

DÙNG KIẾN THỨC CƠ HỌC ĐỂ GIẢI THÍCH CÁC HIỆN TƯỢNG LÝ THỦ TRONG ĐỜI SỐNG

Ngô Bảo

Trường Đại học Thủ Dầu Một

TÓM TẮT

Bài báo này dùng kiến thức của môn Cơ học lý thuyết để giải thích một cách chặt chẽ về định tính và định lượng các hiện tượng thú vị trong đời sống. Áp dụng định luật bảo toàn mô men động lượng hoặc nguyên lý con quay để giải thích vì sao ta đi xe đạp được, vì sao xiếc mô tô bay được. Áp dụng định luật I, II Newton để giải thích vì sao ta có thể dựng đứng cái trứng trên đầu chiếc đũa, vì sao người ta phải làm mặt đường nghiêng tại chỗ uốn cong. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng và các định luật II, III Newton để giải thích vì sao máy bay lại bay lên được. Áp dụng định luật vạn vật hấp dẫn và định luật II, III Newton để giải thích vì sao có thủy triều.

Từ khóa: hiệu ứng, con quay, lực ly tâm, lực ma sát, mô men động lượng, thủy triều

1. Đặt vấn đề

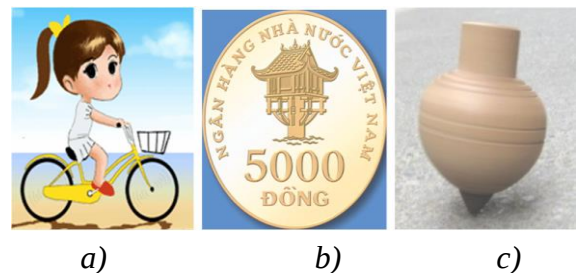
Rất nhiều hiện tượng trong tự nhiên và đời sống mà con người chưa biết, nhưng cũng có rất nhiều hiện tượng con người biết rồi và họ giải thích các hiện tượng đó theo hiểu biết và ngôn ngữ của họ. Bài này giải thích các hiện tượng lý thú trong đời sống dựa theo kiến thức vật lý, đặc biệt là kiến thức trong môn *Cơ học lý thuyết* đang được giảng dạy rộng rãi ở các trường đại học.

2. Giải thích vì sao chúng ta chạy xe đạp được

Có câu chuyện kể rằng, một vị quan nọ thấy nhà vua đi ngựa mệt nhọc nên mang tặng vua chiếc xe đạp. Vua nhìn thấy xe đạp liền mắng vị quan ấy: “Khanh lừa trẫm đó sao? Xe này làm sao giữ thăng bằng mà chạy được chứ? Khi chưa chạy nó cũng đã ngã mất rồi”. Vị quan liền giải thích: “Loại xe này phải leo lên ngồi và đạp cho bánh xe quay thì nó mới chạy được”. Thế rồi, vị quan thử chạy xe đạp cho vua xem, vua hết sức khen ngợi và cũng thử chạy xe. Thấy hay, vua ban thưởng cho vị quan ấy và truyền cho dân chúng nên đi xe đạp, còn ngựa, lừa thì dùng để kéo xe chở hàng hóa.

Thời đó, chưa chắc vị vua hay quan kia giải thích một cách hợp lý vì sao xe đạp chạy được. Cho đến tận ngày nay, cũng không ít người không trả lời đúng câu hỏi này.

Tương tự như câu hỏi trên là các câu hỏi rất thú vị khác là: vì sao ta có thể tung đồng xu như hình 1b để nó đứng lên và xoay; vì sao trẻ em quăng dây làm cho con vù (con cù hay con gù) cũng đứng lên và xoay như hình 1c.



Hình 1

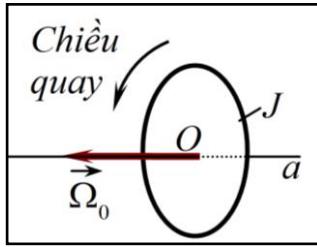
Các câu hỏi trên được giải thích dựa vào một trong hai kiến thức về cơ học sau:

1.1. Giải thích dựa vào định luật bảo toàn mô men động lượng: “Mô men động lượng của cơ hệ được bảo toàn”.

Xét mô hình bánh xe đạp có mô men quán tính quanh trục a nằm ngang là J,

quay quanh trục a với vận tốc góc $\vec{\Omega}_0$ như hình 2.

Hình 2



Ở đây, ta xác định chiều của vận tốc góc $\vec{\Omega}_0$ theo quy tắc *nắm tay phải*: “Nắm bàn tay phải sao cho 4 ngón tay theo chiều quay của vật thì ngón cái choãi ra góc 90° chỉ chiều của tốc độ góc $\vec{\Omega}_0$ ”. Lúc đầu, ta tác dụng lên bàn đạp một lực để cho bánh xe quay với vận tốc góc $\vec{\Omega}_0$ thì ta có véc tơ mô men động lượng tính bằng công thức:

$$\vec{L}_0 = J \cdot \vec{\Omega}_0 \quad (1)$$

Sau một thời gian nào đó, bánh xe lăn với vận tốc góc $\vec{\Omega}$, véc tơ mô men động lượng lúc đó là:

$$\vec{L} = J \cdot \vec{\Omega} \quad (2)$$

Nếu ta không tác dụng lực nào thêm vào bánh xe nữa và bỏ qua mọi ma sát thì theo định luật bảo toàn mô men động lượng, ta phải có:

$$\vec{L}_0 = \vec{L} \text{ hay } \vec{\Omega}_0 = \vec{\Omega} \quad (3)$$

Tức là độ lớn và chiều của tốc độ góc trước và sau là như nhau, làm cho bánh xe vẫn đứng và lăn mãi, không bị ngã.

Tuy nhiên, thực tế nếu ta ngừng tác dụng lực lên bàn đạp thì do sức cản không khí, ma sát ổ trục, ma sát giữa bánh xe và mặt đất, ... nên bánh xe có vận tốc góc Ω ngày càng nhỏ và phương của $\vec{\Omega}$ cũng thay đổi, tức là bánh xe bị nghiêng dần và ngã. Để xe không ngã thì ta cần cung cấp cho bánh xe một mô men động lượng đủ lớn, tức là ta giữ sao cho phương của $\vec{\Omega}_0$ chưa lệch khỏi phương ngang quá nhiều.

Đến đây, ta thấy nếu cho bánh xe lăn với tốc độ góc Ω nào đó đủ lớn thì trục bánh xe được giữ nằm ngang, xe thẳng bằng. Khi đi xe đạp, ta điều khiển tay lái và cho xe chạy theo đường thẳng hoặc đường không quá cong thì nhờ bảo toàn mô men động lượng mà xe không bị ngã. Còn khi xe dừng, thì mô men động lượng không còn, nếu ta không vịn lại thì xe ngã. Ta vẫn đi xe đạp chậm được, nhưng ta phải liên tục lắc cổ xe để hai bánh xe gần giống với chữ T, làm chân để cho xe không ngã.

1.2. Giải thích dựa vào hiệu ứng con quay (Gyroskop)

Nếu bỏ qua mọi ma sát, khi bánh xe đang lăn với vận tốc góc $\vec{\Omega}_0$ thì cũng giống như một con quay (con vù ở hình 1c là một loại con quay) trong trường hợp không chịu lực nào tác dụng ngoài trọng lực, quay với vận tốc góc $\vec{\Omega}_0$. Do đó, theo hiệu ứng con quay ta có:

$$\vec{\Omega}_0 = \overrightarrow{const} \text{ (véc tơ hằng số).}$$

Vậy, vận tốc góc $\vec{\Omega}_0$ có phương và độ lớn không đổi nếu bỏ qua ma sát, tức là trục bánh xe được giữ nằm ngang, xe thẳng bằng, người chạy xe đạp không bị ngã.

Thực tế, do có ma sát nên bánh xe có vận tốc góc Ω ngày càng nhỏ và phương của $\vec{\Omega}$ cũng thay đổi, làm cho bánh xe bị nghiêng dần và ngã. Để xe không ngã thì ta cần tác dụng lực lên bàn đạp nhằm tăng thêm số vòng quay, tức là làm cho $\vec{\Omega}$ chưa lệch khỏi phương ngang quá nhiều. Đối với đồng xu như hình 1b hay con vù như hình 1c cũng vậy, khi chúng quay quanh trục quay nào thì chúng bảo toàn phương của véc tơ vận tốc góc $\vec{\Omega}_0$ trùng với phương trục quay đó. Khi chúng dừng lại thì $\vec{\Omega}_0 = \vec{0}$ có phương tùy ý, làm cho chúng ngã.

Như vậy, khi ta chạy xe đạp là ta cho bánh xe lăn liên tục, bánh xe bảo toàn

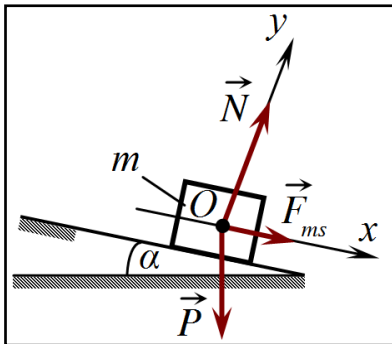
phương vận tốc góc dọc theo trục quay của nó, tức phương ngang, giúp cho xe thẳng bằng, lúc đó ta chạy xe được. Còn khi ta ngừng xe thì bánh xe không còn véc tơ vận tốc góc theo phương ngang nữa nên xe ngã.

2. Giải thích vì sao người ta phải làm mặt đường nghiêng tại chỗ đường cong.

Định tính: Khi xe qua đoạn đường cong thì giống như một vật rắn chuyển động trên cung tròn nằm ngang. Xe luôn chịu lực ly tâm và có xu hướng bị văng ra theo phương tiếp tuyến với cung tròn. Để cân bằng với lực ly tâm đó, ta tăng lực ma sát của mặt đường lên bánh xe hoặc làm cho xe nghiêng một ít để trọng tâm của xe nằm lọt trong cung tròn. Tuy nhiên, cách tăng lực ma sát của mặt đường lên bánh xe thì mặt đường xấu đi. Do đó, chỉ còn cách làm trọng tâm của xe nằm lọt trong cung tròn, tức là làm mặt đường chỗ cong nghiêng đi một ít, là hợp lý hơn cả.

Định lượng: Giả sử, ta coi xe như chất điểm khối lượng m , chạy qua đoạn đường cong nằm trong mặt phẳng ngang, bán kính cong là R . Ở đây, ta cho mặt đường nghiêng với phương ngang góc α nào đó. Ta vẽ các lực tác dụng vào xe như hình 3.

Hình 3



Áp dụng định luật II Newton cho xe, ta có:

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{ms} = m.\vec{a} \quad (4)$$

Chiếu biểu thức (4) lên Ox, Oy:

$$\begin{cases} N - P.\cos \alpha = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} P.\sin \alpha + F_{ms} = m.a_{ht} \end{cases} \quad (6)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} N = P.\cos \alpha \\ m.g.\sin \alpha + k.N = m.a_{ht} \end{cases}$$

(k là hệ số ma sát giữa mặt đường và bánh xe, a_{ht} là gia tốc hướng tâm khi xe qua đoạn cong).

Thành phần $m.a_{ht}$ ở biểu thức (6) chính là lực hướng tâm (F_{ht}). Tuy nhiên, khi xe đang chạy trên đoạn cong thì luôn có lực ly tâm (F_{lt}). Theo nguyên lý D'Alembert, thì lực ly tâm có độ lớn đúng bằng, nhưng có chiều ngược với chiều của lực hướng tâm.

$$F_{lt} = F_{ht} = m.a_{ht} = \frac{m.v^2}{R} \quad (7)$$

Lực ly tâm làm văng xe ra theo phương tiếp tuyến với đường cong. Để tránh sự văng đó thì lực hướng tâm phải lớn hơn hoặc bằng lực ly tâm, tức là từ các biểu thức (5), (6) và (7), ta có:

$$\frac{m.v^2}{R} \leq m.g.\sin \alpha + k.m.g.\cos \alpha$$

$$\Leftrightarrow v \leq \sqrt{(\sin \alpha + k.\cos \alpha).R} \quad (8)$$

Ta thấy, vận tốc của xe phải nhỏ hơn hoặc bằng $\sqrt{(\sin \alpha + k.\cos \alpha).R}$ thì xe mới qua được đoạn đường cong an toàn.

Giả sử, một chiếc xe chạy qua chỗ đường cong có các thông số như sau:

- Bán kính cong của đường: $R = 400 \text{ m}$
- Hệ số ma sát $k = 0,15$

Thì ta có vận tốc tối đa của xe như sau:

$$v = \sqrt{400.(\sin \alpha + 0,15.\cos \alpha)} \quad (9)$$

Ta có bảng so sánh:

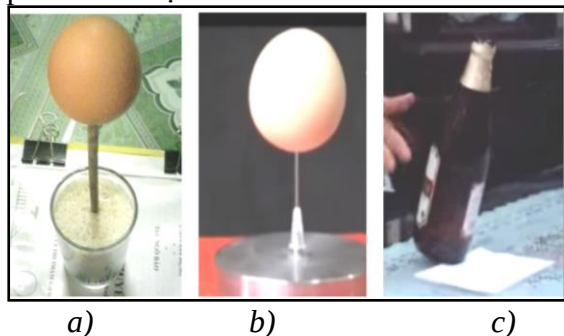
Góc nghiêng α	Vận tốc v tối đa của xe	
	m/s	km/h
0°	7,8	28
5°	9,7	35
10°	11,3	40,8
15°	12,7	45,7
20°	13,9	50
25°	15	54
30°	15,9	57

Dựa vào bảng số liệu trên, ta thấy góc nghiêng α tăng dần thì vận tốc tối đa của xe qua đoạn cong cũng tăng dần. Như vậy, mặt đường tại đoạn cong phải làm nghiêng từ 0° tới 20° để thắng được lực quán tính ly tâm, bảo đảm cho xe qua lại an toàn với vận tốc cho phép. Lúc đó, vận chuyển hàng hóa và đi lại được nhanh, phù hợp với phát triển kinh tế đất nước.

Hiện nay, nhiều chỗ đường cong chưa được đặt biển báo tốc độ giới hạn cho phép của xe qua lại, làm cho tai nạn thường xuyên xảy ra. Nhất là khi người ở xa tới, chưa quen đường, không kịp giảm tốc và bị lực ly tâm làm văng xe sang bên trái, gây tai nạn với xe khác hoặc lật xe.

3. Giải thích vì sao ta có thể đặt đứng quả trứng trên đầu chiếc đĩa

Trứng đứng đầu đĩa như hình 4a mà nhiều người vẫn nghĩ là có yếu tố tâm linh nào đó. Thực ra, không có gì là khó hiểu, thậm chí ta còn có thể đặt trứng trên đầu cây kim như hình 4b. Theo cách này, ta còn có thể đặt cái chai nghiêng trên mặt phẳng như hình 4c. Bất kể là trứng gà hay trứng vịt thì ta đều có thể đặt nó đứng trên đầu chiếc đĩa. Có người tự xưng là nhà ngoại cảm, nói rằng nơi nào để được quả trứng trên đầu đĩa thì dưới đất tại nơi đó có hài cốt người chết! Nói như vậy thật vô lý và phản khoa học.

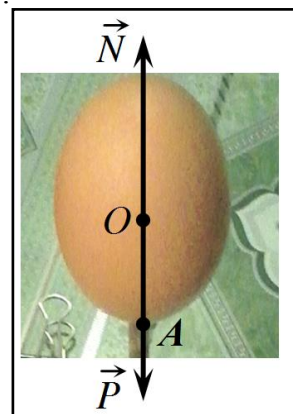


Hình 4

Thực vậy, ta chỉ cần lắc nhẹ cho dây chằng bên trong cái trứng bị đứt, lòng trắng và lòng đỏ dồn hết xuống một đầu. Sau đó, khéo tay một chút thì ta có thể dựng đứng

cái trứng đó lên mặt gương phẳng hay trên đầu một chiếc đĩa dễ dàng. Ta lý giải hiện tượng này dựa vào định luật I Newton: “Một vật sẽ đứng yên hoặc chuyển động đều mãi mãi khi không có lực nào tác dụng lên nó hoặc tổng tất cả các lực tác dụng lên nó bằng không”.

Hình 5



Khi cái trứng được đặt trên đầu chiếc đĩa thì trọng tâm của trứng nằm trên đường tác dụng trọng lực $\vec{P}$ của nó và phản lực $\vec{N}$ của đầu đĩa như hình 5. Ở đây ta đã trượt điểm đặt của lực $\vec{N}$ từ A tới O theo đúng như nguyên lý trượt lực: “Tác dụng của lực lên vật rắn không đổi khi ta trượt điểm đặt của lực trên đường tác dụng của nó”. Mục đích trượt lực $\vec{N}$ để ta dễ nhìn mà thôi. Trọng lực $\vec{P}$ và phản lực $\vec{N}$ là các lực trực đối, nên chúng triệt tiêu lẫn nhau:

$$\vec{P} + \vec{N} = \vec{0} \quad (10)$$

Lực tác dụng lên quả trứng theo phương đứng đã không còn, các lực tác dụng theo phương khác như lực phân bố của gió, lực ma sát coi như không đáng kể. Vậy, quả trứng sẽ đứng yên mãi mãi theo đúng định luật I Newton. Như vậy, ta chỉ cần khéo tay, đặt đứng cái trứng trên đầu chiếc đĩa sao cho trọng tâm của trứng nằm trên phương tác dụng phản lực $\vec{N}$ của đầu đĩa thì trứng sẽ đứng yên tại đó.

4. Giải thích vì sao máy bay bay lên được?

Đây là câu hỏi thú vị, nhiều người không biết giải thích cách nào cho hợp lý.

Từ điển mở Wikipedia cũng giải thích chung chung, không có công thức tính toán nào cả. Hiện nay các máy bay có thể chia làm 2 loại:

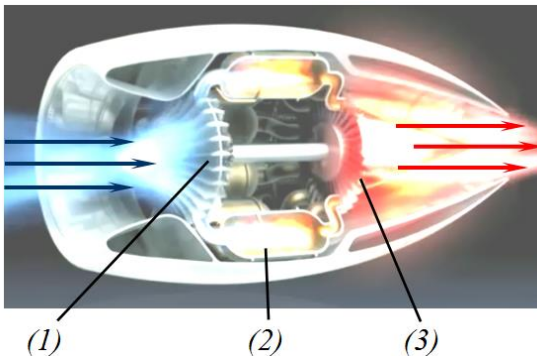
4.1. Máy bay phản lực

Ở máy bay này, bộ phận chính để nó bay được là nhờ khí phun ra từ hai động cơ phản lực gắn hai bên cánh như hình 6.



Hình 6

Động cơ phản lực ở hình 7, có cấu tạo gồm quạt hút (1) có công suất lớn để hút không khí (giống như máy hút bụi ta hay dùng ở nhà) và nén không khí đến áp suất cao, nhiệt độ không khí cũng tăng cao và được đẩy vào buồng đốt (2).



Hình 7

Ở đây, không khí được trộn với nhiên liệu dạng sương mù và bốc cháy (do áp suất cao nên nhiệt độ không khí cũng cao và đạt tới nhiệt độ tự bốc cháy). Khí thải bị cánh quạt (3) thổi ra phía sau với nhiệt độ và áp suất rất cao, tốc độ phun cũng cực lớn. Điều chúng ta quan tâm là vì sao khi động cơ phản lực phun khí ra phía sau thì tạo lực để đẩy máy bay về phía trước? Nguyên lý này có thể được giải thích bằng 2 cách:

Cách 1: Khi động cơ phản lực phun khối khí nóng A ra phía sau thì khối khí đó

tác dụng với lớp không khí B ngoài trời một lực đẩy $\vec{F}_{12}$. Theo định luật III Newton thì lớp khí B cũng đẩy lại khối khí A một lực $\vec{F}_{21}$ cùng độ lớn, còn phương ngược chiều với $\vec{F}_{12}$. Kết quả là máy bay bị đẩy về trước.

Mặt khác, khối khí nóng A có áp suất cao, gây chênh lệch áp suất và làm nóng lớp không khí ngoài trời phía dưới cánh, lớp không khí này giãn nở, gây thêm chênh lệch áp suất trầm trọng. Kết quả, áp suất không khí phía dưới cánh (p_1) lớn hơn áp suất không khí phía trên cánh (p_2) nhiều lần. Thậm chí, ta có thể xem:

$$p_1 \gg p_2 \quad (11)$$

Giả sử tổng diện tích cánh phía dưới là S_1 , tổng diện tích cánh phía trên là S_2 . Thông thường, nhà chế tạo máy bay luôn chế tạo cánh sao cho phần trên cánh thì thuôn tròn để không khí dễ chảy qua, phần dưới cánh thì phẳng và để đón không khí, nên ta có thể xem:

$$S_1 > S_2 \quad (12)$$

Ta tính lực tác dụng phía trên và phía dưới cánh như sau:

Lực đẩy lên phía dưới cánh:

$$F_1 = p_1 \cdot S_1 \quad (13)$$

Lực đẩy xuống phía trên cánh:

$$F_2 = p_2 \cdot S_2 \quad (14)$$

Kết hợp (11), (12), (13) và (14) ta có:

$$F_1 \gg F_2 \quad (15)$$

Biểu thức (15) cho ta thấy lực đẩy dưới cánh đẩy lên lớn hơn rất nhiều lực phía trên cánh nén xuống. Nếu tính cả trọng lượng máy bay và lực do lớp không khí phía trên cánh nén xuống thì lực tổng cộng hướng xuống là $P + F_2$. Giá trị này vẫn còn nhỏ hơn F_1 .

$$F_1 > P + F_2 \quad (16)$$

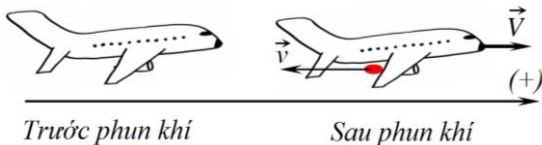
Vì lẽ đó, F_1 nâng được bản thân máy bay vốn rất nặng lên dễ dàng (Boeing 747 nặng 52,2 tấn, Airbus 380 nặng 580 tấn).

Khi máy bay đang cất cánh, đầu nó hướng nghiêng lên cao, đuôi hạ thấp xuống thì lúc đó lực đẩy nó lên chủ yếu nhờ vào lực đẩy của khối khí do các động cơ phản lực phun ra phía sau.

Khi máy bay đạt độ cao mong muốn thì người phi công điều khiển bộ phận dưới cánh làm cho luồng khí thổi ra chuyển hướng sang nơi khác, thậm chí máy bay có 2 động cơ thì chỉ cho hoạt động 1 động cơ. Lúc đó, lực nâng cánh giảm bớt, giữ thăng bằng với trọng lượng bản thân máy bay.

Cách 2: Giả sử toàn máy bay có khối lượng M , chứa khối khí có khối lượng m . Máy bay và khối khí coi như đứng yên với nhau. Khi động cơ phản lực phun khối khí m , vận tốc $\vec{v}$ ra phía sau thì theo định luật bảo toàn động lượng, ta có:

$$\vec{P}_{\text{đầu}} = \vec{P}_{\text{sau}} \Rightarrow M \cdot \vec{V} + m \cdot \vec{v} = \vec{0} \quad (17)$$



Hình 8

Chọn chiều dương là chiều vận tốc $\vec{V}$ như hình 8. Chiếu biểu thức (17) lên chiều dương, ta có:

$$M \cdot V - m \cdot v = 0 \Leftrightarrow V = \frac{m \cdot v}{M} \quad (18)$$

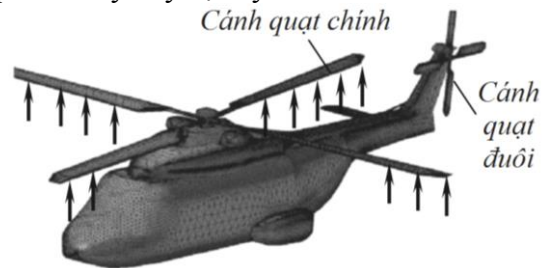
Kết quả biểu thức (18) cho thấy V là số dương, chứng tỏ máy bay bị đẩy theo ra phía trước. Vận tốc v thường rất lớn (khoảng $300 \div 500 \text{ m/s}$), nhưng cũng không thể tức khắc làm máy bay cất cánh được, mà máy bay phải chạy trên đường băng đủ dài. Nhờ quán tính, vận tốc V lớn dần lên và làm cho máy bay bay lên được. Khi máy bay đạt đến chế độ bay ổn định, vận tốc V đạt từ $(400 \div 1000) \text{ km/h}$.

Lực tác dụng lên cánh làm nâng máy bay lên cao được giải thích giống như ở cách 1.

Các máy bay phản lực có từ 2 tới 8 động cơ gắn ở hai bên cánh. Máy bay chở khách thường có 2 động cơ, đôi khi phi công chỉ cho hoạt động một động cơ, nhưng vẫn đủ sức cho máy bay bay tốt. Máy bay B52 chở nhiều bom, bay nhanh và là “người hùng” trong các máy bay nên nó có tới 8 động cơ.

4.2. Máy bay trực thăng

Ở máy bay này (hình 9), bộ phận chính để nó bay được là nhờ *cánh quạt chính* quay, đẩy lớp không khí phía dưới với lực đẩy $\vec{F}_{12}$. Theo định luật III Newton thì lớp không khí phía dưới cũng đẩy lại cánh quạt chính một lực $\vec{F}_{21}$ cùng độ lớn, cùng phương nhưng ngược chiều với $\vec{F}_{12}$. Kết quả là máy bay bị đẩy lên cao.



Hình 9

Cánh quạt chính có thể thay đổi mặt phẳng quay, từ đó thay đổi hướng đẩy không khí, giúp máy bay bay tiến ra phía trước, lùi lại phía sau, hay bay sang phải, sang trái.



Hình 10

Theo định luật bảo toàn mômen động lượng, khi cánh quạt chính quay theo chiều kim đồng hồ thì phần còn lại của máy bay sẽ có xu hướng quay theo chiều ngược lại,

tức là máy bay bị quay tròn. Để tránh trường hợp này, trên máy bay trực thăng còn có thêm *cánh quạt đuôi* để tạo ra một mô men động lượng cân bằng với mô men động lượng do cánh quạt chính gây ra.

Cũng có loại máy bay trực thăng không cần cánh quạt đuôi như hình 10. Khi đó người ta dùng 2 cánh quạt chính quay ngược chiều nhau. Lực nâng của 2 cánh quạt này đều hướng lên trên nhưng mômen động lượng thì triệt tiêu lẫn nhau. Khi muốn đổi hướng bay người ta phải thay đổi tốc độ của một trong 2 cánh quạt để mô men động lượng của một trong hai cánh quạt đó thẳng thế.

Tóm lại, máy bay trực thăng bay được là nhờ vào lực đẩy của cánh quạt chính lên lớp không khí làm cho lớp không khí đẩy lại. Nếu không có không khí (chân không) thì không có máy bay nào bay được cả.

5. Giải thích hiện tượng thủy triều

Thủy triều là hiện tượng hùng vĩ của thiên nhiên làm cho nước sông, biển dâng cao ở nơi này và hạ thấp ở nơi khác. Có rất nhiều người đã giải thích hiện tượng thủy triều, mỗi người mỗi cách, thậm chí trái ngược nhau. Từ điển Wikipedia cũng có giải thích hiện tượng thủy triều là do sức hút của Mặt trời và Mặt trăng tác dụng lên trái đất, nhưng lời giải thích không thuyết phục vì chưa đưa ra được công thức chứng minh rõ ràng. Dựa vào kiến thức cơ học để giải thích các nguyên nhân của hiện tượng thủy triều như sau:

Nguyên nhân 1: Theo các số liệu thiên văn học, ta có khối lượng Trái đất là $M = 5,98.10^{24} \text{ kg}$; khối lượng Mặt trăng là $m = 7,35.10^{22} \text{ kg}$; khoảng cách từ tâm Trái đất tới tâm Mặt trăng là $r = 384.10^6 \text{ m}$. Áp dụng định luật vạn vật hấp dẫn thì các vật thể lớn như vậy tương tác với nhau bằng lực hút theo công thức:

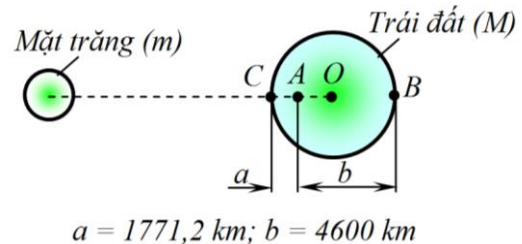
$$F_{hd} = \frac{G.M.m}{r^2}$$

Với $G = 6,67.10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$ là hằng số hấp dẫn. Thế các số liệu trên vào biểu thức trên ta được:

$$F_{hd} = \frac{6,67.10^{-11} . 5,98.10^{24} . 7,35.10^{22}}{(384.10^6)^2} \approx 2.10^{20} \text{ N}$$

Lực hấp dẫn trên là quá lớn, nó có phương trùng với phương nối tâm Trái đất và Mặt trăng, chiều hướng về Mặt trăng. Do vậy, lực này hút các phần tử vật chất trên Trái đất về phía Mặt trăng. Mà trên lớp vỏ Trái đất chỉ có khí quyển và nước là các vật liệu nhẹ nên dễ bị hút nhất. Khi lớp nước trên Trái đất bị lực hấp dẫn của Mặt trăng hút thì lớp nước đó dâng lên tạo thành *nước lớn*, lớp nước chỗ khác hạ xuống tạo thành *nước ròng*.

Nguyên nhân 2: Trái đất quay quanh trục đối xứng qua tâm nó, Mặt trăng lại quay quanh Trái đất cùng chiều quay của Trái đất, giữa chúng có mối liên kết bởi lực hấp dẫn. Do đó, coi hai vật “Trái đất – Mặt trăng” như là cơ hệ có trọng tâm khối lượng nằm trên đường nối hai tâm của chúng.



Hình 11

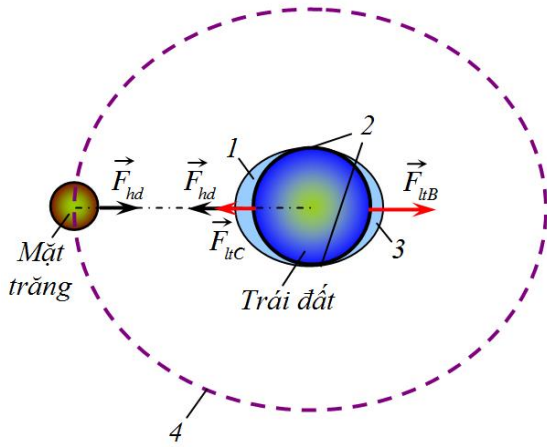
Dựa vào công thức tìm trọng tâm vật rắn, ta tính được trọng tâm của hệ “Trái đất – Mặt trăng” nằm tại A như hình 11. Hệ “Trái đất – Mặt trăng” coi như quay quanh trọng tâm A với tốc độ góc ω nào đó, nên Trái đất chịu lực ly tâm có chiều hướng ra xa điểm A. Điều cần biết là ta phải so sánh lực ly tâm tại B và C.

– Lực ly tâm tại B: $F_{lB} = (M + m).b.\omega^2$

– Lực ly tâm tại C: $F_{lC} = (M + m).a.\omega^2$

Vì $a < b$ nên $F_{lC} < F_{lB}$

Lực ly tâm tại B là nguyên nhân để cho vùng nước gần B dâng lên cao tạo thành nước lớn. Các vùng khác B thì nước hạ thấp xuống, tạo thành nước ròng.



1. Nước lớn do hợp lực hấp dẫn và lực ly tâm tại C
2. Nước ròng
3. Nước lớn do lực ly tâm tại B
4. Quỹ đạo của Mặt trăng quay quanh Trái đất

Hình 12

Kết hợp các nguyên nhân 1 và 2, ta có hình vẽ minh họa hiện tượng thủy triều như hình 12. Ở hình này, ta thấy khối nước trên Trái đất phía gần Mặt trăng chịu hợp lực $\vec{F}_{hd} + \vec{F}_{lc}$; khối nước trên Trái đất phía xa Mặt trăng chịu lực $\vec{F}_{lb}$. Kết quả các khối nước này bị kéo nhô lên cao tạo thành nước lớn. Nước ở các vùng khác trên Trái đất chảy dồn về vùng nước lớn nên ở các vùng đó có nước ròng.

Khi Mặt trăng quay quanh quỹ đạo của nó thì nước trên Trái đất cũng chảy theo làm cho ta thấy nước lớn phình về hai bên của Trái đất, trên đường nối tâm Trái đất với Mặt trăng. Mỗi ngày Trái đất quay quanh trục đối xứng của nó hết một vòng nên ta thấy mỗi ngày có hai lần nước lớn và 2 lần nước ròng.

Nguyên nhân 3: Mặt trời cũng gây ra lực hấp dẫn lên Trái đất. Với các số liệu: hằng số hấp dẫn $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$; khối lượng Mặt trời là $M_T = 1,9891 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, khối lượng Trái đất là $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$;

khoảng cách từ tâm Trái đất tới tâm Mặt trời là $R = 149597870700 \text{ m}$. Ta tính lực hấp dẫn này như sau:

$$F_{\text{hd Mặt trời-Trái đất}} = \frac{G \cdot M_T \cdot M}{R^2}$$

$$= \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,9891 \cdot 10^{30} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}{(149597870700)^2}$$

$$\approx 3,55 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

Lực hấp dẫn trên là quá lớn, lớn gấp 117,5 lần lực hấp dẫn của Mặt trăng lên Trái đất. Tuy nhiên, lực hấp dẫn của Mặt trời lên Trái đất bị triệt tiêu ngay bởi lực ly tâm khi Trái đất có khối lượng M quay quanh Mặt trời theo quỹ đạo có bán kính R , vận tốc góc ω . Lực ly tâm đó là:

$$F_{\text{lt Mặt trời-Trái đất}} = M \cdot R \omega^2 = M \cdot R \cdot \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \quad (19)$$

Với T là chu kỳ quay của Trái đất quanh Mặt trời, $T = 365,25 \text{ ngày} = 31557600 \text{ s}$; bán kính quỹ đạo $R = 149597870700 \text{ m}$; $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. Thế các số liệu này vào biểu thức (19) ta được:

$$F_{\text{lt}} = 5,98 \cdot 10^{24} \cdot 149597870700 \cdot \left(\frac{2\pi}{31557600} \right)^2$$

$$\approx 3,55 \cdot 10^{22} \text{ N.}$$

Ta thấy rằng: Mặt trăng quay quanh Trái đất thì các phần tử vật chất trên Mặt trăng phải chịu lực ly tâm, còn các phần tử vật chất trên Trái đất không bị ảnh hưởng gì ở quá trình quay này. Lực hấp dẫn của Mặt trăng với Trái đất thì tác dụng nguyên vẹn tới Trái đất, gây ra hiện tượng thủy triều như đã trình bày ở nguyên nhân 1. Trong khi đó, Trái đất lại quay quanh Mặt trời, các phần tử vật chất trên Trái đất phải chịu lực ly tâm. Đồng thời các phần tử vật chất này cũng chịu lực hấp dẫn của Mặt trời đối kháng với lực ly tâm đó nên chúng cân bằng.

$$\vec{F}_{\text{hd Mặt trời-Trái đất}} = -\vec{F}_{\text{lt Mặt trời-Trái đất}}$$

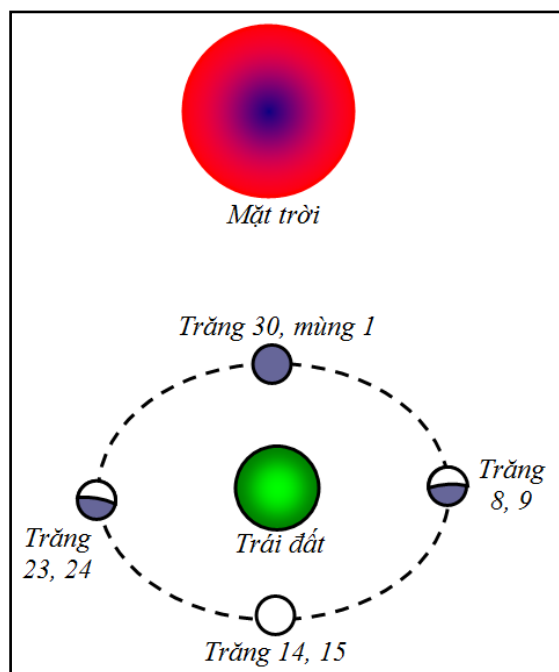
Lực hấp dẫn và lực ly tâm này cùng độ lớn nhưng ngược chiều nhau, làm cho Trái đất giữ đúng khoảng cách với Mặt trời và quay quanh Mặt trời mãi mãi. Như vậy, ta có thể khẳng định: *lực hấp dẫn của Mặt trời với Trái đất không gây ra hiện tượng thủy triều trên Trái đất.*

Vậy, nguyên nhân 3 không phải là nguyên nhân tạo ra thủy triều trên Trái đất. Ở đây, tác giả đưa ra để thấy rằng sự hiểu lầm của những người đi trước, kể cả từ điển Wikipedia. Họ cho rằng, Mặt trời tạo ra lực hút, gây nên hiện tượng thủy triều trên Trái đất. Đây là tư tưởng không phù hợp với kiến thức về vật lý mà chúng ta đã biết. Từ điển Wikipedia còn tính sai lực hấp dẫn của Mặt trời với Trái đất. Theo đúng số liệu thiên văn, ta tính được lực hấp dẫn của Mặt trời lên Trái đất lớn gấp 117,5 lần lực hấp dẫn của Mặt trăng lên Trái đất. Thế mà từ điển Wikipedia cũng bằng số liệu đó lại tính ra lực hấp dẫn của Mặt trời lên Trái đất nhỏ gấp 2,5 lần lực hấp dẫn của Mặt trăng lên Trái đất!

Khoảng cách Trái đất tới Mặt trăng cũng có thay đổi theo từng tháng và từng mùa trong năm.

Tại điểm gần nhất, khoảng cách này là: 363.300km; tại điểm xa nhất khoảng cách này là 405.500 km. Do đó, lực hấp dẫn của Mặt trăng lên Trái đất (vốn tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách) thay đổi, làm cho mức thủy triều cũng thay đổi theo. Đó là lý do, vì sao từng tháng hoặc từng mùa trong năm ta hay gặp hiện tượng nước lớn hay nước ròng bất thường.

Vào các ngày 30, tháng 1 hoặc 15, 16 âm lịch thì Mặt trăng gần Trái đất nhất. Lúc ấy cũng dễ xảy ra trường hợp “Mặt trời – Mặt trăng – Trái đất” thẳng hàng như hình 13, làm cho dễ xảy ra hiện tượng nhật thực, nguyệt thực (nhiều người gọi là “Mặt trăng máu”). Thủy triều lúc ấy cũng dâng cao nhất.



Hình 13

Các hiện tượng thiên nhiên xảy ra cùng lúc như vậy làm cho nhiều người lầm tưởng là “điềm chẳng lành, trời phạt, trời đất tối sầm, lụt lội, báo hiệu đời sống cơ cực, thất bát mùa màng, làm ăn không được,...”. Thực ra, đó chỉ là hiện tượng tự nhiên, nếu biết trước, ta có thể phòng tránh được. Vào các ngày 8, 9 hoặc 23, 24 âm lịch thì Mặt trăng xa Trái đất, làm cho thủy triều thấp nhất. Lúc ấy ta nhìn thấy các con sông còn rất ít nước, thậm chí cạn khô.

6. Giải thích vì sao có thể xiếc mô tô bay

Xiếc mô tô bay là trò giải trí lý thú bằng cách cho xe (xe đạp, xe máy, xe ô tô, ...) chạy vòng lên vách đứng như hình 14a hoặc chạy trong lòng quả cầu như hình 14b.

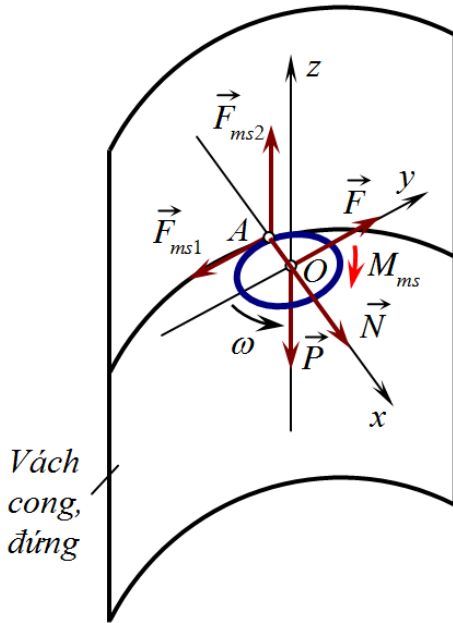


Hình 14

Ta xem hệ người và xe trong xiếc mô tô bay như một vật rắn có khối lượng m , chuyển động với vận tốc dài là $\vec{v}$ trên mặt cong có bán kính cong là R , tốc độ góc là ω . Có hai trường hợp xảy ra như sau:

6.1. Hệ người và xe chạy trên vách của mặt cong đứng

Chọn hệ trục tọa độ Oxyz như hình 15. Tại vị trí bất kỳ, hệ người và xe chịu tác dụng của các lực gồm:



Hình 15

Lực kéo $\vec{F}$ làm hệ chuyển động theo chiều Oy; trọng lực $\vec{P}$ hướng xuống ngược chiều Oz; phản lực $\vec{N}$ do vách đẩy ra, hướng theo Ox (lực $\vec{N}$ cũng đúng bằng lực ly tâm ép sát vật vào vách); lực ma sát ngang $\vec{F}_{ms1}$ ngược chiều chuyển động, ngược chiều Ox (độ lớn F_{ms1} rất nhỏ, vì xe lăn, rất ít trượt); lực ma sát đứng $\vec{F}_{ms2}$ cùng chiều Oz; mô men ma sát M_{ms} ngược chiều quay ω . Áp dụng định luật II Newton, ta có:

$$\vec{P} + \vec{F}_{ms1} + \vec{F}_{ms2} + \vec{N} + \vec{F} = m\vec{a} \quad (20)$$

Chiếu biểu thức (20) lên các trục Ox, Oy, Oz, ta có:

$$N = ma_n \quad (21)$$

$$F - F_{ms1} = ma_t \quad (22)$$

$$F_{ms2} = P \quad (23)$$

Trong đó, a_n là gia tốc pháp tuyến (hay còn gọi là gia tốc hướng tâm), a_t là gia tốc tiếp tuyến. Biểu thức (23) chỉ cho ta trường hợp giới hạn dưới để hệ “người – xe” không bị rơi. Vậy, điều kiện an toàn là lực hướng lên lớn hơn hoặc bằng lực hướng xuống, tức là:

$$F_{ms2} \geq P \quad (24)$$

Mà lực ma sát trượt khi vật đang chuyển động thì bằng hệ số ma sát trượt k_t của mặt tiếp xúc nhân với phản lực pháp tuyến, nên:

$$F_{ms2} = k_t \cdot N \quad (25)$$

Từ biểu thức (21), (24) và (25), ta có:

$$k_t \cdot ma_n \geq P \Rightarrow k_t \cdot m \frac{v^2}{R} \geq m \cdot g$$

$$\Leftrightarrow v \geq \sqrt{\frac{Rg}{k_t}} \quad (26)$$

Vậy, vận tốc của hệ “người – xe” lớn hơn hoặc bằng giá trị $\sqrt{\frac{Rg}{k_t}}$ thì nó chuyển động được trên vách đứng.

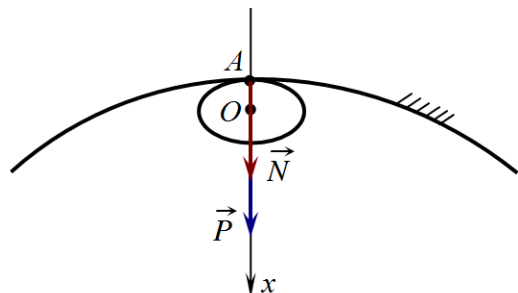
Ta thấy rằng, hệ lực $\vec{F}, \vec{P}, \vec{F}_{ms1}, \vec{F}_{ms2}, \vec{N}$ không đồng quy tại O nên trọng lực $\vec{P}$ có xu hướng kéo hệ “người – xe” xuống, làm cho hệ bị nghiêng. Tuy nhiên, nhờ có bảo toàn mô men động lượng, tức là bảo toàn phương của véc tơ vận tốc góc $\vec{\omega}$ nên trục quay được giữ thẳng đứng khi hệ chuyển động.

Vậy, hệ “người – xe” chạy được trên vách đứng là nhờ hệ có bảo toàn mô men động lượng và lúc ấy hệ phải có vận tốc đủ

lớn hơn giá trị $\sqrt{\frac{Rg}{k_t}}$ để tạo ra lực ly tâm đủ

lớn, từ đó tạo ra lực ma sát đủ lớn và thắng được trọng lượng của hệ, giữ cho hệ không bị rơi xuống.

6.3. Hệ người và xe chạy dưới bề lõm của mặt cong



Hình 16

Tại vị trí hệ “người – xe” lên đỉnh cao nhất của mặt cong thì nó chịu tác dụng của trọng lực $\vec{P}$ và phản lực $\vec{N}$ (lực $\vec{N}$ đúng bằng lực ly tâm ép sát hệ vào trần bề lõm), các lực này đều hướng xuống và cùng chiều Ox như hình 16 (hệ còn chịu tác dụng của các lực khác, nhưng không liên quan, ta không xét). Áp dụng định luật II Newton, ta có:

$$\vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}_n \quad (27)$$

Chiếu biểu thức (27) lên trục Ox ta có:

$$N = ma_n - P$$

Để hệ “người – xe” chạy được qua đỉnh bề lõm và không rơi xuống thì hệ còn có lực ép vào trần của đỉnh đó, tức là:

$$N \geq 0 \Rightarrow ma_n \geq P \Rightarrow m \frac{v^2}{R} \geq mg$$

$$\Leftrightarrow v \geq \sqrt{Rg} \quad (28)$$

Vậy, hệ “người – xe” có vận tốc lớn hơn hoặc bằng giá trị $\sqrt{Rg}$ thì hệ có lực ly tâm đủ lớn, ép sát hệ vào trần bề lõm của mặt cong và vượt qua được mặt cong đó.

*

Những phần giải thích là những bài toán thực tế, rất thiết thực, có thể dùng làm tài liệu cho giảng dạy ở môn vật lý và môn cơ học.

APPLICATION OF MECHANICAL KNOWLEDGE TO EXPLAIN INTERESTING PHENOMENA IN LIFE

Ngô Bảo

ABSTRACT

This article uses the knowledge of classical mechanics courses to explain rigorously quantitative and qualitative interesting phenomena in life. Applying the law of conservation of angular momentum or the principle of gyroscope to explain why I can ride a bike, why we can play circus motorcycles. Applicable law I, II Newton to explain why we can put the eggs upright on top chopstick, why do people have to tilt the road at the bend location. Apply the law of conservation of momentum and the law of II, III Newton to explain why airplanes can fly. Apply the law of universal gravitation and the laws of II, III Newton to explain why the tide may have occurred.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Sanh, *Cơ học tập 1, 2*, NXB Giáo dục Việt Nam, 2010.
- [2] Trường Đại học Thủ Dầu Một, *Tài liệu giảng dạy môn Cơ học lý thuyết*, 2014.
- [3] Bộ Giáo dục và Đào tạo, *Vật lý 10*, NXB Giáo dục Việt Nam, 2010.
- [4] Bộ Giáo dục và Đào tạo, *Vật lý 12*, NXB Giáo dục Việt Nam, 2010.
- [5] Nguyễn Văn Đạo, *Cơ học giải tích*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 2001.
- [6] Vũ Duy Cường, *Cơ học lý thuyết*, NXB Đại học Quốc gia TP. HCM, 1999.

• Ngày nhận bài: 15/01/2016; Chấp nhận đăng: 31/03/2016

