khung xe chuyển động, nó đẩy bánh trước về phía trước. Ta lại giả sử không có ma sát giữa bánh trước với mặt đường. Khi đó, bánh trước sẽ chuyển động tịnh tiến, và điểm thấp nhất B của bánh trước sẽ trượt về phía trước so với mặt đường. Nhưng trên thực tế, do mặt đường có ma sát, nên lực ma sát nghỉ của mặt đường giữ không cho B trượt về phía trước, mà phải tạm thời đứng yên và nó trở thành tâm quay tức thời của bánh trước. Lực ma sát nghỉ tác dụng lên B sẽ hướng về phía sau. Lực này không gây ra công cản và cũng không có tác dụng thúc đẩy chuyển động của xe. Bánh trước là bánh xe không phát động.

Trong xe máy, máy kéo..., bánh sau cũng là bánh xe phát động, bánh trước là bánh xe không phát động. Vì ma sát nghỉ giữa mặt đường với bánh xe phát động có tác dụng thúc đẩy chuyển động của xe, nên người ta dùng nhiều biện pháp để tăng cường lực ma sát này. Chẳng hạn, bánh sau của máy kéo to và nặng hơn hẳn bánh trước, lốp có nhiều đường gân xù xì. Chỗ ngồi của người trên máy kéo, xe máy, xe đạp thường được bố trí lệch về phía sau, để cho trọng lượng của người được dồn phần lớn vào bánh sau, làm tăng ma sát ở bánh xe phát động.

Trong ô tô, trục của động cơ truyền lực đến trục của các bánh xe phát động nhờ các khớp răng, thường được gọi là "cầu". Những xe ô tô nhỏ thường chỉ có một cầu ở cặp bánh sau, còn các bánh trước là bánh xe không phát động. Những xe vận tải thường có hai, thậm chí ba cầu. Xe "Dil ba cầu" là loại xe vận tải cỡ lớn, có đến ba khớp răng truyền lực từ động cơ đến ba hệ thống bánh xe phát động. Loại xe này rất khoẻ, có thể chở hàng vượt qua các địa hình đồi núi phức tạp. (ZIL là tên viết tắt theo tiếng Nga của một nhà máy sản xuất ô tô của Liên Xô trước đây).

IV – Gợi ý về phương pháp và tổ chức hoạt động dạy học

Nội dung của bài này hơi dài. Trong một tiết, khó có thể trình bày đầy đủ. Cần tập trung vào trọng tâm của bài là hai mục đầu (lực ma sát nghỉ và lực ma sát trượt).

1. Dùng một thí nghiệm đơn giản để thấy được sự xuất hiện của lực ma sát nghỉ (\vec{F}_{msn}). Dùng **C1** để gợi ý cho HS và xác định được phương, chiều của lực đó.

Về độ lớn của \vec{F}_{msn} cần dùng thí nghiệm để làm rõ :

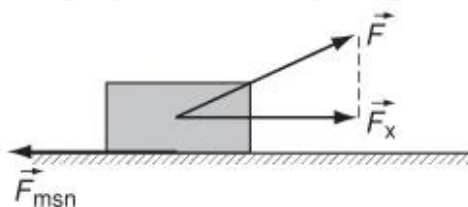
- F_{msn} không có giá trị nhất định, độ lớn của nó có thể thay đổi để cân bằng với ngoại lực.

- F_{msn} có một giá trị cực đại F_M . Khi ngoại lực vượt quá giá trị đó thì các vật sẽ trượt trên bề mặt của nhau, lực ma sát giữa chúng khi đó là lực ma sát trượt.

Nếu có thời gian, có thể làm thí nghiệm để chứng tỏ rằng với một cặp vật tiếp xúc nhất định thì \vec{F}_M tỉ lệ thuận với áp lực \vec{N} trên mặt tiếp xúc.

Tỉ số $\frac{F_M}{N}$ gọi là hệ số ma sát nghỉ.

Chú ý rằng cách nói " \vec{F}_{msn} cân bằng với ngoại lực" là một cách nói đơn giản hoá. Nếu ngoại lực không song song với mặt



Hình 20.4

tiếp xúc thì \vec{F}_{msn} cân bằng với thành phần \vec{F}_x của ngoại lực song song với mặt tiếp xúc (trong Hình 20.4 ta vẽ vật to để dễ nhìn, nhưng thật ra thì ta coi vật như chất điểm ; hai lực \vec{F}_x và \vec{F}_{msn} coi như trực đối).

2. Cách tiến hành thí nghiệm về lực ma sát trượt (\vec{F}_{mst}) khác với thí nghiệm về lực ma sát nghỉ ở chỗ ta không kéo lực kế, mà kéo tấm ván B cho nó trượt trên mặt bàn (Hình 20.2 SGK).

Khi B đã trượt so với A và A đứng yên so với mặt bàn, thì lực đàn hồi của lực kế cân bằng với lực ma sát trượt do B tác dụng lên A . Vậy lúc này số chỉ của lực kế là số đo \vec{F}_{mst} .

Cách làm này có ưu điểm rõ rệt so với cách kéo vật A vì lực kế đứng yên nên ta dễ đọc số chỉ. Ngay cả khi tay ta kéo tấm ván B không đều thì số chỉ của lực kế vẫn ổn định.

Cần dựa vào Hình 20.2 SGK để phân tích kĩ, lực ma sát trượt luôn xuất hiện thành một cặp lực – phản lực. Dùng C2 để giúp cho HS đi tới nhận xét : Khi hai vật trượt trên bề mặt của nhau, lực ma sát trượt tác dụng lên mỗi vật luôn ngược chiều với vận tốc tương đối của nó so với vật kia.

Cần làm thí nghiệm định lượng để chứng tỏ \vec{F}_{mst} tỉ lệ với áp lực, do đó dẫn đến khái niệm về hệ số ma sát trượt. Còn về quan hệ giữa \vec{F}_{mst} với diện tích tiếp xúc, với tính chất của mặt tiếp xúc..., thì cũng rất dễ làm thí nghiệm chứng minh, nhưng vì bài đã dài, nên GV cần cân nhắc xem có đủ thời gian làm những thí nghiệm đó không.

Qua hai mục 1 và 2 SGK, cần thấy rõ một số điểm khác nhau giữa \vec{F}_{msn} và \vec{F}_{mst} :

	Lực ma sát nghỉ (\vec{F}_{msn})	Lực ma sát trượt (\vec{F}_{mst})
Điều kiện xuất hiện	Có ngoại lực tác dụng nhưng chưa đủ mạnh để làm cho vật dịch chuyển.	Có sự trượt tương đối giữa hai vật (không nhất thiết phải có ngoại lực).
Chiều	Ngược chiều với thành phần ngoại lực song song với mặt tiếp xúc.	Ngược chiều với vận tốc tương đối.
Độ lớn	Thay đổi theo ngoại lực, và có một giá trị cực đại $F_M = \mu_n N$.	Có giá trị $F_{mst} = \mu_t N$.

Phần nói về ma sát lăn không phải là trọng tâm của bài nên không cần đi sâu.

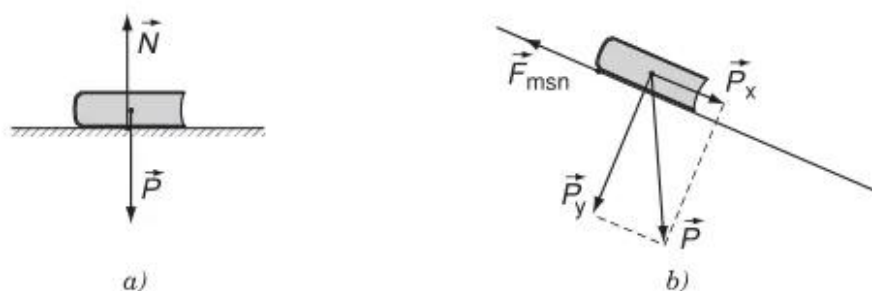
3. Vai trò của ma sát trong đời sống : Nhiều ví dụ trong phần này về ích lợi và tác hại của ma sát tương đối đơn giản, có thể hướng dẫn cho HS tự đọc. Nên tập trung giảng kỹ hai trường hợp : Người bước đi trên mặt đất và bánh xe phát động lăn trên đường. Trong hai trường hợp này, lực ma sát nghỉ do mặt đất tác dụng đều cùng chiều với chuyển động của người và xe, đều đóng vai trò lực phát động đối với người và xe.

Nên yêu cầu HS tự tìm nhiều ví dụ thực tế về ma sát có lợi và có hại, những biện pháp làm tăng và giảm ma sát.

V – Hướng dẫn trả lời câu hỏi và giải bài tập

Câu hỏi

3. Khi bôi dầu mỡ, các chỗ xù xì giữa hai bề mặt sẽ không cọ sát trực tiếp với nhau, mà được ngăn cách bởi một lớp dầu mỡ. GV có thể giảng thêm : Lực ma sát giữa các vật rắn với dầu mỡ rất nhỏ so với lực ma sát giữa các vật rắn với nhau (Thực chất là ta đã thay ma sát khô bằng ma sát ướt). Đó chính là nguyên nhân của sự giảm ma sát khi dùng dầu, mỡ.
4. Khi quyển sách đặt trên mặt bàn nằm ngang, các lực \vec{P} và \vec{N} đều vuông góc với mặt bàn, không có thành phần ngoại lực song song với mặt tiếp xúc, do đó không có \vec{F}_{msn} (Hình 20.5a).



Hình 20.5

Khi sách đặt trên mặt bàn nghiêng, trọng lực \vec{P} có thành phần \vec{P}_x song song với mặt tiếp xúc. Nếu vật vẫn nằm yên thì \vec{F}_{msn} có cùng độ lớn và ngược chiều với \vec{P}_x (Hình 20.5b).

5. Bóp mạnh để tăng áp lực của tay vào cuống của quả mít, do đó tăng lực ma sát nghỉ giữa tay và cuống quả mít để \vec{F}_{msn} có thể cân bằng với trọng lượng quả mít.
6. Khi bánh xe phát động của ô tô bị sa vào vũng lầy, lực ma sát do đất tác dụng vào bánh xe quá nhỏ, không đủ giữ cho điểm của bánh xe tiếp xúc

với đất tạm thời đứng yên để cho xe nhích lên được. Cách khắc phục là chèn thêm gạch, đá, hoặc lót ván vào vũng lầy nhằm tăng ma sát.

7. Như đã phân tích ở mục 4c SGK, lực phát động có tác dụng kéo đoàn tàu đi chính là lực ma sát nghỉ do đường ray tác dụng lên các bánh xe phát động của đầu tàu. Muốn đầu tàu kéo được nhiều toa, lực ma sát này phải lớn. Muốn vậy, đầu tàu phải có khối lượng lớn.

Bài tập

1. C đúng.
2. D đúng.
3. Chuyển động đều :

$$F_k - F_{msl} = 0$$

Vậy $F_k = F_{msl} = \mu_l mg = 0,08.1\ 500.9,8 = 1\ 176\ \text{N}$.

4. Ô tô đi quãng đường ngắn nhất trước khi dừng lại nếu ta phanh gấp đến mức độ bánh xe trượt mà không lăn trên đường. Khi đó, lực hãm là lực ma sát trượt :

$$F_{mst} = -\mu_t mg$$

Do đó : $a = \frac{F_{mst}}{m} = -\mu_t g$.

Quãng đường xe đi cho tới lúc dừng ($v_t = 0$) :

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - v_0^2}{2(-\mu_t g)} = \frac{v_0^2}{2\mu_t g}$$

a) Với $\mu_t = 0,7$; $s = 56,2\ \text{m}$.

b) Với $\mu_t = 0,5$; $s = 78,7\ \text{m}$.

5. Dưới tác dụng của lực kéo \vec{F} và lực ma sát trượt :

$$a = \frac{F - \mu_t mg}{m} = 2,06\ \text{m/s}^2$$

$$s_1 = \frac{at^2}{2} = 1,03\ \text{m}$$

Vào lúc F ngừng tác dụng, vật có vận tốc : $v = at = 2,06\ \text{m/s}$. Quãng đường vật đi tiếp cho tới lúc dừng lại (tương tự bài 2) :

$$s_2 = \frac{v^2}{2\mu_t g} \approx 0,72\ \text{m}.$$