

**TÔI KHÔNG CÓ TÀI NĂNG ĐẶC BIỆT  
NÀO, TÔI CHỈ CÓ SỰ TÒ MÒ ĐẦY  
NHIỆT HUYẾT.**  
“I have no special talent. I am only  
passionately curious.”

Albert Einstein

### CÂU HỎI KỲ NÀY

Làm thế nào xác định được trọng tâm của một chiếc gậy mà không cần dùng bất cứ dụng cụ nào khác?

### ĐÁP ÁN CÂU HỎI KỲ TRƯỚC

Dùng cân xác định được khối lượng của viên bi bằng nhôm, đo thể tích của nó nhờ một bình có độ chia, ta dễ dàng xác định được khối lượng riêng của viên bi bằng nhôm. Nếu giá trị tính được nhỏ hơn  $2,7g/cm^3$  (khối lượng riêng của nhôm), thì ta gần như có thể chắc chắn rằng bên trong viên bi có hốc.

## TIN TỨC VẬT LÝ: Vật liệu 2D stanene

Sau khi vật liệu Graphene được chế tạo thành công năm 2004 mở ra kỉ nguyên chế tạo và ứng dụng các loại vật liệu 2D thực thụ, mới đây các nhà khoa học Trung Quốc đã đưa ra về mặt lý thuyết một loại vật liệu hai chiều mới có tên là Stanene.

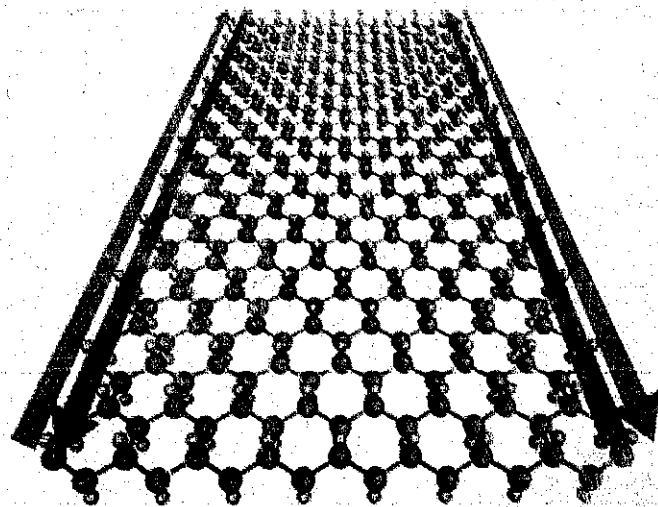
Graphene là một lớp carbon hai chiều, cấu tạo là một mạng hình lục giác (mạng tổ ong), với khoảng cách giữa các nguyên tử carbon là 0,142 nm. Mạng graphene có độ dày tương đương đường kính của nguyên tử.

Giống cấu trúc của graphene, stanene được cấu tạo từ một lớp nguyên tử. Nhưng thay vì carbon, stanene được hình thành từ thiếc. Đây là đặc điểm tạo nên sự khác biệt và giúp vật liệu này dẫn điện với hiệu suất 100%.

Giáo sư Shoucheng Zhang là người giới thiệu stanene lần đầu tiên vào năm 2013 về mặt lý thuyết. Theo mô hình của ông, stanene là một chất cách điện tô pô (Topological insulator),

nghĩa là nó có các cạnh hoặc bề mặt bên ngoài dẫn điện, còn bên trong là chất cách điện (giống một que kem phủ chocolate, trong đó chocolate là chất dẫn điện, kem là chất cách điện). Do đó, stanene có thể dẫn điện với điện trở bằng không ở nhiệt độ phòng.

Tính chất của stanene chưa được kiểm tra thực nghiệm, tuy nhiên các dự đoán lý thuyết khác của Zhang về các chất cách điện tô pô khác đã được chứng minh là đúng.



Cấu trúc phân tử của stanene

ISSN : 1859 - 1744

# VẬT LÝ & TUỔI TRẺ

HỘI VẬT LÝ VIỆT NAM

NĂM THỨ 13

**SỐ 143**

• TẠP CHÍ RA HÀNG THÁNG

THÁNG 7 - 2015

**NHỮNG NGHỊCH LÝ CỦA**  
*Tự Điện Phẳng*



**SÚNG CUỘN DÂY ĐIỆN TỬ**

# TRONG SỐ NÀY

Tổng biên tập :

PHẠM VĂN THIẾU

Thư ký Tòa soạn :

ĐOÀN NGỌC CÂN

BAN BIÊN TẬP :

Nguyễn Hoài Anh,

Đoàn Ngọc Cân,

Tô Bá Hạ,

Lê Như Hùng,

Bùi Thế Hưng,

Nguyễn Thế Khôi,

Hoàng Xuân Nguyên,

Nguyễn Xuân Quang, (Phó trưởng ban)

Đoàn Văn Ro,

Phạm Văn Thiếu (Trưởng ban),

Chu Đình Thúy,

Vũ Đình Túy.

TRỊ SỰ & PHÁT HÀNH

Lê Thị Phương Dung, Trịnh Tiến Bình,

Đào Thị Thu Hằng

Địa chỉ liên lạc và đặt mua báo

TOÀ SOẠN VẬT LÝ & TUỔI TRÉ

10 - Đào Tấn,

Thủ Lệ, Q. Ba Đình, Hà Nội

Tel : (04) 37 669 209

Email : tapchivatlytuoiitre@gmail.com

• Bạn có thể đặt mua báo ở Bưu điện

• Các tỉnh phía Nam có thể đặt mua tại Trung tâm Phát triển KHCN và DV (CENTEC),

Hội Vật lý TP. HCM, 12 Nam.Kỳ Khởi Nghĩa(lầu 5),

Phường Nguyễn Thái Bình, Q. 1, TP. HCM

ĐT : (08) 38292954

Email : Centec94@vnn.vn

**GIÁ : 15.000VND**

Giấy phép sản xuất số: 244/GP-BTTTT, ngày 9.2.2012 của Bộ Thông Tin Truyền Thông

In tại nhà in Khoa học và Công nghệ, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

In xong nộp lưu chiểu tháng 7 năm 2015

TÌM HIỂU SÂU THÈM VẬT LÝ SƠ CẤP .....Tr3

\* NHỮNG NGHỊCH LÝ CỦA TỤ ĐIỆN PHẪNG

ĐỀ RA KỲ NÀY.....Tr5

\* TRUNG HỌC CƠ SỞ, TRUNG HỌC PHỔ THÔNG,  
DÀNH CHO CÁC LỚP KHÔNG CHUYÊN VẬT LÝ,  
DÀNH CHO CÁC BẠN YÊU TOÁN

GIẢI ĐỀ KỲ TRƯỚC.....Tr6

\* TRUNG HỌC CƠ SỞ, TRUNG HỌC PHỔ THÔNG,  
DÀNH CHO CÁC LỚP KHÔNG CHUYÊN VẬT LÝ,  
DÀNH CHO CÁC BẠN YÊU TOÁN

GIỚI THIỆU CÁC ĐỀ THI .....Tr12

\* ĐỀ THI HSG THPT QUỐC GIA TRUNG QUỐC  
- VÒNG 1 NĂM 2003

GIỚI THIỆU NHÂN VẬT .....Tr13

\* MỘT GEKIGA TUYỆT VỜI VỀ RICHARD FEYNMAN  
(tiếp theo kì trước)

TIẾNG ANH VẬT LÝ.....Tr20

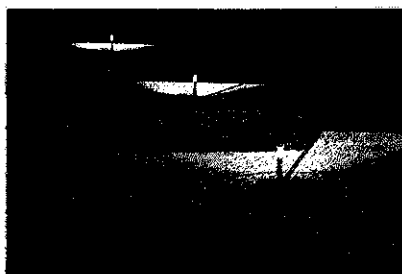
LÀM QUEN VỚI VẬT LÝ HIỆN ĐẠI .....Tr24

\* TÍNH TỰ NHIÊN TRONG VẬT LÝ HỌC

VẬT LÝ ĐỜI SỐNG .....Tr25 & bìa3

\* SÚNG CUỘN DÂY ĐIỆN TỬ

CLB VL&TT.....Bìa4



Ảnh bìa:

Nhà máy điện sử dụng năng lượng Mặt Trời lớn nhất thế giới tại sa mạc Ivanpah, bang California, Hoa Kỳ



TÌM HIỂU SÂU THÈM VẬT LÝ SƠ CẤP

## NHỮNG NGHỊCH LÝ CỦA TỤ ĐIỆN PHẪNG

Đọc qua đầu đề, bạn có thể thắc mắc: “Ồ đây thì có thể có nghịch lý gì cơ chứ, bởi vì đây là một hệ điện quá ư đơn giản”. Và thực tế còn có gì đơn giản hơn một tụ điện phẳng? Từ SGK vật lý phổ thông, chúng ta biết rằng tụ điện phẳng chẳng qua chỉ là một hệ gồm hai tấm (cũng được gọi là các bản tụ) dẫn điện đặt song song, cách nhau một khoảng nhỏ và ở giữa hai bản tụ là một lớp điện môi.

Nếu các bản tụ được nối với hai cực của một nguồn điện (một pin hay một acquy, chẳng hạn), thì một trong hai bản sẽ tích điện là  $+q$ , còn bản kia sẽ tích điện  $-q$ . Điện trường của tụ phẳng về căn bản tập trung trong không gian giữa các bản tụ. Điện trường này là đều, tức là vector cường độ điện trường  $\vec{E}$  là như nhau tại mọi điểm. Điện dung của tụ điện được

$$\text{tính theo công thức: } C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

Trong đó  $\Delta V$  là hiệu điện thế giữa hai bản tụ,  $S$  là diện tích của mỗi bản tụ,  $\epsilon$  là độ thấm điện môi của môi trường và  $\epsilon_0$  là hằng số điện.

Xem ra mọi chuyện đều quá rõ ràng. Thế nhưng nhiều bạn khi làm bài kiểm tra hay đi thi học sinh giỏi gặp các bài toán có liên quan đến tụ điện phẳng nhiều lúc lại cảm thấy lúng túng. Trong nhiều trường hợp, tưởng như mình đã dựa trên những kiến thức đã hiểu quá rõ, thế mà lại đi tới những kết quả mâu thuẫn nhau, tức là rơi vào tình huống nghịch lý. Tất nhiên, tất cả những nghịch lý đó đều dễ dàng hóa giải nếu chúng ta hiểu các định luật của tĩnh điện một cách sâu sắc và thực chất. Dưới đây chúng tôi sẽ đưa ra một số ví dụ cụ thể.

**Nghịch lý 1.** Ta xét một tụ phẳng đã nạp điện, với lớp điện môi là không khí. Hiệu điện thế giữa hai bản,

$$\text{theo công thức ở trên, bằng } \Delta V = \frac{q}{C} = \frac{qd}{\epsilon_0 S}$$

Lưu ý rằng  $\Delta V$  tỷ lệ với khoảng cách  $d$  giữa hai bản tụ. Điều này có nghĩa là khi dịch chuyển các bản của tụ đã nạp điện, chúng ta sẽ làm tăng hiệu điện thế giữa hai bản đó. Ví dụ, khi nạp điện cho tụ đến hiệu điện thế  $10V$ , rồi sau đó tăng khoảng cách  $d$  lên  $10^3, 10^4, \dots$  lần, chúng ta sẽ nhận được  $\Delta V$  lần lượt bằng  $10^4V, 10^5V, \dots$  Nếu quả thật như vậy thì đây quả là một phương pháp tạo ra các máy

gia tốc các hạt tích điện quá ư đơn giản và rẻ tiền! Liệu có đúng như vậy không?

Rõ ràng ở đây chúng ta đã gặp mâu thuẫn với lẽ phải thông thường, lẽ phải này mách bảo chúng ta rằng chỉ một bước nữa thôi là chúng ta sẽ vi phạm một trong những nguyên lý cơ bản của vật lý học, đó là định luật bảo toàn năng lượng.

Nhưng đâu sao thì những lập luận ở trên của chúng ta có đúng không? Tất nhiên nhiều bạn ngay lập tức nhận thấy rằng không thể như thế được, nhưng lại ít bạn có thể chỉ ra được nguyên nhân vật lý của nghịch lý đó. Mà thực tế, tất cả rất đơn giản. Công thức tính điện dung của tụ điện mà chúng ta đưa ra ở trên chỉ đúng đối với các khoảng cách  $d$  nhỏ, mà cụ thể là khi nó nhỏ hơn rất nhiều so với kích thước của các bản tụ. Với khoảng cách  $d$  lớn, điện trường trong tụ điện không còn là đều nữa và hiệu điện thế  $\Delta V$  khi đó không còn phụ thuộc vào khoảng cách  $d$  một cách tuyến tính nữa.

Thực ra, ở đây chúng ta đã đụng tới một vấn đề rất quan trọng – đó là giới hạn ứng dụng của các kết quả vật lý. Bất kỳ một mô hình vật lý nào cũng luôn luôn có một giới hạn ứng dụng cả. Ví dụ, không thể áp dụng mô hình khí lý tưởng cho khí thực ở các áp suất cao và nhiệt độ thấp được. Công thức điện dung của tụ điện sẽ không còn dùng được nữa, khi khoảng cách giữa hai bản tụ trở nên đủ lớn và điện trường giữa các bản đó không còn là đều nữa. Cũng vậy, không thể áp dụng một cách trực tiếp định luật Coulomb để tính lực tương tác điện giữa hai bản của tụ điện. Nhưng rất tiếc không hiếm các bạn trong trường hợp đó lại vẫn

$$\text{dùng công thức } F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}, \text{ trong khi biểu thức}$$

$$\text{đúng phải là } F = q \frac{E}{2} = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S} \text{ (đồng thời khi này lực}$$

không phụ thuộc khoảng cách  $d$ ).

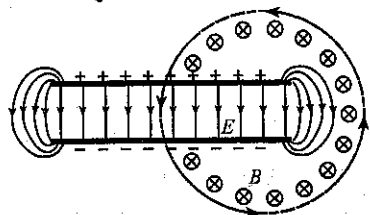
Và bây giờ bạn hãy thử tự giải bài tập sau:

**Bài tập 1.** Bạn hãy thử ước lượng xem hiệu điện thế giữa hai bản của tụ đã nạp điện sẽ tăng bao nhiêu lần nếu chúng ta dịch chuyển hai bản đó ra xa nhau tới một khoảng cách rất lớn. Biết rằng kích thước dài của mỗi bản  $a = \sqrt{S}$  và khoảng cách  $d$  ban đầu giữa hai bản tụ là đã biết.

SỐ 143 THÁNG 7 - 2015

Lưu ý rằng loại bài toán ước lượng, trong khi việc tính toán chính xác là rất khó, đóng một vai trò rất quan trọng trong vật lý. Chúng đòi hỏi ta phải biết chọn một mô hình vật lý đủ đơn giản mà lại cho phép ta đánh giá được cỡ của các đại lượng.

**Nghịch lý 2.** Xét một tụ điện phẳng đã nạp điện và đặt cô lập. Người ta khoan ở hai bản 2 lỗ nhỏ, đối diện nhau. Khi đó điện trường giữa hai bản tụ thực tế không thay đổi và vẫn còn là đều. Giả sử có một hạt tích điện bay qua một trong hai lỗ vào tụ điện với vận tốc ban đầu không lớn, sao cho điện trường trong tụ sẽ gia tốc nó (H. 1). (Muốn thế hạt bay qua lỗ vào tụ phải có điện tích cùng dấu với điện tích của bản chứa lỗ đó).



Hình 1.

Khi bay qua tụ điện, hạt sẽ bay qua lỗ thứ hai ra ngoài và có thêm một năng lượng phụ  $\Delta W = q\Delta V$ . Bây giờ giả sử rằng, nhờ một từ trường làm thay đổi phương chuyển động của hạt, sao cho hạt lại bay vào tụ điện qua lỗ thứ nhất (xem H. 1). Cần nhớ rằng lực Lorentz, do từ trường tác dụng lên hạt tích điện chuyển động, không thực hiện công, vì phương của lực này vuông góc với vectơ vận tốc của hạt.

Khi bay qua tụ điện một lần nữa, hạt lại có thêm năng lượng  $\Delta W$ , và trong chu trình tiếp theo lại có thêm năng lượng  $\Delta W$ , và cứ tiếp tục như vậy. Vậy là chúng tôi cùng với các bạn đã “phát minh” ra một máy gia tốc tuần hoàn mà không cần nguồn năng lượng. Và thêm một chút mơ mộng nữa là chúng ta đã thiết kế được cái gọi là động cơ vĩnh cửu làm việc mà không cần tiêu thụ năng lượng – một điều mà ai cũng biết là không thể.

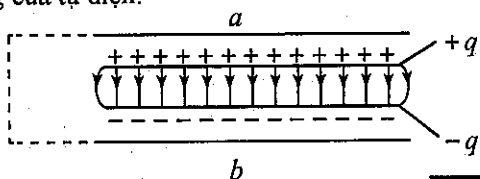
Sở dĩ chúng ta đi tới kết quả sai lầm đó là bởi vì chúng ta đã không chú ý tới một trong những tính chất cơ bản của trường tĩnh điện: đó là tính chất thế (nói nôm na là có thế năng) của trường này. Tính chất thế của trường tĩnh điện có nghĩa là nếu chúng ta làm dịch chuyển một vật tích điện từ điểm này sang điểm khác của không gian thì công của các lực điện không phụ thuộc vào dạng của đường đi mà chỉ được xác định bởi điểm đầu và điểm cuối của đường đi đó. Từ đây suy ra rằng nếu vật tích điện dịch chuyển theo một đường cong khép kín thì khi trở lại vị trí xuất phát công toàn phần mà các lực điện thực hiện bằng 0. (Cần nhớ rằng cả lực hấp dẫn cũng có tính chất đó). Và chính tính chất này đã cho phép chúng ta đưa vào

khái niệm điện thế và thế năng.

Trong trường hợp của chúng ta, khi hạt tích điện chuyển động trong tụ điện thì điện trường gia tốc nó, còn ở ngoài tụ điện thì lại hãm nó, do vậy khi hạt quay trở lại lỗ ở bản tụ thứ nhất thì năng lượng của nó sẽ nhận lại giá trị cũ ban đầu. Điều này có nghĩa là trong ví dụ ta vừa khảo sát, về nguyên tắc ta không thể bỏ qua điện trường ở bên ngoài tụ. Lẽ dĩ nhiên, điện trường này yếu hơn rất nhiều so với điện trường trong tụ điện, nhưng trong điện trường bên ngoài này, đường đi của hạt lại lớn hơn nhiều và kết quả là trong điện trường hãm bên ngoài tụ điện hạt đã mất một lượng năng lượng đúng bằng năng lượng mà nó thu thêm được khi chuyển động trong tụ điện.

**Nghịch lý 3.** Còn một ví dụ nữa chứng tỏ rằng việc bỏ qua điện trường bên ngoài tụ phẳng, về nguyên tắc, có thể dẫn đến những kết luận không đúng.

Trong SGK vật lý phổ thông, người ta nói rằng các vật, kể cả các vật dẫn, đặt bên ngoài tụ điện, thực tế không ảnh hưởng đến điện dung của nó. Thông thường thì đúng như vậy thật. Ví dụ, giả sử rằng, ở gần một bản của tụ phẳng ta đặt thêm một tấm kim loại chưa tích điện được ký hiệu là a trên H.2. Tấm này không làm thay đổi điện trường bên trong tụ điện và điện dung của tụ vẫn như trước. Bây giờ ta đưa đến gần tụ điện thêm một tấm kim loại nữa được ký hiệu là b trên H. 2 và đặt nó cạnh bản thứ hai của tụ điện. Và cả tấm này cũng không ảnh hưởng đến điện dung của tụ điện.



Hình 2.

Bây giờ ta nối hai tấm kim loại bên ngoài tụ điện bằng một dây dẫn. Tụ điện của chúng ta bây giờ dường như được đặt trong một hộp dẫn điện. Vậy điều gì sẽ diễn ra khi đó?

Nhiều bạn đã vội vàng nói ngay rằng cả trong trường hợp đó điện trường ở bên trong tụ vẫn không thay đổi (vì các tấm bên ngoài không tích điện) và, do đó, điện dung của tụ cũng không thay đổi. Tuy nhiên, sơ đồ vẽ trên H.2 với hai tấm bên ngoài nối với nhau bằng một dây dẫn sẽ tương đương với mạch gồm ba tụ điện (xem H.3). Nếu khoảng cách giữa hai tấm cạnh nhau là như nhau thì điện dung của bộ tụ phức tạp này là  $C = \frac{3}{2}C_0$ , với  $C_0$  là điện dung của tụ ban đầu.

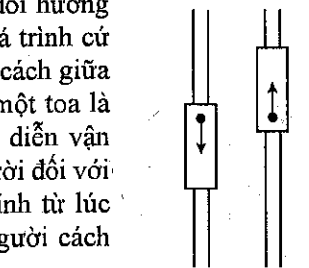
(Xem tiếp trang 21)



ĐỀ RA KỶ NÀY

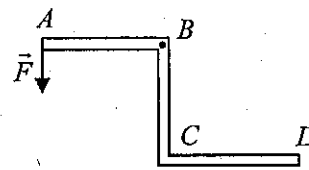
TRUNG HỌC CƠ SỞ

**CS1/143.** Hai đoàn tàu chạy ngược chiều nhau trên một đoạn đường thẳng với cùng vận tốc  $v = 10\text{m/s}$ . Lúc  $t = 0$  có hai nhân viên trên hai tàu đứng ngang nhau và đều ở điểm cuối của toa cuối cùng như hình vẽ. Ngay sau đó, họ bắt đầu đi về phía đầu đoàn tàu với vận tốc  $u = 2\text{m/s}$ , khi đến đầu toa thì lập tức đổi hướng đi về cuối toa với cùng vận tốc  $2\text{m/s}$ . Khi đến cuối toa, mỗi người lại đổi hướng và đi với vận tốc cũ. Quá trình cứ như vậy lặp lại. Khoảng cách giữa điểm đầu và điểm cuối một toa là  $l = 12\text{m}$ . Vẽ đồ thị biểu diễn vận tốc và tọa độ của mỗi người đối với mặt đất theo thời gian tính từ lúc  $t = 0$  cho đến khi hai người cách nhau  $384\text{m}$ .



Hình 1.

**CS2/143.** Một đòn bẩy gồm 3 thanh giống nhau, mỗi thanh đều có trọng lượng  $P$ , đồng chất, tiết diện đều, nối với nhau và tạo thành các góc vuông như Hình 1. Đòn bẩy có thể quay không ma sát quanh bản lề cố định ở B. Một lực  $F$  tác dụng lên A theo phương vuông góc với AB.



a) Hỏi cần tác dụng lên D một lực nhỏ nhất là bao nhiêu để đòn bẩy nằm cân bằng như Hình 1?

b) Giả thiết lực tác dụng lên A và D có độ lớn không đổi và phương luôn tạo với AB và CD các góc không đổi như câu trên, ta đẩy nhẹ để AB để lệch nó khỏi phương nằm ngang rồi buông ra. Hỏi sau đó đòn bẩy quay theo chiều nào?

**CS3/143.** Ở  $0^\circ\text{C}$  một vật rắn nổi trên mặt một chất lỏng với  $1/2$  thể tích bị ngập. Hỏi ở nhiệt độ  $t = 30^\circ\text{C}$  có bao nhiêu % thể tích chất rắn bị ngập. Cho biết khi nhiệt độ tăng thêm  $1^\circ\text{C}$  thì thể tích chất rắn tăng thêm  $0,0012\%$ , thể tích chất lỏng tăng thêm  $0,0025\%$ , thể tích tương ứng mà nó có ở  $0^\circ\text{C}$ .

**CS4/143.** Hao phí điện năng trên đường dây tải điện chiếm tỉ lệ  $k_1 = 6\%$  công suất ở nơi tiêu thụ. Cần thay đổi hiệu điện thế ở hai đầu trạm phát điện và điện trở ở nơi tiêu thụ như thế nào để công suất ở nơi tiêu thụ

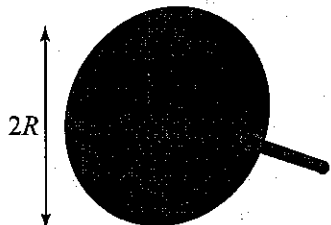
không đổi và công suất hao phí chiếm tỉ lệ  $k_2 = 2\%$  công suất ở nơi tiêu thụ?

**CS5/143.** Một điểm sáng S chuyển động dọc theo trục chính của một thấu kính hội tụ có tiêu cự  $f = 20\text{cm}$  với vận tốc  $v$  không đổi. Trong thời gian S chuyển động trên đoạn AB người ta thấy ảnh của S là thật và có vận tốc trung bình là  $v/2$ . Biết  $AB = 20\text{cm}$  và A nằm xa quang tâm thấu kính hơn B. Xác định khoảng cách từ A và từ B đến quang tâm O.

TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

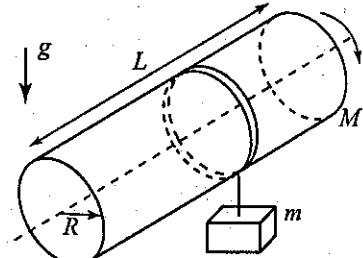
**TH1/143.** Trong phòng chứa đầy không khí có một bình lập phương rỗng thể tích  $100\text{ lít}$ , trên thành bình có mở một lỗ hồng nhỏ diện tích  $1\text{ cm}^2$  và đóng lại sau  $0,001\text{ s}$ . Tính lượng phân tử vào bình trong khoảng thời gian đó. Tính áp suất trong bình. Biết rằng thành bình không dẫn nhiệt, bỏ qua nhiệt dung của thành bình.

**TH2/143.** Người ta thổi một bong bóng xà phòng có khối lượng  $m = 0,01\text{ g}$  và hệ số căng bề mặt là  $\sigma = 0,01\text{ N/m}$  thông qua một ống ngắn. Bong bóng được nạp một điện tích  $Q = 5,4 \cdot 10^{-8}\text{ C}$ . Ống vẫn để hở.



- 1) Xác định bán kính bong bóng ở trạng thái cân bằng.
- 2) Xác định chu kỳ dao động nhỏ của bong bóng, nếu khi dao động nó giữ nguyên hình dạng cầu.
- 3) Đánh giá các hạt nước bay ra với vận tốc nào khi nạp ngay lập tức một lượng điện  $Q_1 = 10Q$ .

**TH3/143.** Một hình trụ dài làm bằng chất cách điện, có tường mỏng với bán kính  $R$ , chiều dài  $L > R$ , khối lượng  $M$ , tích điện đều trên mặt với mật độ  $\sigma$ . Hình trụ có thể quay tự do (không ma sát) quanh trục của mình dưới tác dụng của một quả nặng khối lượng  $m$  được treo trên dây dẫn nhẹ, quấn quanh hình trụ. Xác định gia tốc của quả nặng.



**TH4/143.** Một cái dĩa nhỏ có dạng nửa mặt cầu bán kính  $R$ . Vật có khối lượng  $m$  được kéo lên dĩa sao cho lực ngoài đặt lên vật luôn luôn hướng theo tiếp tuyến của bề mặt dĩa. Lượng nhiệt tỏa ra ít nhất là bao nhiêu nếu kéo vật di chuyển từ chân dĩa lên đỉnh dĩa? Hệ số ma sát bằng  $\mu$ .

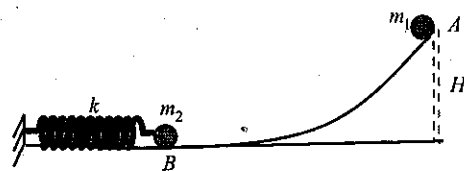
**TH5/143.** Một chú ếch đang ngồi yên thì một cái trống hình trụ có bán kính  $R$  lăn tới nó. Vận tốc của trục trống là  $v$ . Chú ếch phải nhảy với vận tốc bằng bao nhiêu để chỉ chạm nhẹ điểm cao nhất của trụ.

## DÀNH CHO CÁC LỚP KHÔNG CHUYÊN VẬT LÝ

**L1/143.** Một sợi dây nhẹ, không dẫn, khối lượng không đáng kể, chiều dài  $l$  một đầu cố định, đầu kia treo vật nhỏ khối lượng  $m$ . Kéo vật sao cho dây treo hợp với phương thẳng đứng góc  $\alpha$  nhọn rồi buông nhẹ, bỏ qua mọi ma sát.

- Nếu gia tốc của vật ở vị trí thấp nhất và cao nhất có độ lớn bằng nhau thì  $\alpha$  nhận giá trị là bao nhiêu?
- Tại vị trí dây treo lệch góc  $\beta$  ( $\beta < \alpha$ ) vận tốc dài có thành phần thẳng đứng  $v_y$  cực đại, tính góc  $\beta$ .
- Khi đến vị trí thấp nhất, vật va chạm đàn hồi xuyên tâm với vật thứ hai giống hệt nó, đang đứng yên ở đỉnh một bán cầu bán kính  $R$ . Ngay sau va chạm, vật thứ hai rời khỏi bán cầu. Tính bán kính  $R$ .

**L2/143.** Một hệ vật gồm hai vật nhỏ có khối lượng  $m_1 = m_2 = 250g$ . Ban đầu  $m_1$  được thả nhẹ từ điểm A trên một máng cong rất nhẵn,  $m_2$  đang đứng yên tại B và gắn với một lò xo nhẹ, có độ cứng  $k = 400N/m$  và có chiều dài tự nhiên của lò xo là  $l_0 = 40cm$  như hình vẽ. Biết A có độ cao  $H = 20cm$  so với điểm B. Coi va chạm của  $m_1$  với  $m_2$  là va chạm hoàn toàn đàn hồi xuyên tâm và biến dạng của lò xo trong giới hạn đàn hồi. Lấy  $g = 10m/s^2$ . Mô tả các quá trình chuyển động của hệ (có tính toán cụ thể kèm theo).



**L3/143.** Hai con lắc đơn S và O có thể dao động với cùng chu kì  $T = 1$  (s) trong mặt phẳng thẳng đứng, song song với nhau. S là một nguồn sáng điểm, đơn sắc. O là một thấu kính hội tụ nhỏ. Khi 2 vật ở trạng thái cân bằng, S nằm trên trục chính của O,  $SO = 20$  (cm);

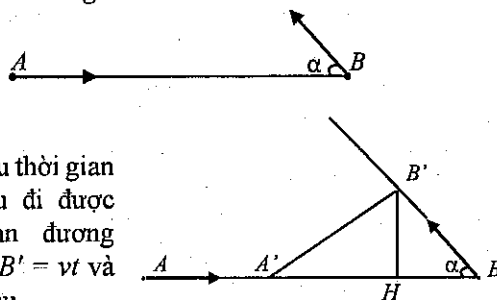
(Xem tiếp trang 16)



## GIẢI ĐỀ KỶ TRƯỚC

### TRUNG HỌC CƠ SỞ

**CS1/140.** Hai con tàu chuyển động thẳng đều trên mặt biển với tốc độ bằng nhau và bằng  $v$ . Lúc  $t = 0$  chúng cách nhau một khoảng bằng  $L$  và hai phương chuyển động tạo với nhau một góc  $\alpha$  như hình vẽ. Hỏi ở thời điểm nào hai tàu gần nhau nhất? Tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai tàu.



**Giải.** Sau thời gian  $t$  hai tàu đi được các đoạn đường  $AA' = BB' = vt$  và cách nhau

$$l = A'B' = \sqrt{(A'H)^2 + (B'H)^2}$$

Thay  $B'H = vtsin\alpha$ ;  $A'H = L - vt - vtcos\alpha$

vào biểu thức trên, ta có

$$l^2 = (L - vt - vtcos\alpha)^2 + (vt sin\alpha)^2$$

Có thể biến đổi:

$$l^2 = L^2 + 2(1 + cos\alpha)(vt - \frac{L}{2})^2 - (1 + cos\alpha)\frac{L^2}{2}$$

Ta nhận thấy  $l$  có giá trị nhỏ nhất khi

$$vt - \frac{L}{2} = 0 \Rightarrow t = \frac{L}{2v} \text{ và } l_{min} = L\sqrt{\frac{1 - cos\alpha}{2}} = L sin \frac{\alpha}{2}$$

**Các bạn có lời giải đúng:** Nguyễn Cảnh Giang 8B, THCS Lý Nhật Quang, Đô Lương, Nghệ An; Đỗ Thị Thanh Lam 9A3, THCS Phạm Huy Quang, Đông Hưng, Thái Bình.

**CS2/140.** Một bình hình trụ bán kính  $R$  chứa chất lỏng khối lượng riêng  $\rho$  đến độ cao  $h$ . Thả vào bình một hình trụ đặc, không thấm nước, bán kính  $r$  ( $r < R$ ), khối lượng riêng là  $\rho_C$  ( $\rho_C < \rho$ ), chiều cao là  $l$  ( $l < h$ ). Trên hình trụ này người ta đặt thêm các hình trụ khác giống hình trụ đầu tiên. Hỏi số hình trụ tối thiểu có thể đặt để hình trụ dưới cùng vừa chạm đáy bình. Biết chất lỏng không trào khỏi bình và trục của các hình trụ đều có phương thẳng đứng.

**Giải.** Gọi  $n$  là số tối thiểu hình trụ cần đặt,  $\Delta h$  là mức chất lỏng dâng cao thêm. Vì chất lỏng không nén được nên  $\pi r^2 h = \pi(R^2 - r^2)\Delta h$  (1)

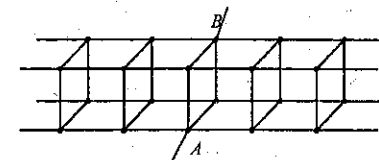
Lực đẩy Ácsimét bằng trọng lượng các hình trụ  $(h + \Delta h)\pi r^2 \rho \cdot 10 = \pi r^2 n \rho_C \cdot 10$  (2)

$$\text{Giải hệ ta có: } n = \frac{h\rho R^2}{l\rho_C(R^2 - r^2)}$$

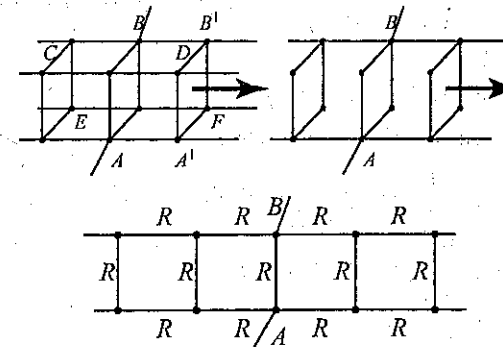
Nếu biểu thức bên phải là số nguyên thì đó là nghiệm cần tìm. Nếu biểu thức trên không phải là số nguyên thì  $n$  là nguyên của số này cộng thêm 1.

**Các bạn có lời giải đúng:** Nguyễn Văn Bình 8A, THCS Đặng Thai Mai, TP Vinh; Nguyễn Cảnh Giang 8B, THCS Lý Nhật Quang, Đô Lương, Nghệ An.

**CS3/140.** Tìm điện trở giữa hai điểm A và B trong mạch điện tuần hoàn vô hạn (về cả hai phía) như hình vẽ. Biết mỗi điện trở nối giữa hai nút đều bằng  $R$ .



**Giải:** Khi nối A và B với hai cực của một nguồn, do đối xứng, các điểm nút nằm trên đường thẳng chứa C, D và chứa E, F có vai trò tương đương nhau nên các điện trở nối giữa chúng không có dòng đi qua, ta có thể bỏ đi. Vì điện trở của mỗi ô (như ô nối giữa A và B) đều là  $R$  nên mạch điện có thể vẽ lại như hình sau đây:



Gọi điện trở của mỗi nửa mạch vô hạn (bên phải hoặc bên trái AB) là  $r$ . Nếu thêm vào hoặc bỏ bớt đi một mắt ở đầu mạch thì điện trở vẫn là  $r$ . Vậy:  $r = 2R + \frac{Rr}{R+r} \Rightarrow$

$$r^2 - 2Rr - 2R^2 = 0, r = R(1 + \sqrt{3});$$

Có thể coi giữa A và B có ba điện trở mắc song song:

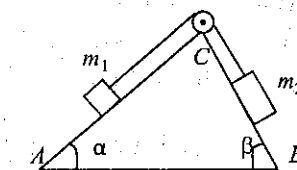
$$R, r, r \text{ nên: } \frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R} + \frac{2}{r} \Rightarrow R_{AB} = \frac{R}{\sqrt{3}}$$

**Các bạn có lời giải đúng:** Lê Cao Anh 9B, THCS Triệu Sơn, Thanh Hóa; Đỗ Thị Thanh Lam 9A3, THCS Phạm Huy Quang, Đông Hưng, Thái Bình; Trần Doãn Lưu Quang 7D, THCS Lý Nhật Quang, Đô Lương, Nghệ An.

**CS4/140.** Cho hệ các vật như hình vẽ. Bỏ qua khối lượng của dây và ròng rọc. Các góc  $\alpha$  và  $\beta$  đã biết.

a) Bỏ qua ma sát. Tìm tỉ số  $\frac{m_1}{m_2}$  để hệ vật nằm cân bằng.

b) Nếu giữa các vật và mặt nêm có ma sát thì tỉ số nói trên có đảm bảo cho hệ nằm cân bằng hay không? Lực căng dây thay đổi thế nào?



**Giải.** Gọi  $h$  là độ cao đỉnh C của nêm. Vì bỏ qua ma sát nên công của lực căng  $T$  kéo vật khối lượng  $m_1$  từ A đến C bằng công đưa vật này lên độ cao  $h$

$$A = T \cdot AC = 10m_1 h \Rightarrow T = 10m_1 \frac{h}{AC} = 10m_1 sin \alpha$$

$$\text{Tương tự: } T = 10m_2 \frac{h}{BC} = 10m_2 sin \beta$$

$$\text{Do đó: } 10m_1 sin \alpha = 10m_2 sin \beta \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{sin \beta}{sin \alpha}$$

Khi có ma sát hệ vẫn nằm cân bằng nhưng lực căng dây có thể tăng lên.

**CS5/140.** Trong mặt phẳng có 4 điểm xác định A, B, C, D. Biết các khoảng cách AB, BC, CD; góc  $\widehat{ABC} = \alpha$ ,  $\widehat{BCD} = \beta$ .

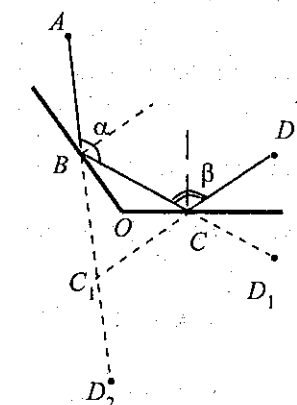
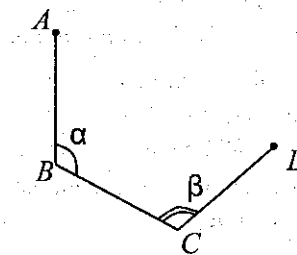
Nguồn sáng điểm đặt tại D. Mắt đặt tại A. Tại B và C đặt hai gương phẳng để mắt nhìn thấy nguồn sáng theo hướng AB.

a) Xác định mặt phẳng gương tại B và C và góc giữa hai gương này.

b) Xác định khoảng cách từ A tới ảnh của nguồn D qua hai gương.

**Giải a/** Phải đặt các gương vuông góc với đường phân giác của các góc  $\alpha$ ,  $\beta$ . Góc giữa hai gương là:

$$\widehat{BOC} = 180^\circ - (90^\circ - \frac{\alpha}{2}) - (90^\circ - \frac{\beta}{2}) = \frac{\alpha + \beta}{2}$$





b/ Ảnh của C qua gương 1 (đặt ở B) là  $C_1$  đối xứng với C qua gương này nên nằm trên đường kéo dài của AB. Ảnh của D qua gương 2 (đặt ở C) là  $D_1$  nằm trên BC kéo dài.  $BD_1$  là vật qua gương 1 cho ảnh là  $BD_2$  nằm trên AB kéo dài. Vậy ảnh cuối cùng của nguồn là  $D_2$  nằm trên AB kéo dài cách A một khoảng bằng  $(AB + BC + CD)$ .

## TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

**TH1/140.** Hai hạt (hạt màu xanh và hạt màu đỏ) có cùng khối lượng  $m$  được nối với nhau bởi một lò xo li tưởng có độ cứng  $k$  và chiều dài tự nhiên  $L$ . Hạt xanh mang điện tích dương  $q$ , hạt đỏ không tích điện. Trong miền  $x > 0$  có điện trường đều với cường độ  $E$  hướng ngược chiều trục  $x$ , còn trong miền  $x < 0$  không có điện trường. Ban đầu hệ chuyển động trong miền  $x < 0$  với vận tốc  $v$ , trục lò xo song song với trục  $x$  và lò xo không biến dạng. Sau một thời gian hệ lại chuyển động quay trở lại miền  $x < 0$  với vận tốc  $-v$ . Biết rằng hạt đỏ chưa vào được miền  $x > 0$  và chiều dài lò xo chỉ một lần đạt cực tiểu.

- Tìm thời gian mà hạt xanh nằm trong miền  $x > 0$ .
- Tìm mối liên hệ giữa các đại lượng  $m$ ,  $v$ ,  $q$  và  $E$ . Chiều dài  $L$  cần thỏa mãn điều kiện gì.

**Giải. a)** Độ biến thiên động lượng của hệ trong quá trình là  $4mv$ . Ngoại lực tác dụng lên hệ chỉ là lực điện trường tác dụng lên hạt xanh nên:  $qE\tau = 4mv$

Do đó thời gian mà hạt xanh nằm trong miền  $x > 0$  là:

$$\tau = \frac{4mv}{qE}$$

b) Khi hạt xanh bắt đầu vào vùng điện trường, hai hạt sẽ dao động điều hòa quanh khối tâm với tần số góc:  $\omega = \sqrt{k/2m}$  và biên độ  $A = qE/2k$ . Để hạt xanh quay ra khỏi vùng điện trường giữ nguyên độ lớn vận tốc mà chiều dài lò xo chỉ một lần đạt cực tiểu thì cần

$$\text{thỏa mãn điều kiện: } \omega\tau = 2\pi \text{ hay } \sqrt{\frac{2k}{m}} \frac{4mv}{qE} = 2\pi$$

Từ lúc hạt xanh vào điện trường đến khi chiều dài lò xo cực tiểu thì:

$$\text{Khối tâm G đi được: } S_G = \frac{mv^2}{qE}; \text{ hạt đỏ đi được một}$$

đoạn so với G là:  $S_{D/G} = 2A$

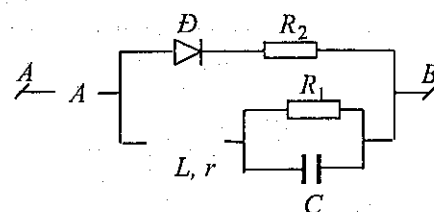
Do đó chiều dài tự nhiên của lò xo cần thỏa mãn điều kiện sau để hạt đỏ không vào được vùng có điện

$$\text{trường: } L > S_G + S_{D/G}. \text{ Suy ra: } L > \frac{mv^2}{qE} + \frac{qE}{2k}$$

**Các bạn có lời giải đúng:** Trần Thị Trang 11 Lý THPT Chuyên Lê Hồng Phong, Nam Định; Thái Nam An Lý K24 THPT Chuyên Thái Nguyên;

**TH2/140.** Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ: các điện trở có giá trị  $R_1 = 150\Omega$ ;  $R_2 = 200\Omega$ ; cuộn dây có độ tự cảm  $L = \frac{1}{\pi}H$ , điện trở  $r = 50\Omega$ ;  $D$  là

một diốt li tưởng; ampe kế có điện trở không đáng kể. Đặt vào hai đầu đoạn mạch một điện áp xoay chiều  $u_{AB} = 200\sqrt{2}\sin 100\pi t(V)$  thì cường độ dòng điện chạy qua tụ điện cùng pha với điện áp  $u_{AB}$ .



- Tìm giá trị điện dung  $C$  của tụ.

- Tìm số chỉ của ampe kế.

**Giải. 1.** + Vẽ giản đồ vectơ cho đoạn mạch AMB

$$+ \vec{U}_{AB} = \vec{U}_L + \vec{U}_r + \vec{U}_{R1}$$

Để  $i_C$  cùng pha với

$$u_{AB} \text{ thì } U_{ABx} = 0$$

$$\rightarrow U_L \sin \varphi = U_{R1} + U_r \cos \varphi$$

$$\rightarrow Z_L I_L \sin \varphi = R_1 I_{R1} + r I_L \cos \varphi$$

$$\text{Với } \sin \varphi = \frac{I_C}{I_L}; \cos \varphi = \frac{I_{R1}}{I_L} \rightarrow Z_L I_C = (R_1 + r) I_{R1} \quad (1)$$

$$\text{Mà } \frac{I_{R1}}{I_C} = \frac{Z_C}{R_1} \quad (2). \text{ Từ (1) và (2)}$$

$$\rightarrow Z_C = \frac{R_1 Z_L}{R_1 + r} = 75\Omega \rightarrow C = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{3\pi} F$$

- Trong  $\frac{1}{2}$  chu kỳ đầu: diốt Đ mở

$$+ I_{R2} = \frac{U_{AB}}{R_2} = 1A$$

$$+ U_{AB} = U_{ABx} = U_L \cos \varphi + U_r \sin \varphi$$

$$= Z_L I_L \cos \varphi + r I_L \sin \varphi = Z_L I_{R1} + r \frac{R_1}{Z_C} I_{R1}$$

$$\rightarrow I_{R1} = \frac{U_{AB}}{Z_L + \frac{rR_1}{Z_C}} = 1A \rightarrow I_C = 2A \rightarrow I_L = \sqrt{5}A$$

+ Cường độ dòng điện hiệu dụng ở mạch chính

$$I_1 = \sqrt{I_L^2 + I_{R2}^2 + 2I_L I_{R2} \sin \phi} = \sqrt{10}A$$

- Trong  $\frac{1}{2}$  chu kỳ tiếp: diốt Đ đóng, không có dòng

điện chạy qua  $R_2$ .

+ Cường độ dòng điện hiệu dụng ở mạch chính

$$I_2 = I_L = \sqrt{5}A$$

- Vậy số chỉ của ampe kế:  $I_A = \sqrt{\frac{1}{2}I_1^2 + \frac{1}{2}I_2^2} \approx 2,7A$

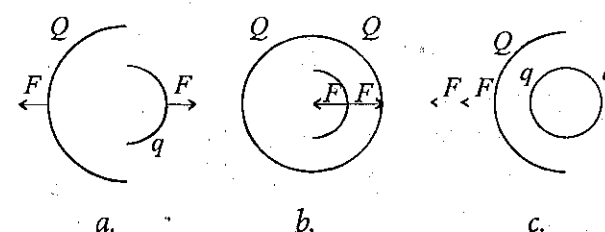
**Các bạn có lời giải đúng:** Ngô Văn Khoa 11A2 THPT Bắc Đông Quan Thái Bình; Nguyễn Tử Xuân Công 10 Lý Phạm Quang Long 11 Lý THPT Chuyên Lương Văn Tuy, Ninh Bình; Đỗ Thùy Trang, Nguyễn Văn Quân 11 Lý THPT Chuyên Lê Hồng Phong, Nam Định; Thái Nam An Lý K24 THPT Chuyên Thái Nguyên;

**TH3/140.** Tìm lực tương tác giữa 2 mặt bán cầu không dẫn điện bán kính  $R$  và  $r$  tích điện  $Q$  và  $q$  tương ứng, biết rằng điện tích phân bố đều trên mặt phẳng bán cầu. Tâm của các mặt phẳng thiết diện lớn nhất của các bán cầu trùng nhau.

**Giải.** - Gọi  $F$  là lực tương tác giữa hai bán cầu, hướng của  $\vec{F}$  như hình a.

- Giả sử thêm vào một bán cầu bán kính  $R$  tích điện  $Q$  như hình b. Vì điện trường bên trong quả cầu bán kính  $R$  bằng 0 nên lực tác dụng lên bán cầu nhỏ bằng 0 do đó lực tác dụng của hai nửa bán cầu lớn lên bán cầu nhỏ có độ lớn bằng nhau và ngược chiều như hình vẽ b.

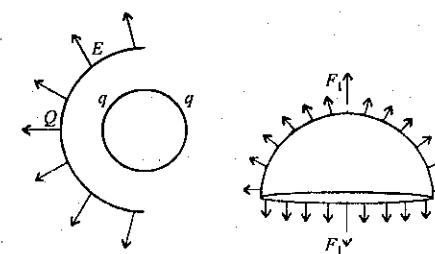
- Tương tự ta thêm vào một bán cầu nhỏ bán kính  $r$ , điện tích  $q$  như hình c. Theo lập luận trên ta suy ra lực tác dụng của quả cầu nhỏ lên bán cầu lớn bằng  $2F$ .



- Gọi  $F_1$  là lực tác dụng của quả cầu bán kính  $r$  lên bán cầu lớn.

- Cường độ điện trường do quả cầu nhỏ gây ra trên bề mặt bán cầu lớn:  $E = k \frac{2q}{R^2}$

SỐ 143 THÁNG 7 - 2015



$$\Rightarrow \text{áp suất tĩnh điện: } p = \sigma E. \text{ Với } \sigma = \frac{Q}{2\pi R^2}$$

$\Rightarrow$  lực do quả cầu nhỏ bán kính  $r$  tác dụng lên bán

$$\text{cầu lớn là: } F_1 = \pi R^2 p = k \frac{Qq}{R^2}$$

Vậy lực tương tác giữa hai bán cầu là:

$$F = \frac{F_1}{2} = k \frac{Qq}{2R^2} = \frac{Qq}{8\pi\epsilon_0 R^2}$$

**Các bạn có lời giải đúng:** Ngô Văn Khoa 11A2 THPT Bắc Đông Quan Thái Bình; Vũ Thị Nga, Trần Thị Trang 10 Lý, Đỗ Thùy Trang, Nguyễn Văn Quân 11 Lý THPT Chuyên Lê Hồng Phong, Nam Định; Trần Lê Huỳnh Đức 10 Lý THPT Chuyên Lê Quý Đôn, Bình Định; Thái Nam An Lý K24, Phạm Đức Tuấn, Nguyễn Trọng Nhật Lý K26, THPT Chuyên Thái Nguyên; Đỗ Văn Dương Lý 2 K38, ĐH Cần Thơ, Cần Thơ; Tạ Bá Dũng, Trần Đức Lương 10A1 Lý, trường THPT chuyên, ĐHQG Hà Nội;

**TH4/140.** Một vật ở trên một tấm băng nằm ngang có chiều dài  $L$ . Tại thời điểm  $t = 0$ , người ta làm cho băng chuyển động theo chiều dọc theo qui luật được

biểu diễn như trên đồ thị (trục  $x$  hướng theo chiều dọc của băng). Hãy chỉ ra trên băng miền các vị trí ban đầu của vật mà từ đó nó không bị trượt do chuyển động của băng. Coi các điều kiện sau đây được thỏa mãn:  $V_0\tau = L/4$  và  $\tau = V_0/\mu g$ , trong đó  $m$  là hệ số ma sát giữa vật và băng.

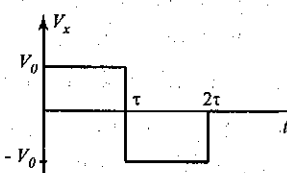
**Giải.** Giả sử ban đầu vật cách mép băng một đoạn  $b$ .

\* Xét  $0 \leq t \leq \tau$ : Trong hệ quy chiếu gắn với băng, vận tốc ban đầu của vật bằng  $-v_0$ , khi vận tốc của vật

bằng 0 thì  $t = v_0/\mu g$ , khi đó tọa độ của vật:  $x' = b - \frac{L}{8}$

Để vật không bị trượt khỏi băng thì:  $b \geq L/8$

\* Xét  $\tau \leq t \leq 2\tau$ : Trong hệ quy chiếu gắn với băng, vận tốc của vật ở thời điểm  $t = \tau$  bằng  $2v_0$ ; gia tốc của vật  $a = -\mu g$ , vận tốc và tọa độ của vật ở thời điểm  $t = 2\tau$  là:



$$v' = 2v_0 - \mu g(2\tau - \tau) = v_0$$

$$x' = b - \frac{L}{8} + 2v_0(2\tau - \tau) - \frac{\mu g}{2}(2\tau - \tau)^2 = b + \frac{L}{4}$$

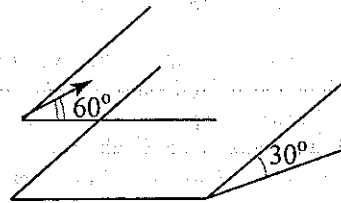
Điều kiện để vật không bị trượt là:

$$b + \frac{L}{4} \leq L \Rightarrow b \leq \frac{3L}{4}$$

Vậy vị trí ban đầu của vật mà từ đó nó không bị trượt do chuyển động của băng là:  $L/8 \leq b \leq 3L/4$

Các bạn có lời giải đúng: Lưu Hoàng Anh 10 Lý THPT Chuyên Trần Phú, Hải Phòng; Trần Thị Trang 101.ý, Đỗ Thủy Trang THPT Chuyên Lê Hồng Phong, Nam Định;

TH5/140. Một nghiêng của nêm lập với mặt phẳng ngang một góc 30°. Người ta ném một quả bóng song song với mặt nghiêng của nêm, theo phương lập với cạnh của nêm một góc 60°. Tại thời điểm đập vào mặt phẳng nghiêng của nêm, quả bóng có vận tốc  $V$ , hướng nằm ngang. Xác định thời gian bay của quả bóng.



Giải. Chọn hệ trục tọa độ xyz: trục Ox trùng với cạnh ngang, trục Oy dọc theo mặt nghiêng của nêm và trục Oz hướng thẳng đứng lên trên.

Ta có các thành phần vận tốc của bóng ở thời điểm  $t$  trên các trục tọa độ là:  $v_x = v \cos 60^\circ$ ;

$$v_y = v \sin 60^\circ - gt \sin 30^\circ; v_z = -gt \cos 30^\circ \quad (1)$$

Khi bóng đập vào mặt nghiêng nó có vận tốc nằm ngang nên:

$$\left| \frac{v_x}{v_y} \right| = \tan 30^\circ \Rightarrow v = \frac{4\sqrt{3}}{2} gt \quad (2)$$

Mặt khác, thời điểm đó ta có:  $v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 = v^2 \quad (3)$

Từ các phương trình trên ta tìm được:  $t = \sqrt{\frac{3}{13}} \frac{v}{g}$

Các bạn có lời giải đúng: Trần Lê Huỳnh Đức 10 Lý THPT Chuyên Lê Quý Đôn, Bình Định; Đỗ Thủy Trang 11 Lý THPT Chuyên Lê Hồng Phong, Nam Định; Nguyễn Từ Xuân Công 10 Lý THPT Chuyên Lương Văn Tuy, Ninh Bình; Thái Nam An Lý K24 THPT Chuyên Thái Nguyên; Nguyễn Thế Quỳnh 10 Lý THPT Chuyên Võ Nguyên Giáp, Quảng Bình; Ngô Văn Khoa 11A2 THPT Bắc Đông Quan Thái Bình; Tạ Bá Dũng, Trịnh Thị Phương Hà, Trần Đức Lương 10A1 Lý, trường THPT chuyên, ĐH KHTN, ĐHQG Hà Nội; Đỗ Văn Dương Lý 2 K38, ĐH Cần Thơ, Cần Thơ.

## DÀNH CHO CÁC BẠN KHÔNG CHUYÊN VẬT LÝ

L1/140. Hệ dao động gồm thanh đồng chất, tiết diện đều AB có chiều dài  $l$ , khối lượng  $m$  có thể quay tự do quanh trục nằm ngang đi qua A và một đĩa đồng chất có khối lượng  $M$  và bán kính  $R$  được gắn vào thanh bằng bản lề nằm ngang tại B. Trục quay của đĩa song song với trục quay của thanh. Bỏ qua mọi ma sát. Tìm chu kỳ dao động nhỏ của hệ.

Giải. Do không có ma sát nên đĩa tròn không quay quanh trục của nó. Đĩa tròn dao động như một chất điểm khối lượng  $M$  gắn ở B.

Mômen quán tính của hệ đối với trục quay qua A là:

$$I = \frac{1}{12} ml^2 + Ml^2$$

Phương trình động lực học cho chuyển động quay của hệ

$$-\left(mg \frac{l}{2} + Mgl\right) \sin \alpha = I \alpha''$$

Với góc nhỏ thì  $\sin \alpha \approx \alpha$ , ta có

$$\alpha'' + \frac{6m + 12M}{m + 12M} \frac{g}{l} \alpha = 0 \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m + 12M}{6m + 12M} \frac{l}{g}}$$

L2/140. Cho mạch điện như hình vẽ. Biết

$$E_1 = E_2 = 1,5V; r_1 = 0,2\Omega; r_2 = 0,5\Omega;$$

$$C_1 = 0,2\mu F; C_2 = 3\mu F; R = 0,5\Omega. \text{ Tính điện tích trên}$$

các tụ khi khóa K đóng và khóa K mở. Tính điện lượng chuyển qua điện kế G khi đóng K.

Giải. Trong cả 2 trạng thái của khóa K, không có dòng điện qua nửa trên của mạch.

$$\text{Ta có } E_1 + E_2 = I(r_1 + r_2 + R)$$

$$\text{Thay số ta được } I = 2,5A$$

Các hiệu điện thế 2 đầu mỗi nguồn là

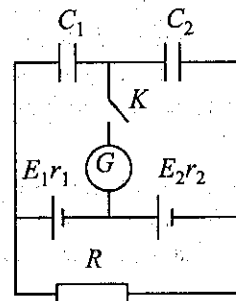
$$U_1 = E_1 - Ir_1 = 1(V) \text{ và } U_2 = E_2 - Ir_2 = 0,25(V)$$

$$K \text{ mở: } U_{C1} + U_{C2} = U_1 + U_2 \quad (1)$$

$$\text{và } Q_1 = Q_2 \Leftrightarrow U_{C1}C_1 = U_{C2}C_2 \quad (2)$$

$$\text{Giải hệ (1) và (2) ta được } U_{C2} = \frac{5}{64}(V); U_{C1} = \frac{75}{64}(V)$$

$$\Rightarrow Q_1 = Q_2 = \frac{15}{64} \cdot 10^{-6}(C)$$



$$K \text{ đóng: } U_{C1} = U_1 = 1(V) \Rightarrow Q_1' = 0,2 \cdot 10^{-6}(C)$$

$$U_{C2} = U_2 = 0,25(V) \Rightarrow Q_2' = 0,75 \cdot 10^{-6}(C)$$

Điện lượng chuyển qua điện kế khi đóng khóa:

$$\Delta Q = -Q_1' + Q_2' = 0,55 \cdot 10^{-6}(C)$$

Các bạn có lời giải đúng: Đỗ Văn Dương Lý 2 K38, ĐH Cần Thơ, Cần Thơ; Ngô Văn Khoa 11A2, THPT Bắc Đông Quan, Đông Hưng, Thái Bình.

L3/140. Một dây đồng đường kính 0,2 mm có phủ một lớp sơn cách điện mỏng được quấn thành các vòng sát nhau tạo thành một ống dây có đường kính 5 cm. Trong ống dây đang có dòng điện  $I$  chạy qua thì ngắt nguồn. Tính điện lượng chuyển qua ống dây kể từ thời điểm ngắt điện.

Giải. Sau khi ngắt dòng điện, suất điện động xuất

$$\text{hiện trong ống dây có độ lớn } \mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\text{Cường độ dòng điện qua ống dây } i = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Điện lượng chuyển qua ống dây

$$\Delta q = i \Delta t = \frac{\mathcal{E}}{R} \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{R} \Rightarrow q = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R}$$

Ở đây,  $\Phi_1 = LI$  là từ thông ban đầu qua ống dây,

$\Phi_2 = 0$  là từ thông qua ống dây tại thời điểm cuối.

$$\text{Như vậy } q = \frac{LI}{R} \quad (1)$$

Độ tự cảm của ống dây

$$L = 4\pi \cdot 10^{-7} n^2 V = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{d^2} \cdot \frac{\pi D^2}{4} l \quad (2)$$

với  $d$  là đường kính dây;  $D$  là đường kính ống dây,  $l$  là chiều dài ống dây.

$$\text{Điện trở của ống dây } R = \frac{\rho l_0}{S_0} = \rho \cdot \frac{\pi D \frac{l}{d}}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (3)$$

$$\text{Thay (2) và (3) vào (1) ta được } q = \frac{\pi^2}{4} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{Ddl}{\rho}$$

Thay số, chú ý rằng điện trở suất của đồng đã cho trong SGK  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}(\Omega/m)$ , ta được

$$q = 1,45 \cdot 10^{-4}(C)$$

Các bạn có lời giải đúng: Ngô Văn Khoa 11A2, THPT Bắc Đông Quan, Đông Hưng, Thái Bình.

SỐ 143 THÁNG 7 - 2015

## DÀNH CHO CÁC BẠN YÊU TOÁN

T1/140. Cho các số thực dương  $a, b, c$ . Chứng minh rằng  $\sqrt{abc}(\sqrt{a} + \sqrt{b} + \sqrt{c}) + (a+b+c)^2 \geq 4\sqrt{3abc(a+b+c)}$ .

Giải. Bất đẳng thức cần chứng minh tương đương với

$$\frac{\sqrt{a} + \sqrt{b} + \sqrt{c}}{\sqrt{a+b+c}} + \frac{(\sqrt{a+b+c})^3}{\sqrt{abc}} \geq 4\sqrt{3}$$

Áp dụng bất đẳng thức AM - GM, ta có

$\sqrt{a} + \sqrt{b} + \sqrt{c} \geq 3\sqrt[3]{abc}$ . Do đó, ta chỉ cần chứng minh

$$\frac{3\sqrt[3]{abc}}{\sqrt{a+b+c}} + \frac{(\sqrt{a+b+c})^3}{\sqrt{abc}} = \frac{3}{t} + t^3 \geq 4\sqrt{3}$$

trong đó  $t = \frac{\sqrt{a+b+c}}{\sqrt[3]{abc}} \geq \sqrt{3}$ . Áp dụng bất đẳng thức

AM - GM ta có

$$\frac{3}{t} + t^3 = \frac{3}{t} + \frac{t^3}{3} + \frac{t^3}{3} + \frac{t^3}{3} \geq \frac{4t^2}{\sqrt{3}} \geq 4\sqrt{3}. \text{ ĐPCM.}$$

Các bạn có lời giải đúng: Trương Nhật Huy, Hồ Khánh Linh, Nguyễn Huy Thịnh, lớp 10A, THPT Chuyên Quang Trung, Bình Phước; Hoàng Công Minh, lớp 10 Toán 1, THPT Chuyên Phan Ngọc Hiển, Cà Mau; Dương Đức Mạnh, lớp 11A1 THPT Quỳnh Lưu 1, Nghệ An.

T2/140. Cho  $m, n$  là hai số tự nhiên thỏa mãn  $2^m - 2^n$  chia hết cho 101. Chứng minh rằng  $m - n$  chia hết cho 100.

Giải. Gọi  $d$  là số nguyên dương nhỏ nhất sao cho  $2^d \equiv 1(\text{mod } 101)$ . Ta có  $100 = dq + r$  với  $q, r$  là các số nguyên và  $0 \leq r < d$ . Theo định lý Fecma nhỏ, ta có

$$1 \equiv 2^{100} \equiv (2^d)^q \cdot 2^r \equiv 2^r(\text{mod } 101)$$

do đó  $r = 0$ . Vậy  $d$  là ước của 100.

Giả sử  $d < 100$  thì  $d$  là ước của 50 hoặc 20, khi đó  $2^{50} \equiv 1(\text{mod } 101)$  hoặc  $2^{20} \equiv 1(\text{mod } 101)$

$$\text{Nhưng } 2^{50} \equiv -1(\text{mod } 101) \text{ và } 2^{20} \equiv -6(\text{mod } 101).$$

Do đó  $d = 100$ .

Giả sử  $2^a \equiv 1(\text{mod } 101)$ . Ta có  $a = 100q + r$ . Theo định lý Fecma nhỏ, ta có

$$1 \equiv 2^a \equiv (2^{100})^q \cdot 2^r \equiv 2^r(\text{mod } 101)$$

do đó  $r = 0$ . Do đó  $a$  chia hết cho 100.

Không mất tính tổng quát ta có thể giả sử  $m \geq n$ .

$$\text{Khi đó } 2^m - 2^n \equiv 0(\text{mod } 101)$$

$$\Leftrightarrow 2^n(2^{m-n} - 1) \equiv 0(\text{mod } 101) \Leftrightarrow 2^{m-n} \equiv 1(\text{mod } 101)$$

$$\Rightarrow m - n \equiv 0(\text{mod } 100). \text{ ĐPCM.}$$



GIỚI THIỆU CÁC ĐỀ THI

ĐỀ THI HSG THPT QUỐC GIA  
TRUNG QUỐC  
VÒNG I - NĂM 2003

Bài 1. Hai thấu kính mỏng  $L_1$  và  $L_2$  có tiêu cự tương ứng là  $f_1 = f$ , và  $f_2 = -f$  đặt đồng trục, cách nhau một khoảng  $f$ . Một vật nhỏ đặt vuông góc với trục chính của các thấu kính và cách  $L_1$  khoảng  $u_1 = 3f$ .

1. Xác định vị trí, tính chất ảnh cuối cùng tạo bởi hệ.
2. Đổi chỗ 2 thấu kính, đồng thời dịch chuyển hệ sao cho khoảng cách giữa 2 thấu kính và vị trí ảnh cuối cùng tạo bởi hệ không đổi. Tính độ dịch chuyển hệ thấu kính. Tính chất ảnh khi đó như thế nào?

T3/140. Cho tam giác ABC có  $AB + AC = 2BC$ . Gọi G, I lần lượt là trọng tâm và tâm đường tròn nội tiếp tam giác ABC, E, F lần lượt là trung điểm AB và AC. Chứng minh rằng GI là tiếp tuyến của đường tròn ngoại tiếp tam giác AEF.

Giải. Gọi D là giao điểm AI và BC, M là trung điểm BC và O là tâm đường tròn ngoại tiếp tam giác AEF.

$$\text{Ta có } \frac{BD}{2BE} = \frac{BD}{AB} = \frac{DI}{AI} = \frac{DC}{AC} = \frac{BC}{AB+AC} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow BD = BE.$$

Hoàn toàn tương tự ta có  $CD = CF$ . Do đó, BI, CI lần lượt là trung trực của DE và DF. Suy ra I là tâm đường tròn ngoại tiếp tam giác DEF. Ta có

$$\angle EIF = 2\angle EDF = 2(180^\circ - \angle BDE - \angle CDF)$$

$$= 180^\circ - 2\angle BDE + 180^\circ - 2\angle CDF$$

$$= \angle DBE + \angle DCF = 180^\circ - \angle EAF$$

Do đó I nằm trên đường tròn ngoại tiếp tam giác AEF (\*). Mặt khác, vì  $IE = IF$  nên IO là đường trung trực của EF. Vì  $\frac{DI}{AI} = \frac{MG}{AG} = \frac{1}{2}$  nên IG song song BC hay

IG song song EF. Do đó IO vuông góc với IG (\*\*). Từ (\*) và (\*\*) ta có GI là tiếp tuyến của đường tròn ngoại tiếp tam giác AEF.

Các bạn có lời giải đúng: Nguyễn Trọng Dương, lớp 10T1, THPT Đô Lương I, Nghệ An.

Bài 2. Trong ánh sáng của đèn hơi hydro có một vạch phổ có bước sóng  $4,86 \times 10^{-7} \text{m}$ . Vạch quang phổ đó tương ứng với sự chuyển mức của electron trong nguyên tử hydro từ mức năng lượng nào tới mức năng lượng nào? Biết rằng năng lượng ở trạng thái cơ bản của hydro ( $n=1$ ) là  $E_0 = -13,6 \text{ eV}$ , hằng số Planck là  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .

Bài 3. Khi thi công thực địa, muốn tăng nhiệt độ của một cấu kiện hợp kim nhôm có khối lượng  $m = 4,20 \text{ kg}$  ngoài việc giữ nhiệt độ trong bình còn phải có 1,200 kg nước nóng ở  $t = 90,0^\circ \text{C}$  làm nguồn nhiệt bổ sung. Hãy đề xuất một phương án có thể tận dụng số nước nóng này để làm cho cấu kiện tăng nhiệt độ từ  $t_0 = 10,0^\circ \text{C}$  lên tới  $66,0^\circ \text{C}$  trở lên (kể cả  $66^\circ \text{C}$ ). Dùng tính toán để kiểm chứng phương án được đề xuất. Biết rằng nhiệt dung riêng của hợp kim nhôm là  $c = 0,880 \times 10^3 \text{ J/(kg.K)}$ , nhiệt độ của nước là  $c_0 = 4,20 \times 10^3 \text{ J/(kg.K)}$ , bỏ qua hao hụt nhiệt ra môi trường xung quanh.

Bài 4. Từ điểm O trên trục z phát ra một chùm hạt mang điện có khối lượng m và điện lượng q ( $> 0$ ). Các hạt phát ra có vận tốc cùng độ lớn v và phương của chúng phân bố trong hình nón có đỉnh tại điểm O và trục đối xứng là Oz, góc ở đỉnh rất nhỏ, trục z là trục đối xứng. Hãy thiết kế một từ trường đều sao cho chùm hạt mang điện hội tụ tại một điểm M khác trên trục z, cách điểm O khoảng d (tức là chọn một hướng cần có của từ trường, tìm độ lớn và giá trị nhỏ nhất của cảm ứng từ). Không tính đến tương tác giữa các hạt mang điện và tác dụng của trọng lực.

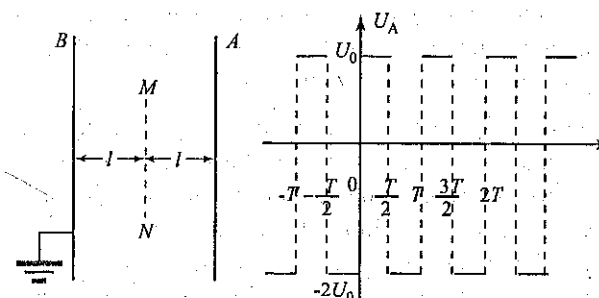
Bài 5. Một con lắc đơn lý tưởng có chiều dài l. Tại điểm O nằm trên đường thẳng đứng qua điểm treo C, phía dưới C và cách C khoảng x ( $x < l$ ) có một cái đinh đóng cố định. Khi con lắc dao động, dây của nó sẽ bị đinh cản trở. Khi l không đổi còn x có giá trị khác nhau thì sau khi dây bị cản, trạng thái chuyển động của quả cầu con lắc sẽ khác nhau. Kéo sợi dây cho vật lệch khỏi vị trí cân bằng (nhưng độ cao của quả cầu không vượt quá điểm O) rồi thả nhẹ cho vật dao động tự do. Người ta thấy sau khi dây bị đinh cản, quả cầu vừa vặn chạm đúng vào đinh. Tìm giá trị nhỏ nhất của x để hiện tượng trên có thể xảy ra.

Bài 6. Một vận động viên nhảy xa khối lượng M cầm trong tay một vật khối lượng m. Vận tốc của vận động viên tại thời điểm rời mặt đất là  $\vec{v}_0$  tạo với phương ngang góc  $\alpha$ . Để tăng tầm xa thêm một chút, khi còn ở trên không, vận động viên có thể ném vật trong tay theo phương nào đó với tốc độ tương đối so

với vận động viên là u. Sau khi ném, cả vật và vận động viên đều chuyển động trong mặt phẳng thẳng đứng. Tại thời điểm  $t_0$ , vật được ném ra theo phương tạo với chiều âm của trục x góc  $\theta$ .

1. Tìm khoảng thời gian từ khi vận động viên bắt đầu nhảy tới khi rơi xuống đất.
2. Tìm độ tăng tầm xa của vận động viên sau khi ném vật. Nếu  $v_0$  và u không đổi, vận động viên có thể nhảy xa nhất trong điều kiện nào? Tìm tầm xa cực đại đó.

Bài 7. A và B là 2 bản kim loại song song có diện tích rất lớn đặt trong chân không, nối chúng với một điện áp đổi chiều với chu kỳ T để giữa 2 bản xuất hiện điện trường đều có chiều thay đổi liên tục. Biết rằng điện thế của bản B bằng 0, qui luật biến thiên điện thế  $U_A$  của bản A được chỉ ra trên hình vẽ, trong đó giá trị cực đại của  $U_A$  là  $U_0$  cực tiểu là  $-2U_0$ . Trong khoảng không gian nhỏ MN song song cách đều 2 bản A, B cùng khoảng cách l liên tục sinh ra các hạt rất nhỏ mang điện âm khối lượng m, điện lượng q với thời gian và cơ hội được sinh ra như nhau. Sau khi được sinh ra, dưới tác dụng của lực điện trường các hạt này sẽ chuyển động từ trạng thái đứng yên.



Giả thiết mỗi khi chạm tới bản kim loại chúng sẽ ở lại gần phía trên bản mà không chuyển động nữa, điện lượng của chúng đồng thời bị triệt tiêu mà không ảnh hưởng tới điện áp của các bản A, B. Biết rằng toàn bộ các đại lượng nêu trên thỏa mãn đẳng thức

$$l^2 = \frac{3}{16} \frac{U_0 q}{2m} \left( \frac{T}{2} \right)^2$$

Nếu trong mỗi chu kỳ biến đổi điện áp, có 320 hạt được sinh ra thì trong thời khoảng ngắn từ  $t = 0$  tới  $t = T/2$  có bao nhiêu hạt có thể tới được bản A trong số các hạt được sinh ra (bỏ qua trọng lực, không tính đến tương tác giữa các vi hạt với nhau).

(Xem đáp án trang 17)



GIỚI THIỆU NHÂN VẬT

MỘT GEKIGA TUYỆT VỜI VỀ  
RICHARD FEYNMAN

(tiếp theo kì trước)

Freeman Dyson

Hai mươi năm sau, khi Feynman đã đau nặng vì căn bệnh ung thư, ông vẫn tham gia một ủy ban của NASA điều tra vụ tai nạn năm 1986 của tàu con thoi Challenger. Ông miễn cưỡng nhận nhiệm vụ này, vì biết rằng nó sẽ ngốn mất phần lớn thời gian và sức lực còn lại của ông. Nhưng ông vẫn nhận vì cảm thấy có trách nhiệm phải tìm cho ra những căn nguyên gốc rễ của tai nạn và sẽ nói công khai cho dân chúng biết những phát hiện của mình. Ông đi tới Washington và phát hiện ra rằng cái mà ông chờ đợi nằm ở ngay trung tâm của bi kịch: hệ thống thứ bậc quan liêu với hai nhóm người, nhóm kỹ thuật và nhóm quản lý, sống trong hai thế giới tách biệt nhau, không hề có liên lạc với nhau. Các kỹ sư thì sống trong thế giới của những thực tế kỹ thuật, còn những người quản lý thì sống trong thế giới của những giáo điều chính trị.

Feynman đã đề nghị các thành viên của cả hai nhóm nói cho ông biết những đánh giá của họ về mức độ rủi ro dẫn đến tai họa của mỗi chuyến bay của tàu vũ trụ con thoi. Các kỹ sư thì đánh giá rằng rủi ro ở đây cỡ một tai nạn trong khoảng 100 chuyến bay. Còn các nhà quản lý thì ước tính rằng con số này là 1 rủi ro gây tai nạn trong số 100 ngàn chuyến bay. Sự khác biệt tới 1000 lần này của hai đánh giá chưa từng bao



Richard Feynman đang giảng về điện động lực học lượng tử, 1983. (Lấy từ sách của Ottaviani - Myrick)

giờ được dung hòa hoặc đưa ra thảo luận một cách công khai. Nhưng những người quản lý lại chịu trách nhiệm điều hành và ra quyết định bay hay không bay dựa trên những đánh giá riêng của họ vào mức độ rủi ro. Nhưng những sự thật về kỹ thuật mà Feynman phát hiện ra đã chứng tỏ rằng những người quản lý đã sai và các kỹ sư đã đúng.

Feynman đã có hai cơ hội để giải thích cho công chúng rõ những nguyên nhân của tai nạn. Cơ hội thứ nhất có liên quan tới những thực tế về kỹ thuật. Một cuộc họp công khai của ủy ban đã được tổ chức, với sự tham dự của giới truyền thông. Feynman đã chuẩn bị trước một cốc nước đá và mang theo một cái vành đệm kín bằng cao su được lấy từ tên lửa đẩy dùng nhiên liệu rắn của tàu con thoi. Ông nhúng mẫu cao su này vào cốc nước đá một lúc rồi lấy ra và chỉ cho mọi người thấy vành đệm cao su đã trở nên cứng đơ. Nghĩa là chiếc vành đệm cao su này không còn có thể hoạt động như một vành đệm bịt kín khi để giữ cho khí nóng trong tên lửa thoát được ra ngoài. Vì tàu con thoi Challenger được phóng vào ngày 28 tháng giêng trong một thời tiết cực kỳ giá lạnh, nên cái thí nghiệm chứng minh nhỏ của Feynman đã chỉ ra sự trở nên cứng đơ của cái vành đệm bịt kín rất có thể là nguyên nhân gây ra tai họa của con tàu này.

Cơ hội thứ hai để giải thích cho công chúng có liên quan đến văn hóa của NASA. Feynman đã viết một báo cáo về tình hình văn hóa của cơ quan này như ông đã thấy, đó là sự phân chia cực kỳ nguy hiểm của cơ quan này thành hai văn hóa không có liên lạc giao lưu gì với nhau, đó là văn hóa của nhóm kỹ sư và văn hóa của nhóm quản lý. Những giáo điều chính trị của nhóm quản lý, những kẻ tuyên bố rằng sự rủi ro nhỏ hơn cả một ngàn lần so với những gì mà thực tế kỹ thuật đã chỉ ra, chính là nguyên nhân về văn hóa của tai họa. Những giáo điều chính trị đã xuất hiện từ lịch sử lâu dài của những phát biểu công khai của giới lãnh đạo chính trị cho rằng tàu con thoi là an toàn và đủ tin cậy. Feynman đã kết thúc bản báo cáo của mình với tuyên bố đã trở thành nổi tiếng: “Để cho một công nghệ thành công thì thực tế cần phải được ưu tiên hơn là những lời P.R, người ta không bao giờ có thể lừa dối được tự nhiên”.

Feynman đã chiến đấu quyết liệt để những phát biểu kết luận của ông được đưa vào báo cáo chính thức của ủy ban điều tra. Chủ tịch ủy ban, ông William Rogers, là một nhà chính trị chuyên nghiệp đã từng có kinh nghiệm thâm niên trong những chuyện có liên quan với chính phủ. Rogers muốn công chúng tin rằng tại nạn Challenger chỉ là một tai họa rất không

may mà thôi, chứ NASA thì hoàn toàn vô tội. Ông ta đã đấu tranh kịch liệt để loại bỏ phát biểu của Feynman ra khỏi báo cáo chính thức. Cuối cùng hai bên đã đạt được một thỏa thuận dung hòa. Phát biểu của Feynman không được đưa vào báo cáo chính thức nhưng được thêm vào cuối báo cáo như là một phụ lục với ghi chú nói rằng đây là phát biểu của cá nhân Feynman và không được sự nhất trí của ủy ban. Thật ra, sự nhân nhượng này lại mang đến cho Feynman một ưu thế. Như ông đã nhận xét vào thời đó, phụ lục này do đặt ở cuối nên đã thu hút được nhiều sự chú ý của công chúng hơn là nếu như nó là một phần của báo cáo chính thức.

Sự phơi bày một cách đầy kịch tính sự kém năng lực của NASA và những minh chứng của ông về cái vành đệm kín đã biến ông thành một người anh hùng của công chúng. Đây là sự kiện mở đầu cho sự đăng quang là siêu sao của ông. Trước hoạt động của ông trong ủy ban Challenger, ông chỉ nổi tiếng rộng rãi trong giới có học thức với tư cách là một nhà khoa học và một con người có nhiều cá tính đặc sắc. Nhưng sau đây, ông đã trở nên nổi tiếng trong một công chúng rộng rãi hơn rất nhiều với tư cách là một chiến sĩ thập tự chinh chiến đấu cho danh dự và tiếng nói của dân chúng trong chính phủ. Bất kỳ ai chiến đấu chống lại sự che giấu thiếu minh bạch và tham nhũng trong bất cứ bộ phận nào của chính phủ đều có thể nhìn về Feynman như một người thủ lĩnh.

Trong cánh cuối cùng của cuốn truyện tranh này, Feynman đi dạo trên một con đường mòn trong núi với một người bạn tên là Danny Hilis. Hilis chợt nói: “Mình rất buồn là cậu không còn sống được bao lâu nữa”. Feynman đáp: “Đúng thế, điều đó đôi khi cũng khiến mình rất phiền muộn. Nhưng không nhiều như cậu nghĩ đâu. Rồi cậu sẽ thấy, khi già như mình, cậu sẽ bắt đầu nhận ra rằng cậu đã nói biết bao điều hay ho mà cậu biết cho những người khác. Mà này, mình đánh cuộc với cậu là mình có thể chỉ cho cậu một cách về nhà tốt hơn đây.” Và thế là Hilis bị bỏ lại một mình trong núi. Với một sự nhạy cảm đặc biệt, những hình ảnh này đã bắt được cái căn cốt trong tính cách của Feynman. Và bằng cách nào đó không biết, bức tranh này đã trở nên sinh động và cất lên được cái giọng nói đích thực của Feynman.

Hai mươi năm trước, khi tôi thường đi trên các chuyến xe lửa ở ngoại ô Tokyo, tôi đã rất ngạc nhiên nhận thấy, một tỷ lệ lớn những người Nhật đi tàu hỏa về tháng đều đọc sách trên tàu và một tỷ phần rất lớn sách mà họ đọc lại là truyện tranh. Thể loại văn học truyện tranh nghiêm túc đã phát triển rất mạnh

ở Nhật Bản rất lâu trước khi nó xuất hiện ở Phương Tây. Cuốn sách của Ottaviani – Myrick là một ví dụ tốt nhất của thể loại này mà tôi đã được xem với lời thoại bằng tiếng Anh. Một số độc giả phương Tây thường dùng từ manga của tiếng Nhật để chỉ loại văn học truyện tranh nghiêm túc. Theo một trong số những người bạn Nhật của tôi cho biết thì cách dùng đó là sai. Thực ra từ manga ở Nhật dùng để chỉ các bộ truyện tranh tầm thường. Từ đúng để chỉ loại văn học truyện tranh nghiêm túc là gekiga, nghĩa là truyện tranh vẽ dưới dạng kịch. Và cuốn sách Feynman chính là một ví dụ tuyệt vời của gekiga cho độc giả Phương Tây.

Đầu đề cuốn sách của Krauss, Người lượng tử, đã được chọn rất hay. Đề tài trung tâm trong các công trình của Feynman với tư cách một nhà khoa học, đó là sự khám phá lối tư duy mới và cách làm mới với cơ học lượng tử. Cuốn sách đã thành công ở chỗ: không dùng tới các thuật ngữ toán học mà giải thích được Feynman đã tư duy và làm việc như thế nào. Sờ dĩ có thể làm được điều này vì Feynman đã hình dung ra thế giới bằng những hình ảnh chứ không phải bằng các phương trình. Các nhà vật lý khác trong quá khứ cũng như hiện nay, thường mô tả các định luật của tự nhiên bằng các phương trình rồi sau đó giải các phương trình ấy để tìm xem những điều gì xảy ra. Feynman thường bỏ qua các phương trình và viết ra ngay các nghiệm một cách trực tiếp, khi sử dụng các hình ảnh của ông như một sự dẫn dắt. Sự bỏ qua các phương trình là đóng góp lớn nhất của ông đối với khoa học. Bằng cách bỏ qua các phương trình ông đã tạo ra được một ngôn ngữ mà phần lớn các nhà vật lý hiện đại đang nói thứ ngôn ngữ đó. Thật tình cờ là thứ ngôn ngữ do Feynman tạo ra, những người bình thường, không được đào tạo về toán học, cũng có thể hiểu được. Tất nhiên muốn dùng ngôn ngữ này để tính toán một cách định lượng thì bắt buộc phải được đào tạo, nhưng những người không được đào tạo vẫn có thể dùng nó để mô tả một cách định tính sự vận hành của tự nhiên.

Bức tranh của Feynman về thế giới bắt đầu từ ý tưởng cho rằng thế giới có hai lớp (layer), lớp cổ điển và lớp lượng tử. Cổ điển có nghĩa là tất cả những thứ thông thường. Còn lượng tử có nghĩa là những thứ kỳ quặc. Chúng ta sống ở lớp cổ điển. Tất cả những thứ mà chúng ta có thể nhìn thấy, sờ thấy và đo lường được, như các viên gạch, con người và năng lượng, đều là cổ điển. Chúng ta thấy chúng nhờ các dụng cụ cổ điển như mắt, máy ảnh và chúng ta đo chúng nhờ các dụng cụ đo cổ điển như nhiệt kế, đồng hồ.

Những hình ảnh mà Feynman phát minh ra để mô tả thế giới cũng là những bức tranh cổ điển của các đối tượng chuyển động trong lớp cổ điển. Nhưng thế giới thực của các nguyên tử và các hạt sơ cấp lại không phải là cổ điển. Các nguyên tử và các hạt xuất hiện trong các bức tranh của Feynman như các đối tượng cổ điển nhưng chúng thực sự tuân theo các định luật hoàn toàn khác. Cụ thể là chúng tuân theo các định luật lượng tử mà Feynman bày cho chúng ta biết mô tả như thế nào bằng cách dùng các bức tranh của ông. Thế giới các nguyên tử thuộc lớp lượng tử mà chúng ta không thể trực tiếp sờ mó được.

Sự khác biệt đầu tiên và căn bản giữa lớp cổ điển và lớp lượng tử là lớp cổ điển có công việc chủ yếu với các sự kiện còn lớp lượng tử có công việc với các xác suất. Trong những tình huống mà các định luật cổ điển còn hiệu lực thì ta có thể tiên đoán tương lai bằng cách quan sát quá khứ. Còn trong những tình huống mà các định luật lượng tử có hiệu lực thì chúng ta có thể quan sát quá khứ, nhưng không thể tiên đoán được tương lai. Trong lớp lượng tử, các sự kiện là không thể tiên đoán được. Các bức tranh của Feynman chỉ cho phép chúng ta tính được các xác suất mà các tương lai thay thế nhau có thể xảy ra.

Lớp lượng tử liên hệ với lớp cổ điển theo hai cách. Thứ nhất, trạng thái của lớp lượng tử là cái được gọi là “tổng theo các lịch sử”, tức là sự tổ hợp của mọi lịch sử khả dĩ thuộc lớp cổ điển dẫn tới trạng thái đó. Mỗi lịch sử cổ điển khả dĩ được gán cho một biên độ lượng tử. Biên độ lượng tử, hay nói khác đi là hàm sóng, là một con số xác định sự đóng góp của lịch sử cổ điển tương ứng vào trạng thái lượng tử đang xét. Thứ hai, biên độ lượng tử nhận được từ bức tranh của lịch sử cổ điển tương ứng bằng cách tuân theo một tập hợp đơn giản các quy tắc. Các quy tắc này sẽ cho phép dịch các bức tranh trực tiếp thành con số. Phần khó khăn của tính toán là cộng cho đúng cái tổng theo các lịch sử này. Thành tựu vĩ đại của Feynman là đã chứng tỏ được quan điểm lấy tổng theo các lịch sử này về thế giới lượng tử đã tái tạo lại được tất cả các kết quả đã biết của lý thuyết lượng tử và cho phép mô tả một cách chính xác các quá trình lượng tử trong những tình huống mà các phiên bản trước kia của lý thuyết lượng tử đã thất bại.

Feynman là con người rất triết để trong chuyện thiếu tôn kính đối với các uy tín, nhưng ông lại khá bảo thủ trong khoa học của mình. Khi còn trẻ, ông đã hy vọng mình sẽ bắt đầu một cuộc cách mạng trong khoa học, nhưng tự nhiên lại nói không. Tự nhiên đã nói với ông rằng cánh rừng rậm của những ý tưởng khoa



học hiện có, với thể giới cổ điển và thể giới lượng tử được mô tả bởi những quy luật rất khác nhau, về cơ bản đã là đúng rồi. Feynman đã cố gắng phát hiện những định luật mới của tự nhiên, nhưng kết quả những nỗ lực của ông, xét cho cùng, chỉ làm củng cố, làm vững chắc thêm những định luật hiện có trong một cấu trúc mới mà thôi. Ông hy vọng sẽ tìm ra những điều trái ngược chứng tỏ những lý thuyết cũ là sai, nhưng tự nhiên vẫn ương ngạnh khẳng khái chứng tỏ rằng những lý thuyết ấy là đúng. Tuy nhiên, mặc dù ông có thể tỏ ra bất kính đối với những nhà khoa học già nổi tiếng, nhưng không bao giờ là bất kính đối với tự nhiên.

Vào những năm cuối đời, quan điểm bảo thủ của Feynman về khoa học lượng tử đã trở nên lỗi mốt. Các nhà lý thuyết thời thượng bác bỏ bức tranh nhị nguyên luận của ông về tự nhiên, với thể giới cổ điển và thể giới lượng tử tồn tại song song bên cạnh nhau. Họ tin rằng chỉ có thể giới lượng tử là thực, còn thể giới cổ điển phải được giải thích như là một loại ảo giác xuất hiện từ các quá trình lượng tử. Họ cũng không nhất trí với cách mà các định luật lượng tử cần được giải thích. Vấn đề cơ bản của họ là phải giải thích cho được là làm thế nào mà thể giới lượng tử của những xác suất lại có thể sinh ra những ảo giác có tính tất định cổ điển mà mỗi chúng ta đều trải nghiệm trong cuộc sống hàng ngày. Những giải thích khác nhau của họ về lý thuyết lượng tử đã dẫn đến những tư biện triết học cạnh tranh nhau về vai trò của người quan sát trong mô tả tự nhiên.

Feynman không có đủ kiên nhẫn lắng nghe những tư biện đó. Ông khẳng định tự nhiên nói với chúng ta rằng cả thể giới lượng tử lẫn thể giới cổ điển đều tồn tại và đều là thực cả. Chỉ có điều chúng ta còn chưa hiểu được một cách chính xác chúng đã lắp ghép với nhau như thế nào mà thôi. Theo Feynman con đường tìm hiểu tự nhiên không phải là đi tranh cãi về triết học mà là phải tiếp tục khám phá những sự thật về tự nhiên. Trong những năm gần đây, một thể hệ mới các nhà thực nghiệm tiến bước theo con đường của Feynman đã đạt được những thành công to lớn, khi họ đi vào những thể giới lượng tử mới – đó là thể giới của tính toán lượng tử và mật mã lượng tử.

Krauss đã cho chúng ta thấy bức chân dung của một nhà khoa học không ích kỷ một cách lạ thường. Sự coi nhẹ những vinh danh và các giải thưởng của ông là rất chân thành. Sau khi được bầu làm viện sĩ Viện Hàn lâm Khoa học quốc gia Hoa Kỳ, ông đã xin từ bỏ danh hiệu này vì các thành viên của Viện Hàn lâm đã mất quá nhiều thời gian để bàn cãi về chuyện ai

sẽ đáng được chọn vào Viện trong cuộc bầu cử tới. Ông cho rằng các viện sĩ chỉ lo chuyện vinh danh bản thân mình hơn là phục vụ công chúng. Ông căm ghét mọi thứ tôn ty thứ bậc, và ông không muốn có một sự phân cách do địa vị cao siêu của một viện sĩ được dựng lên giữa ông và những người bạn trẻ hơn. Ông coi khoa học là một sự nghiệp tập thể trong đó việc giáo dục những người trẻ cũng quan trọng không kém những phát minh của cá nhân. Những nỗ lực mà ông dành cho giảng dạy cũng nhiều không kém so với những nỗ lực ông dành cho tư duy khoa học.

Feynman không bao giờ tỏ ra bức bối mỗi khi tôi công bố một số các ý tưởng của ông trước khi ông kịp làm. Ông nói với tôi rằng ông tránh tranh cãi về quyền đăng trước trong khoa học bởi ông theo một quy tắc đơn giản: “Thôi thì xí cho những kẻ xấu xa đó cái danh tiếng mà chúng không xứng đáng.” Bản thân tôi cũng theo quy tắc đó. Tôi thấy điều đó rất hiệu quả đối với việc tránh cãi cọ và kết bạn. Sự chia sẻ một cách rộng lượng uy tín và danh tiếng là con đường nhanh nhất để xây dựng một cộng đồng khoa học lành mạnh. Xét cho cùng, đóng góp vĩ đại nhất của Feynman cho khoa học không phải là một phát minh cụ thể nào. Đóng góp của ông là đã tạo ra một cách tư duy mới tạo điều kiện cho một số đồng đạo sinh viên và đồng nghiệp, trong đó có tôi, làm ra những phát minh của riêng mình.

#### ĐỀ RA KỶ NÀY ... (Tiếp theo trang 6)

Khi đó, anh S. và S. được hướng dẫn làm M. song song với mặt phẳng dao động của 2 con lắc và trục Oz của trục quay S đứng yên cho O dao động với biên độ l cm (pha ban đầu của dao động của O tùy chọn). Viết phương trình dao động của S.

#### DANH CHO CÁC BẠN YÊU TOÁN

T1/143. Giải phương trình

$$\sqrt{x+1} + \sqrt{x-1} = 1 + \sqrt{x^2-1}$$

T2/143. Cho p là số nguyên tố lớn hơn 3, a, b là các số nguyên dương. Chứng minh rằng  $ab^2 - ba^2$  chia hết cho p.

T3/143. Gọi O là tâm đường tròn ngoại tiếp tam giác ABC. AO cắt đường tròn ngoại tiếp tam giác ABC tại D (D khác A). Từ D kẻ tiếp tuyến với đường tròn ngoại tiếp tam giác ABC, tiếp tuyến đó cắt BC tại E. PO cắt AB, AC lần lượt tại M và N. Chứng minh rằng OM = ON.

#### GIỚI THIỆU CÁC ... (tiếp theo trang 13)

#### ĐÁP ÁN VÀ GỢI Ý

Bài 1.

1. Ảnh thật, độ lớn bằng vật và cách  $L_2$  một khoảng f.
2. Ảnh thật, độ lớn bằng vật và cách  $L_2$  một khoảng 2f.

Bài 2. Ta có  $\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{E_0}{n_1^2} - \frac{E_0}{n_2^2}$

Thử các giá trị của  $n_1$  và  $n_2$  ta tìm được  $\Delta E = E_4 - E_2 = 4,09 \times 10^{-19} \text{ J}$

Nghĩa là vạch phổ này được phát ra khi electron chuyển từ mức năng lượng  $n = 4$  về mức năng lượng  $n = 2$ .

Bài 3.

1. Thao tác: Lấy một lượng nước nóng  $t = 90,0^\circ\text{C}$  ở trong phích đổ ra rồi lại trút vào một số lần. Lần thứ nhất đổ ra một ít đủ để tiếp xúc với toàn bộ cấu kiện ở nhiệt độ  $t_0 = 10,0^\circ\text{C}$ , khi đạt được sự cân bằng nhiệt thì nhiệt độ cấu kiện tăng lên tới  $t_1$ , đổ số nước nhiệt độ  $t_1$  đi, thay bằng nước nóng lấy từ trong phích đủ để tiếp xúc với toàn bộ cấu kiện ở nhiệt độ  $t_1$ , khi đạt được sự cân bằng nhiệt thì nhiệt độ cấu kiện tăng lên tới  $t_2$ , lại một lần nữa đổ đi số nước nhiệt độ  $t_2$  và thay bằng nước mới trong phích... Cứ sau mỗi lần thay nước, khi đạt được sự cân bằng nhiệt thì nhiệt độ cấu kiện lại tăng và cuối cùng nó đạt tới giá trị cần thiết.

2 - Tính toán kiểm chứng: Giả sử 1,200kg nước nóng được chia làm 5 phần, mỗi lần đổ ra 0,240kg, trong lần thứ nhất, quá trình tới khi đạt được cân bằng nhiệt giữa nước và cấu kiện, nước giải phóng lượng nhiệt là  $Q_1 = c_0 m_0 (t - t_1)$

Lượng nhiệt cấu kiện hấp thu là  $Q'_1 = cm(t_1 - t_0)$

Do  $Q'_1 = Q_1$ , thay các số liệu đề bài đã cho tính được

$t_1 = 27,1^\circ\text{C}$

Lần thứ 2 cũng đổ 0,240 nước nóng vào, tương tự có

$t_1 = 40,6^\circ\text{C}$

Các giá trị  $t_1$  tới  $t_5$  lần lượt được tính và kê ra trong bảng sau:

Số lần đổ nước / lần	1	2	3	4	5
Nhiệt độ khi cân bằng $^\circ\text{C}$	27,1	40,6	51,2	59,9	66,0

Có thể thấy  $t_5 = 66,0^\circ\text{C}$  phù hợp với yêu cầu.

Lưu ý thêm: Nếu 1,200 kg nước nóng được chia làm 4 phần, mỗi lần trút 0,300 kg, các giá trị  $t_1$  đến  $t_4$  được biểu thị trong bảng sau:

Số lần đổ nước / lần	1	2	3	4
Nhiệt độ khi cân bằng $^\circ\text{C}$	30,3	45,5	56,8	65,2

Vì  $t_4 = 65,2^\circ\text{C} < 66,0^\circ\text{C}$  nên nếu lấy các phần nước bằng nhau đổ lên cấu kiện thì số lần đổ không thể ít hơn 5 lần.

Bài 4. Giả thiết từ trường có cường độ đều hướng theo trục z. Hạt phát ra từ điểm O đi vào từ trường, có thể phân tích vận tốc tạo với trục z góc  $\theta$  thành 2 thành phần:  $v_z$  theo phương từ trường và  $v_1$  vuông góc với phương từ trường, chú ý là  $\theta$  rất nhỏ nên  $v_z = v \cos \theta \approx v$  (1)  $v_1 = v \sin \theta \approx v\theta$  (2)

Vì hạt có thành phần tốc độ vuông góc với phương từ trường, dưới tác dụng của lực từ Lorentz nó sẽ chuyển động tròn trong mặt phẳng vuông góc với Oz, gọi R

là bán kính đường tròn thì  $qBv_1 = m \frac{v_1^2}{R}$

Chu kỳ của chuyển động tròn  $T = \frac{2\pi R}{v_1}$

Do đó được  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  (3)

Hạt có thành phần tốc độ theo dọc hướng từ trường, thành phần này được coi là chuyển động thẳng đều. Do đồng thời tồn tại 2 loại chuyển động thành phần nên hạt được coi là chuyển động xoắn tròn ốc theo phương từ trường với bước ốc là  $h = v_z T = vT$  (4)

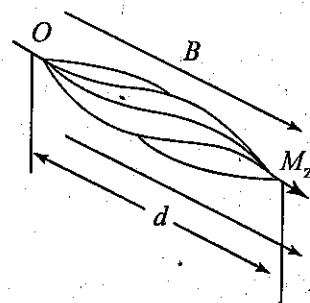
Vì các hạt có cùng vận tốc nên bước ốc cũng giống nhau; lại vì chúng đều xuất phát từ cùng một điểm nhất định nên qua một số nguyên lần bước ốc sẽ cùng hội tụ tại một điểm. Chỉ cần OM bằng l hoặc n (số nguyên) lần bước ốc, hạt xuất phát từ O sau l (hoặc một số) vòng quay sẽ hội tụ tại điểm M như trên hình vẽ.

Từ đó có  $d = nh$ , với  $n = 1, 2, 3, \dots$  (5)

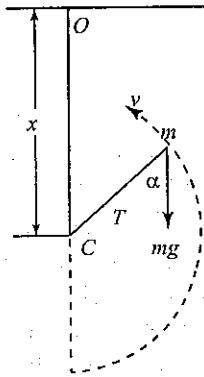
Giải các công thức (3), (4), (5) ta được:

$$B = \frac{2\pi m v n}{q d}, n = 1, 2, 3, \dots$$

Đó chính là giá trị của cường độ cảm ứng từ cần tìm, giá trị nhỏ nhất ứng với  $n = 1$  sẽ là  $B = \frac{2\pi m v}{q d}$



**Bài 5.** Sau khi dây của con lắc bị cắt, trong một thời gian ngắn ban đầu, quả cầu chuyển động tròn. Quả cầu có khối lượng  $m$ , thì trọng lượng là  $mg$ , và chịu tác dụng của lực căng  $T$ , giả sử trong thời gian ngắn đó, tốc độ tại thời điểm bất kỳ là  $v$  như trên hình vẽ. Gọi  $\alpha$  là góc tạo bởi phương của dây và trọng lực, ta có



$$\text{phương trình sau } T + mg \cos \alpha = \frac{mv^2}{l-x} \quad (1)$$

Trong quá trình chuyển động cơ năng bảo toàn, gọi  $\theta$  là góc tạo bởi phương thẳng đứng với dây con lắc ở vị trí ban đầu, lấy O là điểm có thế năng bằng 0 thì

$$-mgl \cos \theta = \frac{1}{2}mv^2 - mg[x - (l-x) \cos \alpha] \quad (2)$$

Nếu ngay sau khi bị cắt, quả cầu chạm đúng vào đỉnh thì tại vị trí nào đó dây con lắc sẽ chùng và khi đó sức căng  $T=0$ , sau đó dưới tác dụng của trọng lực, con lắc chuyển động ném xiên. Giả thiết tại đó tốc độ quả cầu  $v=v_0$ , góc giữa dây và đường thẳng đứng  $\alpha=\alpha_0$ , từ công thức (1)

$$\text{ta có } v_0^2 = g(l-x) \cos \alpha_0 \quad (3)$$

Thay vào công thức (2) tìm được

$$2l \cos \theta = 3(x-l) \cos \alpha_0 + 2x \quad (4)$$

Quả cầu chuyển động ném xiên chạm đúng vào điểm C thì hệ thức sau phải được thỏa mãn

$$(l-x) \sin \alpha_0 = v_0 t \cos \alpha_0 \quad (5)$$

$$\text{Khử } t \text{ trong (5) ta được } v_0^2 = \frac{g(l-x) \sin^2 \alpha_0}{2 \cos \alpha_0} \quad (6)$$

$$\text{Từ (3), (6) nhận được } \cos \alpha_0 = \frac{\sqrt{3}}{3}, \text{ thay vào (4)}$$

$$\text{tìm được } \theta = \arccos \left[ \frac{x(2+\sqrt{3})-l\sqrt{3}}{2l} \right]$$

$\theta$  càng lớn,  $\cos \theta$  càng nhỏ,  $x$  cũng càng nhỏ,  $\theta$  cực đại

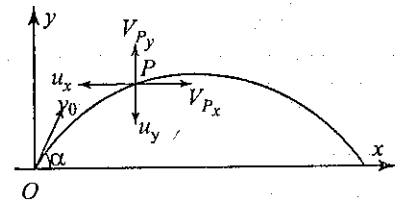
là  $\frac{\pi}{2}$ , từ đó tìm được giá trị cực tiểu của  $x$  thỏa mãn:

$$x(2+\sqrt{3}) = \sqrt{3}l \Rightarrow x = (2\sqrt{3}-3)l = 0,464l$$

**Bài 6. 1.** Lấy thời điểm bắt nhảy của vận động viên là  $t=0$ , giả sử tại điểm P trên hình vẽ người đó ném vật ra khỏi tay, đó là thời điểm  $t_0$ . Tọa độ của điểm P là  $(x_p, y_p)$ . Trước khi ném vật, tốc độ của vận động viên là  $v$ , các thành phần là  $v_{px}, v_{py}$  lần lượt là

$$v_{px} = v_0 \cos \alpha \quad (1) \quad v_{py} = v_0 \sin \alpha - gt_0 \quad (2)$$

$$x_p = v_0 t_0 \cos \alpha \quad (3) \quad y_p = v_0 t_0 \sin \alpha - \frac{1}{2}gt_0^2 \quad (4)$$



Giả sử ngay sau khi ném vật ra, tốc độ của vận động viên là  $V$ , các thành phần lần lượt là  $V_{px}, V_{py}$ , tốc độ tương đối của vận động viên so với vật là  $u$ , các thành phần lần lượt là  $u_x, u_y$ , hướng theo chiều âm của trục  $x$  và chiều âm của trục  $y$ . Theo định luật bảo toàn động lượng

$$MV_{px} + m(V_{px} - u_x) = (M+m)v_{px} \quad (5)$$

$$MV_{py} + m(V_{py} - u_y) = (M+m)v_{py} \quad (6)$$

Vì phương của  $u$  tạo với chiều âm trục  $x$  góc  $\theta$  cho nên

$$u_x = u \cos \theta \quad (7) \quad u_y = u \sin \theta \quad (8)$$

Giải các công thức (1), (2), (5), (6) và (7), (8) ta được

$$V_{px} = v_0 \cos \alpha + \frac{mu \cos \theta}{M+m} \quad (9)$$

$$V_{py} = v_0 \sin \alpha - gt_0 + \frac{mu \sin \theta}{M+m} \quad (10)$$

Sau khi ném vật ra, vận động viên từ điểm P chuyển động dọc theo đường parabol mới với tốc độ ban đầu là  $V_{px}, V_{py}$ , tại thời điểm  $t$  ( $t > t_0$ ) tốc độ và vị trí của vận động viên là

$$V_x = V_{px}; V_y = V_{py} - g(t-t_0) \quad (11) \quad (12)$$

$$x = x_p + V_{px}(t-t_0) = \left( v_0 \cos \alpha + \frac{mu \cos \theta}{M+m} \right) t - \frac{mu \cos \theta}{M+m} t_0 \quad (13)$$

$$y = y_p + V_{py}(t-t_0) - \frac{1}{2}g(t-t_0)^2 \quad (14)$$

Từ các công thức (3), (4), (9), (10), (13), (14) ta có

$$x = \left( v_0 \cos \alpha + \frac{mu \cos \theta}{M+m} \right) t - \frac{mu \cos \theta}{M+m} t_0 \quad (15)$$

$$y = 2 \left( v_0 \sin \alpha + \frac{mu \sin \theta}{M+m} \right) t - gt^2 - \frac{2mu \sin \theta}{M+m} t_0 \quad (16)$$

Khi vận động viên chạm đất thì  $y=0$  và công thức (16) có dạng

$$gt^2 - 2 \left( v_0 \sin \alpha + \frac{mu \sin \theta}{M+m} \right) t + \frac{2mu \sin \theta}{M+m} t_0 = 0 \quad (17)$$

Nghiệm của phương trình là

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha + \frac{mu \sin \theta}{M+m}}{g} \pm \sqrt{\left( v_0 \sin \alpha + \frac{mu \sin \theta}{M+m} \right)^2 - 2g \frac{mu \sin \theta}{M+m} t_0} \quad (18)$$

Trong 2 nghiệm của công thức (18) chỉ có nghiệm mang dấu "+" là phù hợp với đề bài vì từ công thức (12) và (10) có thể tìm được thời gian để vận động viên chuyển động từ điểm P tới điểm cao nhất là

$$\frac{v_0 \sin \alpha + \frac{mu \sin \theta}{M+m}}{g}, \text{ nhỏ hơn thời gian từ khi bắt}$$

đầu nhảy tới khi chạm đất, thời gian đó là

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha + \frac{mu \sin \theta}{M+m}}{g} + \sqrt{\left( v_0 \sin \alpha + \frac{mu \sin \theta}{M+m} \right)^2 - 2g \frac{mu \sin \theta}{M+m} t_0} \quad (19)$$

2. Từ công thức (15) có thể thấy rằng  $t$  càng lớn,  $t_0$  càng nhỏ, khoảng cách nhảy được càng xa. Công thức (19) cho thấy khi  $t_0=0$  thì  $t$  có giá trị cực đại, từ các công thức (3) và (4) có thể biết tọa độ vị trí của vật lúc ném ra là

$$x_p = 0, \quad y_p = 0 \quad (20)$$

Nghĩa là tại điểm ban đầu cũng là khi bắt đầu nhảy mà ném vật vận động viên có thể nhảy xa hơn một chút. Từ công thức (19) có thể tính được quãng thời gian từ khi vận động viên bắt đầu nhảy tới khi rơi xuống đất là

$$T = 2 \frac{v_0 \sin \alpha}{g} + 2 \frac{m}{M+m} \frac{u \sin \theta}{g}$$

Lấy  $t_0=0$  và  $t=T$  thay vào công thức (15) cự ly nhảy xa là

$$x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} + \frac{2mv_0 u}{(M+m)g} \sin(\theta + \alpha) + \frac{m^2 u^2}{(M+m)^2 g} \sin 2\theta \quad (21)$$

Có thể thấy nếu  $\sin 2\alpha = 1, \sin(\theta + \alpha) = 1, \sin 2\theta = 1$

tức là khi  $\alpha = \frac{\pi}{4}, \theta = \frac{\pi}{4}$  thì  $x$  có giá trị cực đại, nghĩa

là vận động viên nhảy lên theo phương tạo với trục  $x$  góc  $45^\circ$  và ngay sau khi nhảy ném vật ra theo phương  $45^\circ$  so với trục  $x$  thì sẽ nhảy được xa nhất, khoảng xa

$$\text{nhảy được là } x_m = \frac{v_0^2}{g} + \frac{2mv_0 u}{(M+m)g} + \frac{m^2 u^2}{(M+m)^2 g}$$

**Bài 7.** Khi điện áp là  $U_0$ , lực điện trường mà hạt nhận được là  $\frac{U_0 q}{2l}$  và gia tốc là  $a_0 = \frac{U_0 q}{2lm}$ , thay công thức

SỐ 143 THÁNG 7 - 2015

này vào đẳng thức đề bài đã cho ta có đẳng thức

$$l = \frac{3}{16} a_0 \left( \frac{T}{2} \right)^2 \quad (1)$$

Bây giờ ta phân tích xem trong khoảng từ 0 tới  $T/2$ , dưới tác dụng của lực điện trường, các hạt được sinh ra vào lúc nào thì có thể tới được bản A, sau đó tính số hạt này.

Các hạt được sinh ra tại  $t=0$  chuyển động tới bản A với gia tốc  $a_0$ , sau khoảng  $T/2$ , hạt chuyển động được quãng đường  $x$ , so với công thức (1) thì

$$x = \frac{1}{2} a_0 \left( \frac{T}{2} \right)^2 > l \quad (2)$$

Nghĩa là hạt được sinh ra tại  $t=0$  thì sau thời gian chưa bằng  $T/2$  đã tới bản A. Trong trường hợp  $U_A = U_0$ , giả sử các hạt vừa tới A được sinh ra tại  $t=t_1$  thì tất nhiên là trước tiên chúng được điện áp  $U_0$  tăng tốc trong khoảng thời gian  $\Delta t_1$ , sau đó bị điện áp  $-2U_0$  làm giảm tốc để khi tới A tốc độ vừa vận bằng 0. Dùng  $d_1$  và  $d_2$  để chỉ sự thay đổi vị trí trong 2 quãng thời gian này,  $v_1$  để chỉ tốc độ tại điểm cuối trong  $\Delta t_1$ , nó cũng là tốc độ ban đầu của thời khoảng sau, theo công thức về chuyển động biến đổi đều ta có

$$d_1 = \frac{1}{2} a_0 \Delta t_1^2 \quad (3) \quad 0 = v_1^2 + 2(-2a_0)d_2 \quad (4)$$

$$\text{Lại do } v_1 = a_0 \Delta t_1 \quad (5) \quad d_1 + d_2 = l \quad (6)$$

$$t_1 + \Delta t_1 = \frac{T}{2} \quad (7)$$

Dùng các công thức từ (3) đến (7) và công thức (1) giải được  $t_1 = \frac{T}{4}$

Điều đó cho thấy trong trường hợp  $U_A = U_0$ , các hạt được sinh ra trong thời khoảng từ  $t=0$  tới  $t=T/4$  (nói chuẩn xác là  $t < T/4$ ) đều có thể tới bản A

Để tìm hiệu chuyển động của các hạt được sinh ra trong thời khoảng  $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ , trước hết ta giả sử có

một hạt đứng yên ở gần bản A, dưới tác dụng của điện trường  $U_A = -2U_0$  sẽ chuyển động từ A tới B, nếu

$$\text{sau khoảng thời gian } \tau \text{ hạt tới B thì } 2l = \frac{1}{2}(2a_0)\tau^2$$

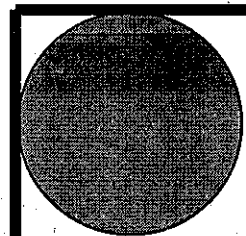
$$\text{Căn cứ công thức (1) tìm được } \tau = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{4} T$$

Từ đó thấy rằng tất cả các hạt đứng yên nằm trong khu vực từ MN tới A, nếu thời gian chịu tác dụng của điện trường  $U = -2U_0$  lớn hơn  $\tau$  thì đều tới được bản B



TIẾNG ANH VẬT LÝ  
ENGLISH FOR PHYSICS

**Problem.** A uniform metal plate has a length  $4R$ . The plate is bent in half at right angles and placed on a horizontal cylinder of radius  $R$  as shown. The top half of the plate is horizontal. The cylinder is fixed. What is the minimum coefficient of static friction  $\mu_s$  between the plate and the cylinder that allows the plate to remain at rest?



**Solution.** We start by representing the forces in the following diagram (assuming that the total mass of the metal plate is  $2m$ ):

In static equilibrium, we have:

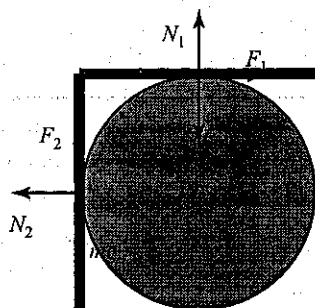
$$N_1 + F_2 = 2mg$$

$$F_1 = N_2$$

$$\text{since } \sum F = 0$$

$$\text{We can also observe that: } \begin{aligned} F_1 &\leq \mu N_1 \\ F_2 &\leq \mu N_2 \end{aligned}$$

And by using torques with reference to the point where the plate bends:



Các hạt xuất phát tại  $t = T/4$ , dưới tác dụng của điện trường  $U_A = U_0$  đều chuyển động nhanh dần tới bản A, thời gian gia tốc là  $T/4$ , tiếp đó dưới tác dụng của điện trường  $U = -2U_0$  sẽ chuyển động chậm dần, vì thời gian giảm tốc bằng 2 lần thời gian tăng tốc nên tốc độ của hạt sau khoảng  $T/8$  sẽ bằng 0, do đó thời gian hạt tiếp tục chuyển động tới B dưới tác dụng của điện trường  $U = -2U_0$  là

$$\tau_1 = \frac{1}{2}T - \frac{1}{8}T = \frac{3}{8}T = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{4}T$$

Vì  $\tau_1 > \tau$  nên hạt được sinh ra tại  $t = T/4$  cuối cùng sẽ tới bản B (nói chuẩn xác là  $t < T/4$ ) và không quay lại bản A nữa. Các hạt sinh ra trong khoảng  $t$  lớn hơn  $T/4$  nhưng nhỏ hơn  $T/2$  được điện trường  $U_A = U_0$  tăng tốc trong thời gian nhỏ hơn  $T/4$ , sau đó dưới tác dụng của

$$N_1 R = (mg + N_2) R, \text{ since } \sum \tau = 0$$

From the above equations, we get can get the following:

$$\begin{aligned} F_2 &\leq \mu F_1 \\ F_1 + F_2 &= mg \\ F_1 &\leq \frac{\mu mg}{1 - \mu} \end{aligned}$$

For the minimum coefficient of static friction, we must use the first equation and also the above inequalities in the form of equalities:

$$F_1 + F_2 = mg \quad F_2 = \mu F_1 \quad F_1 = \frac{\mu mg}{1 - \mu}$$

By substitution, we can conclude that the minimum value is:  $\mu = \sqrt{2} - 1 \approx 0.4$

TỪ MỚI:

*uniform metal plate:* tấm kim loại đồng chất

*bent in half:* uốn ở giữa

*at right angles:* thành góc vuông

*The top half of the plate:* nửa bên trên của tấm

*static friction:* ma sát nghỉ

*to remain at rest:* vẫn còn đứng yên

*assuming that the total mass:* giả sử khối lượng toàn phần (của tấm)

*torques with reference to:* mômen lực đối với

*also the above inequalities:* cả các bất đẳng thức ở bên trên

*in the form of equalities:* dưới dạng đẳng thức

điện trường  $U_A = -2U_0$ , tốc độ giảm tới 0 trong thời gian nhỏ hơn  $t = T/8$  và dưới tác dụng của điện trường  $U_A = -2U_0$ , thời gian để nó có thể dịch chuyển tới bản

$$B \text{ là } \tau' > \frac{1}{2}T - \frac{1}{8}T = \tau,$$

nhên tất cả chúng cuối cùng đều dừng lại trên B và không trở lại A nữa.

Từ các phân tích trên thấy rằng trong tất cả các hạt được sinh ra từ  $t = 0$  tới  $t = T/2$  chỉ những hạt được sinh ra trong khoảng từ  $t = 0$  tới  $t = T/4$  có thể tới bản A, vì cơ hội thời gian dành cho việc sinh ra các hạt mang điện là như nhau nên số lượng hạt tới bản A là

$$N = 320 \times \frac{1}{4} = 80$$

TÌM HIỂU SÂU ... (tiếp theo trang 4)

Như vậy, thực tế điện dung đã thay đổi, mà cụ thể là tăng 1,5 lần. Vậy ta phải giải thích điều này như thế nào?

Hóa ra nguyên nhân của toàn bộ chuyển này là ở điện trường bên ngoài tụ điện.

Dưới tác dụng của điện trường này đã diễn ra sự phân bố lại điện tích trên hai tấm bên ngoài, kết quả là tấm a trên cùng tích điện âm và tấm b ở dưới cùng tích điện dương. (Nhân tiện nói thêm rằng từ H.3 có thể suy ra nếu một trong hai tấm bên ngoài được nối với một bản của tụ điện đã cho bằng một dây dẫn thì điện dung sẽ bằng  $2C_0$ ).

**Nghịch lý 4.** Giả sử chúng ta có hai tụ điện giống nhau (thậm chí không nhất thiết là phẳng) có cùng điện dung  $C$ . Một trong hai tụ được nạp điện đến điện tích  $q_0$ , còn tụ kia chưa nạp điện. Năng lượng điện

được lưu trữ trong các tụ điện bằng  $W_1 = \frac{q_0^2}{2C} + 0$

Bây giờ mắc hai tụ song song với nhau. Khi đó tổng điện tích của các tụ vẫn còn như trước và bằng  $q_0$ , còn điện dung của bộ hai tụ là  $2C$ . Và năng lượng của bộ

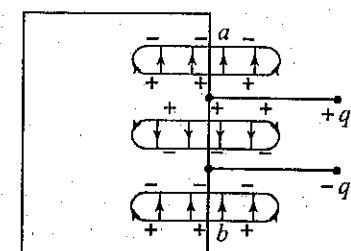
$$\text{tụ bây giờ bằng } W_2 = \frac{q_0^2}{2(2C)} = \frac{1}{2} W_1$$

Vậy một nửa năng lượng dự trữ trước đó đã biến mất đi đâu? (Lưu ý rằng khi mắc hai tụ với nhau không tồn một công bên ngoài nào).

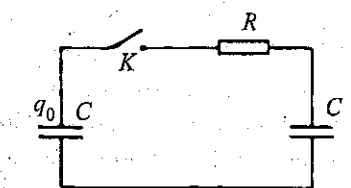
Để tìm hiểu nghịch lý này, ta hãy xét trường hợp khi hai tụ được mắc với nhau qua một điện trở  $R$  (H.4). Khi phân bố lại điện tích trên các tụ sẽ có dòng điện đi qua  $R$ , và do đó, trên đó có tỏa nhiệt Jun. Và ở đây dường như mọi chuyện đã trở nên rõ ràng. Nhưng liệu về mặt định lượng có phù hợp hay không? Muốn biết, chúng ta phải tiến hành tính toán.

Để tính lượng nhiệt tỏa ra, ta phải tìm sự phụ thuộc của dòng điện vào thời gian.

Ký hiệu điện tích của tụ bên phải trên H.4 tại thời điểm  $t$  nào đó sau khi đóng



Hình 3.



Hình 4.

khóa là  $q$ . Khi đó điện tích của tụ bên trái cũng ở thời điểm ấy bằng  $(q_0 - q)$ , còn dòng điện chạy qua điện trở  $R$  bằng

$$i = \frac{1}{R} \left( \frac{q_0 - q}{C} - \frac{q}{C} \right) = \frac{1}{RC} (q_0 - 2q)$$

Nếu chú ý rằng, theo định nghĩa, dòng điện bằng độ biến thiên của điện tích trong một đơn vị thời gian

(tức đạo hàm của điện tích theo thời gian):  $i = \frac{dq}{dt}$  thì

$$\text{ta nhận được phương trình sau } \frac{dq}{dt} + \frac{2}{RC} q = \frac{1}{RC} q_0$$

Sẽ là thuận tiện hơn nếu ta viết phương trình theo cường độ dòng điện chứ không phải theo điện tích. Muốn vậy, ta lấy vi phân hai vế phương trình trên theo thời gian và nhận được phương trình sau:

$$\frac{di}{dt} + \frac{2}{RC} i = 0 \text{ hay } \frac{di}{i} = -\frac{2}{RC} dt$$

Lấy tích phân hai vế phương trình thứ hai ở trên, với lưu ý rằng ở vế trái tích phân được lấy từ giá trị ban đầu  $i_0$  của dòng điện đến giá trị  $i(t)$  của nó ở thời điểm đang xét, còn ở vế phải tích phân được lấy từ 0 đến  $t$ , ta được  $\ln i(t) - \ln i_0 = -\frac{2}{RC} t$  hay  $i(t) = i_0 e^{-2t/(RC)}$

Giá trị  $i_0$  của dòng điện ở thời điểm ban đầu được xác định nhờ các lập luận vật lý sau: tại thời điểm ban đầu tụ điện bên trái đã được nạp điện đến hiệu điện thế  $q_0/C$ , còn tụ bên phải chưa nạp điện, bởi vậy độ giảm điện thế trên điện trở  $R$  cũng đúng bằng  $q_0/C$ . Từ đó suy ra  $i_0 = q_0/(CR)$ .

Đồ thị của hàm số  $i = i(t)$  được vẽ trên H. 5. Những hàm như thế này được gọi là hàm e-mũ và rất thường gặp khi giải các bài toán vật lý. Thời gian  $\tau$  mà sau đó cường độ dòng điện giảm đi e lần, được gọi là hằng số thời gian của hệ. Trong trường hợp của chúng ta  $\tau = CR/2$ . Điện trở  $R$  càng nhỏ dòng điện tắt dần càng nhanh.

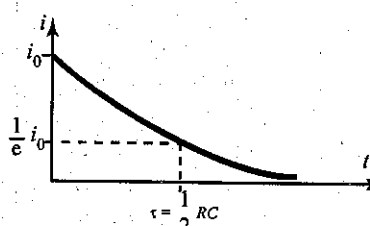
Bây giờ chúng ta còn phải tính nhiệt lượng tỏa ra trên  $R$

Đồ thị của hàm số  $i = i(t)$  được vẽ trên H. 5. Những hàm như thế này được gọi là hàm e-mũ và rất thường gặp khi giải các bài toán vật lý. Thời gian  $\tau$  mà sau đó cường độ dòng điện giảm đi e lần, được gọi là hằng số thời gian của hệ. Trong trường hợp của chúng ta  $\tau = CR/2$ . Điện trở  $R$  càng nhỏ dòng điện tắt dần càng nhanh.

Bây giờ chúng ta còn phải tính nhiệt lượng tỏa ra trên  $R$

$$Q = \int_0^{\infty} i^2 R dt = \frac{q_0^2}{C^2 R} \int_0^{\infty} e^{-4t/(RC)} dt = \frac{q_0^2}{4C} = \frac{1}{2} W_1$$

Như vậy, bất kể  $R$  là thế nào một nửa năng lượng ban đầu của hệ đã được chuyển thành nhiệt, còn nửa thứ hai được bảo toàn dưới dạng năng lượng điện của các



Hình 5.

tụ điện sau khi đã phân bố lại điện tích. Điều này có nghĩa là việc tính toán chặt chẽ ở trên của chúng ta đã hóa giải hoàn toàn nghịch lý ban đầu.

Bây giờ ta phải nói vài lời về trường hợp giới hạn  $R \rightarrow 0$ . Điều gì sẽ xảy ra khi ta mắc các tụ điện bằng các dây dẫn lý tưởng? Về mặt hình thức thì kết quả của chúng ta vẫn có hiệu lực vì nói chung kết quả đó không phụ thuộc vào  $R$ . Nhưng khi đó thì năng lượng "bị mất mát" đã tỏa ra ở đâu và dưới dạng nào?

Tất nhiên, trong trường hợp giới hạn này, không có sự tỏa nhiệt Jun, nhưng sự bức xạ sóng điện từ lại bắt đầu đóng vai trò quan trọng. Với dòng điện trong mạch biến đổi nhanh thì trong môi trường xung quanh sẽ xuất hiện điện từ trường biến thiên và một nửa năng lượng ban đầu đã bị trường điện từ này mang theo.

Cũng cần lưu ý rằng, trong trường hợp đó, phải tính đến hệ số tự cảm của dây dẫn, dù rằng nó không lớn. Khi đó mạch ban đầu của chúng ta giống với một mạch dao động với độ tắt dần rất nhỏ, nhưng không vô cùng nhỏ. Như vậy quá trình phân bố lại điện tích của các tụ có đặc tính dao động và sự bức xạ năng lượng điện từ ra môi trường xung quanh là không thể bỏ qua được.

Còn một nghịch lý nữa, rất giống với nghịch lý trên, và bạn hãy tự giải quyết lấy.

**Bài toán 2.** Có một tụ điện chưa tích điện có điện dung  $C$  và một nguồn điện có s.d.đ  $E$ . Mắc các bản của tụ với các cực của nguồn điện. Khi đó trên các bản tụ sẽ xuất hiện điện tích  $q = CE$ , và tụ có năng lượng là  $W = CE^2/2$ . Đồng thời nguồn thực hiện một công  $A = qE = CE^2$ . Ta thấy ngay  $W = A/2$ . Vậy một nửa công mà nguồn thực hiện đã biến đi đâu mất?

**Nghịch lý 5.** Một tụ điện phẳng có điện dung  $C$  với không gian giữa hai bản tụ là một chất lỏng điện môi với hằng số điện môi  $\epsilon$  và được tích điện đến hiệu điện thế  $U$ . Khi đó tụ có dự trữ một năng lượng bằng  $W_1 = \epsilon CU^2/2$ . Sau đó tụ được ngắt khỏi nguồn, đổ chất lỏng ra, và sau đó cho tụ phóng điện. Dễ dàng thấy rằng khi tụ phóng điện, năng lượng tỏa ra là  $W_2 = \epsilon^2 CU^2/2 = \epsilon W_1$  (vì điện tích của tụ  $q = \epsilon CU$  không đổi khi đổ chất lỏng ra, còn điện dung bây giờ lại bằng  $C$ ). Kết quả này có nghĩa là năng lượng mà tụ giải phóng khi phóng điện lại lớn hơn năng lượng mà tụ nhận được khi nạp điện. Ví dụ, với  $\epsilon = 2$ ,  $W_2 = 2W_1$ . Và thế là lại xuất hiện tình huống nghịch lý!

Mặc dù bài toán về sự phóng điện của tụ trong đó khối điện môi được bỏ đi theo các phương án khác nhau đã được biết rất rõ, nhưng nhiều bạn làm bài thi vẫn cảm thấy thật sự lúng túng khi phải giải

quyết nghịch lý này. Thực ra, cách giải thích ở đây rất đơn giản.

Khi đưa khối điện môi ra khỏi một tụ điện đã tích điện, ta đã phải thực hiện một công dương, vì khối điện môi bị hút vào trong vùng có điện trường mạnh hơn (ở giữa các bản tụ). Do công dương này của ngoại lực mà năng lượng của tụ điện tăng:

$$W_2 - W_1 = A_{ng,l}$$

Trong trường hợp của chúng ta, chất lỏng điện môi chảy ra khỏi tụ điện dưới tác dụng của trọng lực, bởi vậy năng lượng của tụ điện tăng một lượng đúng bằng công của trọng lực. Nếu tụ trong suốt thời gian đó vẫn mắc với nguồn, thì ta còn cần phải tính đến công của nguồn điện nữa:  $W_2 - W_1 = A_{ng,l} + A_{ng}$

Đây chính là biểu thức của định luật bảo toàn năng lượng đối với một tụ cô lập (và nói chung đối với một hệ tĩnh điện bất kỳ) khi có mặt các ngoại lực thực hiện công.

**Bài toán 3.** Bạn hãy thử tự tính công của ngoại lực ( $A_{ng,l}$ ) và công của nguồn điện ( $A_{ng}$ ) có s.d.đ  $E$  khi cho chất lỏng điện môi có hằng số điện môi  $\epsilon$  chảy ra khỏi tụ mắc với một nguồn điện. Cho điện dung của tụ khi không gian giữa hai bản tụ là không khí bằng  $C$ .

Nếu trong hệ còn có điện trở thuần thì còn phải tính đến nhiệt tỏa ra trên điện trở đó. Trong trường hợp tổng quát đó, định luật bảo toàn năng lượng sẽ được viết dưới dạng:  $A_{ng} - Q = \Delta W - A_{ng,l}$

Tức là công do ngoại lực thực hiện trừ đi nhiệt tỏa ra dùng để làm tăng điện năng của hệ và chống lại công ngoại lực.

Và cuối cùng là một số bài tập nữa để các bạn tự giải.

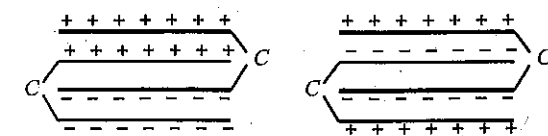
## BÀI TẬP

4. Trong một tụ điện phẳng, mỗi bản tụ có diện tích  $S$  và khoảng cách giữa hai bản là  $d$ , người ta có đặt một tấm kim loại dày  $l$ , song song với các bản tụ. Tụ điện được mắc với một nguồn điện có s.d.đ là  $E$ . Hãy xác định công cần phải thực hiện để kéo tấm kim loại này ra khỏi tụ điện. Xét hai trường hợp:

a) trước khi kéo tấm kim loại này ra, tụ điện được ngắt khỏi nguồn;

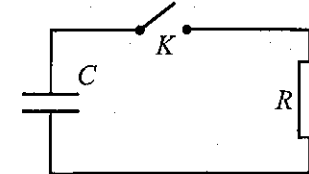
b) trong suốt thời gian, tụ luôn được mắc với nguồn.

5. Hai tụ điện giống nhau cùng có điện dung là  $C$ , mỗi tụ đều được nạp điện đến điện tích  $q$ , rồi bị ngắt khỏi nguồn. Sau đó các tụ được lồng vào nhau theo hai cách như chỉ ra trên H.6. Tính công cần phải thực hiện trong mỗi trường hợp. Các bản tụ được xem là mảnh, còn khoảng cách giữa chúng là như nhau.



Hình 6.

6. Hãy xác định lực tương tác cực đại giữa các bản của một tụ điện phẳng (có điện dung  $C$ ) và lượng nhiệt tỏa ra trên điện trở  $R$  sau khi đóng khóa  $K$ , nếu biết dòng điện cực đại trong mạch là  $I_0$  (xem H. 7). Cho khoảng cách giữa các bản tụ là  $d$ .



Hình 7.

## LỜI GIẢI

1. Để đánh giá chúng ta thừa nhận rằng khi dịch chuyển các bản tụ ra xa nhau một khoảng cỡ kích thước dài  $a = \sqrt{S}$  của chúng thì điện trường vẫn có thể coi gần đúng là đều, do đó hiệu điện thế tăng  $a/d$  lần. Khi hai bản tiếp tục dịch chuyển ra xa nhau nữa, thì điện trường không thể coi là đều được nữa, đồng thời ở những khoảng cách rất lớn, điện trường ở mỗi bản tụ thực tế trùng với trường Coulomb của điện tích điểm, còn điện thế của mỗi bản tụ không còn phụ thuộc vào sự có mặt của bản thứ hai nữa. Để đánh giá, ta có thể xem rằng ở những khoảng cách lớn hơn  $a$ , điện trường gần với trường Coulomb, nên nếu tiếp tục hai bản ra xa hơn nữa, hiệu điện thế sẽ tăng một lượng  $2 \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} = \frac{1}{2\pi} \frac{a}{d} \Delta\varphi$

với  $q$  là điện tích của tụ, còn  $\Delta\varphi = \frac{dq}{\epsilon_0 S}$  chính là hiệu

điện thế ban đầu. Từ đó suy ra rằng hiệu điện thế tăng chủ yếu ở giai đoạn đầu, khi khoảng cách hai bản tụ cỡ kích thước dài của bản. Cần nhấn mạnh rằng kết quả của chúng ta - tức hiệu điện thế tăng  $a/d$  lần, nhận được nhờ một mô hình đơn giản - chỉ là một đánh giá về cỡ của đại lượng.

2. Một nửa công của nguồn biến thành nhiệt.

3. Khi cho chất lỏng chảy ra khỏi tụ (lưu ý tụ vẫn mắc với nguồn có s.d.đ  $E$ ) thì điện tích của nó thay đổi một lượng  $\Delta q = C(1-\epsilon)E < 0$ . Điều này có nghĩa là nguồn thực hiện một công  $A_{ng} = E\Delta q = -C(\epsilon-1)E^2 < 0$  và năng lượng của tụ thay đổi một lượng  $\Delta W = -(\epsilon-1)CE^2/2 < 0$ . Từ đó suy ra:

$$A_{ng,l} = \Delta W - A_{ng} = \frac{(\epsilon-1)CE^2}{2} > 0$$

a) Trong trường hợp này, điện tích của tụ không thay đổi. Bởi vậy:

$$W_1 = \frac{C_1 E^2}{2}, W_2 = \frac{q^2}{2C_2} = \frac{C_1^2 E^2}{2C_2} = \frac{C_1}{C_2} W_1, W_2 > W_1$$

$$\text{trong đó } C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{(d-l)}, C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$\text{Do vậy } A_{ng,l} = W_2 - W_1 = W_1 \left( \frac{C_1}{C_2} - 1 \right) = \frac{E^2}{2} \frac{\epsilon_0 S d}{(d-l)^2}$$

b) Trong trường hợp này, hiệu điện thế được giữ nguyên, không đổi. Khi đó

$$W_1 = \frac{C_1 E^2}{2}, W_2 = \frac{C_2 E^2}{2}, W_2 < W_1$$

$$A_{ng} = \Delta q E = E^2 (C_2 - C_1) < 0$$

$$A_{ng,l} = (W_2 - W_1) - A_{ng} = \frac{E^2}{2} (C_2 - C_1) - E^2 (C_2 - C_1) = -\frac{E^2}{2} (C_2 - C_1) = \frac{E^2}{2} \frac{\epsilon_0 S l}{(d-l)d}$$

Dễ nhận thấy rằng công của ngoại lực ( $A_{ng,l}$ ) trong trường hợp đầu lớn hơn trong trường hợp thứ hai.

Giả sử khoảng cách giữa hai bản cạnh nhau bất kỳ là  $d/2$  (xem H.6). Ký hiệu  $w$  là mật độ năng lượng (tức năng lượng chứa trong một đơn vị thể tích) của các tụ điện đã nạp điện. Khi đó năng lượng của hai tụ đã tích điện trước khi đưa đến gần nhau bằng  $W_1 = 2Sdw$ .

Khi đó, cường độ điện trường ở giữa hai bản bên trong tăng 2 lần, do đó mật độ năng lượng tăng 4 lần ( $w = \epsilon_0 E^2/2$ ); và  $W_2 = 2S \frac{d}{2} w + S \frac{d}{2} 4w = 3Sdw$

$$\text{Từ đó suy ra } A_{ng,l} = W_2 - W_1 = Sdw = \frac{q^2}{2C} > 0$$

Tương tự, đối với trường hợp b, ta nhận được

$$W_2 = Sdw, A_{ng,l} = W_2 - W_1 = -Sdw = -\frac{q^2}{2C} < 0$$

6.  $I_0 = U/R$ , trong đó  $U$  là điện áp ban đầu của tụ. Bởi vậy,

$$F_m = \frac{1}{2} \frac{CU^2}{d} = \frac{1}{2} \frac{C(I_0 R)^2}{d} \text{ và } Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(I_0 R)^2}{2}$$

Lượng Tử (sưu tầm và giới thiệu)





## TÍNH TỰ NHIÊN TRONG VẬT LÝ HỌC

Hoàng Ngọc Long, Viện Vật lý

Trước tiên phải nhấn mạnh rằng những quan điểm trong bài này là quan điểm riêng của tác giả.

Với việc phát hiện ra hạt Higgs có khối lượng gần  $125 \text{ GeV}/c^2$  đã tạo ra những thảo luận khá sôi nổi trong cộng đồng các nhà vật lý hạt cơ bản về tính tự nhiên (naturalness). Vậy tính tự nhiên là gì?

Ta hãy đưa ra định nghĩa này từ Wikipedia: In physics, naturalness is the property that the free parameters or physical constants appearing in a physical theory should take relative values "of order 1". Trong vật lý, tính tự nhiên là tính chất mà một tham số hoặc một hằng số vật lý xuất hiện trong lý thuyết cần có giá trị xấp xỉ 1. Nói nôm na là những gì gần với đơn vị (1) được gọi là tự nhiên.

Trước tiên ta hãy quay trở lại những năm 80 của thế kỷ trước. Khái niệm tính tự nhiên (TTN) được hai nhà vật lý học nổi tiếng Wilson và t'Hooft đưa ra. TTN công nhận giữa hai đại lượng không có sự chênh lệch (threshold) quá lớn.

Để hiểu tại sao có khái niệm TTN trong lý thuyết trường – công cụ mô tả vật lý hạt cơ bản, ta hãy điểm qua những chi tiết quan trọng của lý thuyết này. Do có khó khăn trong việc mô tả các hạt có kích thước, người ta phải coi các hạt cơ bản là không có kích thước, hay nói một cách đơn giản: bán kính các hạt cơ bản phải bằng 0. Mặt khác các hạt cơ bản lại có khối lượng, nên khối lượng riêng bằng khối lượng chia cho thể tích (bằng 0) sẽ là vô cùng. Theo ngôn ngữ chuyên ngành, người ta nói rằng ở đây có sự phân kỳ hay là vô tận, vô hạn. Ngoài ra, bán kính của các hạt cơ bản bằng không còn dẫn đến nhiều sự vô hạn khác như mật độ điện tích, thế Coulomb, vv và vv. Điều này dẫn đến: các vô hạn (phân kỳ) luôn luôn xuất hiện trong lý thuyết trường. Hơn nữa các phân kỳ này lại là chồng chất (đề nên nhau). Để giải quyết khó khăn cổ hữu trên, người ta nghĩ ra cách khắc phục bằng cách: coi các đại lượng ban đầu (gọi là trần – bare) trong lý thuyết như khối lượng, hằng số tương

tác,... là vô cùng và chúng hút các phân kỳ trong tính toán để cuối cùng cho đại lượng đo được là hữu hạn. Ví dụ: Khối lượng của hạt Higgs – hạt của Chúa  $m_H^2$  được tính bởi công thức kinh điển  $m_H^2 = m_0^2 + \delta m_H^2$

trong đó  $m_H^2$  là (bình phương) khối lượng quan sát được của hạt Higgs ( $= 125 \text{ GeV}$ ),  $m_0^2$  là khối lượng trần ban đầu trong lý thuyết bằng vô cùng và  $\delta m_H^2$  là vô cùng xuất hiện trong các tính toán bậc cao theo lý thuyết nhiễu loạn. Ở đây ta thấy có sự xuất hiện của hai loại đại lượng: một là khối lượng hữu hạn của hạt Higgs và thứ hai là đại lượng cực lớn ( $\delta m_H^2$ ). Sẽ là tự nhiên, nếu đại lượng phân kỳ kia ( $\delta m_H^2$ ) bằng 0. May thay trong các lý thuyết siêu đối xứng ta không có các đại lượng phân kỳ (bậc hai) này. Khái niệm tự nhiên sau đó còn lan sang các lĩnh vực khác như Vũ trụ học. Nói tóm lại thế giới là tự nhiên, nếu mọi vật đều sản sản như nhau. Quan điểm này đã được sử dụng nhiều trong các lý thuyết siêu đối xứng, trong Vũ trụ học và trong các lý thuyết hiệu dụng.

Tuy nhiên khi phát hiện ra hạt Higgs với khối lượng  $125 \text{ GeV}/c^2$  đã đưa đến một kết quả rất khôi hài. Đó là hằng số tương tác Yukawa của top quark – một hạt chỉ xuất hiện ở những máy va chạm có năng lượng rất lớn như Tevatron hay LHC thì lại coi là tự nhiên (Vi nó gần bằng 1). Trong khi đó, electron là hạt chúng ta bắt gặp ở mọi nơi thì hằng số tương tác Yukawa của nó bị coi là không tự nhiên (vì nó nhỏ cỡ 1 phần triệu). Để rõ hơn ý này, ta quay trở lại với mô hình chuẩn (MHC) – một thành công rực rỡ của vật lý học thế kỷ 20. Trong MHC, khối lượng của các hạt (m) tỷ lệ với hằng số tương tác Yukawa của chúng (h), nghĩa là:  $m = hV$ . Ở đây  $V$  là trung bình chân không của trường Higgs có giá trị bằng  $246 \text{ GeV}$ . Mà khối lượng của top quark là  $m_t = 175 \text{ GeV} = 175 \cdot 10^9 \text{ eV}$  nên hằng số tương tác Yukawa của top quark  $h_t$  có giá trị gần bằng 1. Trong khi đó electron có khối lượng  $m_e = 0.51 \text{ MeV} = 0,51 \cdot 10^6 \text{ eV}$ .

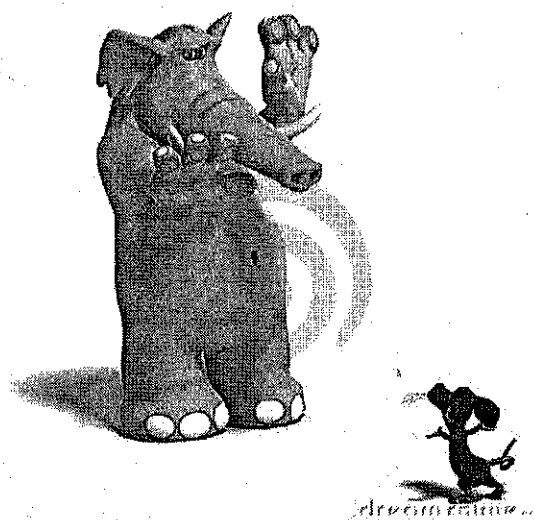
Suy ra  $m_t/m_e \approx 3,5 \cdot 10^5$ . Electron xuất hiện ở mọi nơi, trong các mạng tinh thể, trong các dòng điện, vv. Còn top quark chỉ được phát hiện một cách gián tiếp trong các máy đặc biệt. Hơn nữa electron là hạt bền, còn top quark có thời gian sống cực nhỏ vì nó luôn phân rã ra các hạt khác.

Trở lại vấn đề về khối lượng của top quark. Ta hãy nhìn vào khối lượng của 6 quark từ nhẹ tới nặng: quark u có khối lượng  $m_u = 2.3 \text{ MeV}$ , quark d có

khối lượng  $m_d = 4.8 \text{ MeV}$ , quark s có khối lượng  $m_s = 95 \text{ MeV}$ , quark c có khối lượng  $m_c = 1.275 \text{ GeV}$ , quark b có khối lượng  $m_b = 4.66 \text{ GeV}$ , và top quark t theo suy đoán có khối lượng cỡ  $10 \text{ GeV}$ . Nhưng trên thực tế nó có khối lượng nặng gấp hơn 10 lần dự đoán:  $m_t = 175 \text{ GeV}$ . Tại sao top quark nặng đến vậy đã là câu hỏi đặt ra cho các nhà vật lý hạt cơ bản. Thế mà TTN lại coi top quark là tự nhiên còn electron là không tự nhiên vì nó quá nhẹ? Chính vì điều này mà đã có nhiều tranh luận về TTN trong thời gian qua.

Trong lý thuyết hạt cơ bản, mọi người cảm thấy không tự nhiên, khi một hằng số tương tác bằng 0 quá nhỏ so với các hằng số khác và luôn tìm cách giải thích điều này bằng các nguyên lý cơ bản như đối xứng, vv. Nhưng nếu bỏ qua nguyên lý tự nhiên, ta sẽ chấp nhận điều này rất dễ dàng.

Theo tôi, khái niệm tự nhiên cần phải xem xét lại. Người Việt nam với chiều cao khoảng  $1\text{m}55$  đến  $1\text{m}7$  là tự nhiên, trong khi đó người dân Bắc Âu thì chiều cao từ  $1\text{m}7$  –  $1\text{m}85$  mới là tự nhiên. Mỗi một loài hoặc vật có kích thước đặc trưng: hạt cát phải rất nhỏ cỡ mm, còn đá lát đường có kích thước cỡ cm. Và thế giới là tự nhiên, nếu trong nó tồn tại những con vật cực lớn như voi và những loài cực nhỏ như chuột, kiến.



Trong tự nhiên phải có cả voi lẫn chuột

Theo TTN trong vật lý học thì giữa cánh đồng mọc lên quả đồi là không tự nhiên, còn theo tác giả bài này đó chính là tự nhiên. Bên cạnh đỉnh núi cao ngất là vực sâu. Đây là tự nhiên, và câu hỏi phải chăng TTN trong vật lý học là không tự nhiên lại hiển hiện lúc này.



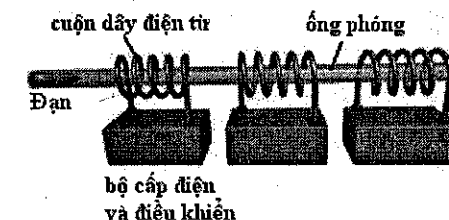
## SÚNG CUỘN DÂY ĐIỆN TỬ

Nguyễn Xuân Chánh

Bên cạnh cách phóng bằng đường ray điện từ mà chúng ta đã tìm hiểu ở hai kỳ trước, còn có cách phóng bằng cuộn dây điện từ rất phổ biến.

### 1. Nguyên lý hoạt động của súng cuộn dây điện từ

Cách phóng này dựa trên đặc điểm của cuộn dây điện khi có dòng điện chạy qua trở thành nam châm điện, hút các vật có từ tính vào giữa cuộn dây là nơi điện từ trường mạnh nhất. Công cụ để phóng bằng cuộn dây điện được gọi là súng cuộn dây (coilgun). Có hai loại: súng một cuộn dây và súng nhiều cuộn dây (hình 1).



Hình 1. Súng cuộn dây điện từ

Cấu tạo và nguyên lý làm việc của súng một cuộn dây như sau:

Ống phóng làm bằng vật liệu phi từ, quanh ống có một cuộn dây điện. Đạn hình trụ hoặc toàn bộ hoặc một phần làm bằng vật liệu sắt từ là vật liệu trở thành nam châm khi có từ trường tác dụng. Ban đầu đạn đặt trong ống gần cuộn dây điện. Để phóng đạn người ta đóng điện vào cuộn dây, cuộn dây trở thành nam châm điện hút đạn sắt từ, đạn càng gần giữa cuộn dây lực hút càng mạnh. Nhưng khi đạn đã vào chính giữa cuộn dây, là lúc lực hút đạn mạnh nhất thì phải ngắt điện ngay để đạn tiếp tục lao tới theo quán tính. Nếu không ngắt điện kịp thời, xu hướng cuộn dây hút vật liệu sắt từ vào chính giữa nên đạn sẽ bị kéo ngược lại không tự do chuyển động theo quán tính được. Như vậy đối với súng chỉ có một cuộn dây, để phóng đạn phải cấp điện dưới dạng xung dòng điện: cho dòng điện lớn chạy qua cuộn dây trong một thời gian xác định rồi ngắt ngay dòng điện. Thường dùng nguồn điện lưu trữ như ắc quy, tụ điện có điện dung lớn nạp điện cho nó rồi điều khiển để phóng điện qua cuộn dây trong thời gian cần thiết.

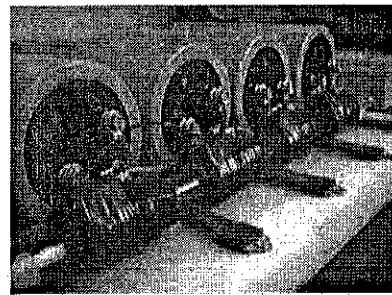
Cần chú ý là khi đạn vào chính giữa cuộn dây, tuy đã

ngắt điện nhưng vì đạn là vật liệu sắt từ nên khi tiếp tục phóng nhanh ra xa theo quán tính thì trong cuộn dây sinh ra dòng điện cảm ứng đi theo chiều ngược lại. Người ta phải bố trí trong mạch các diốt chặn làm hạn chế các dòng cảm ứng đó để bảo vệ mạch điện, chống quá nhiệt, chống mất điện cho tụ điện. Súng nhiều cuộn dây có cấu tạo như nhiều súng một cuộn dây ghép nối tiếp, mỗi cuộn dây có nguồn cấp điện và mạch đóng ngắt riêng. Để phóng đạn, ban đầu khi đạn ở gần cuộn thứ nhất thì đóng điện cho cuộn thứ nhất hút và tăng tốc cho đạn. Đến khi đạn vào giữa cuộn dây thứ nhất thì ngắt điện để đạn lao tới theo quán tính đến đầu cuộn thứ hai. Đóng điện cho cuộn thứ hai khi đạn tăng tốc đến giữa cuộn thứ hai thì ngắt điện để đạn theo quán tính đến đầu cuộn thứ ba... và cứ thế tiếp tục cho đến cuộn cuối cùng.

Để dễ thấy ưu việt của súng cuộn dây điện từ, ta nhớ lại rằng ở súng đường ray điện từ, lực đẩy là lực Lorentz, thanh dẫn gắn với đạn bị đẩy theo phương vuông góc với từ trường và thanh dẫn luôn phải tiếp xúc điện với hai thanh ray. Khi đạn đạt tốc độ cao thì dễ xảy ra phóng điện ở chỗ tiếp xúc làm hư hỏng bề mặt ray. Hơn nữa đạn phải chuyển động trong không khí, lực ma sát với không khí cản trở chuyển động của đạn, lực cản càng lớn khi tốc độ càng cao.

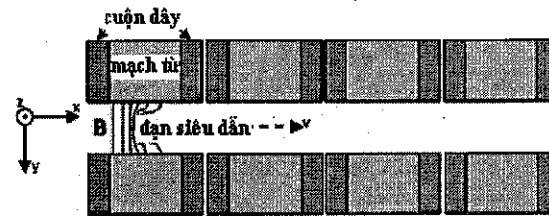
Ở súng cuộn dây điện từ, đạn sắt từ luôn chuyển động trong ống phóng đồng trục với trục các cuộn dây, bị lực hút tác dụng dọc theo trục đó. Không có ma sát đáng kể với thành ống và nếu cần có thể tạo chân không trong ống nhờ đó lực cản không khí rất ít. Nhược điểm của súng cuộn dây điện từ là phải có hệ thống điều khiển đóng ngắt điện phức tạp và tinh vi để phát ra những xung điện mạnh thích hợp cho từng cuộn dây và theo một trình tự phối hợp chặt chẽ cho các cuộn dây. Muốn đạn tăng tốc nhanh thì xung điện phải mạnh nhưng mạnh đến một mức nào đó thì lại gây ra bão hòa từ đối với phần sắt từ của đạn, lúc đó lực tác dụng lên đạn sẽ bị yếu đi. Hơn nữa dòng điện qua cuộn dây lớn cũng bị mất mát nhiều do toả nhiệt theo hiệu ứng Joule.

**Hình 2.** Súng nhiều cuộn dây điện từ. Mỗi cuộn dây (ở dưới) được cấp điện thông qua một tụ điện to.



Một dạng khác của súng cuộn dây điện từ là súng cuộn dây điện từ cảm ứng. Ở đây thay cho vật liệu sắt từ ở đạn để từ trường của cuộn dây điện hút, người ta làm đạn bằng vật liệu thường nhưng có một vòng kín bằng vật liệu dẫn điện tốt. Khi đạn lại gần cuộn dây, biến thiên từ trường sinh ra trong vòng kín được làm bằng vật liệu dẫn điện sinh ra dòng điện cảm ứng, làm cho vòng kín trở thành nam châm và bị hút bởi từ trường cuộn dây. Đặc biệt hơn cả là súng cuộn dây điện từ siêu dẫn. Ta biết rằng vật liệu siêu dẫn chỉ có tính siêu dẫn (điện trở bằng không) khi nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn  $T_c$ . Nếu làm vòng dây bằng vật liệu siêu dẫn, lúc nhiệt độ vòng dây dưới nhiệt độ tới hạn  $T_c$ , có thể cho một dòng điện rất lớn qua cuộn dây nhưng vì dây làm bằng vật liệu siêu dẫn nên cuộn dây nóng lên không đáng kể, từ trường do dòng điện chạy trong cuộn dây lúc này sinh ra rất mạnh. Nhưng nếu làm tăng nhiệt độ của cuộn dây siêu dẫn thì khi xấp xỉ trên nhiệt độ  $T_c$ , điện trở của cuộn dây tăng mạnh làm giảm rất đột ngột dòng điện qua dây, từ trường do cuộn dây gây ra giảm mạnh. Như vậy bằng cách điều khiển khéo léo nhiệt độ của các cuộn dây siêu dẫn có thể tạo ra biến thiên từ trường trong các cuộn dây nằm dọc theo ống phóng giống như tạo ra sóng từ trường dọc theo ống. Mặt khác khi đạn làm bằng vật liệu siêu dẫn (có chứa vật liệu siêu dẫn) thì khi đạn nằm trong từ trường do hiệu ứng Meissner nên các đường sức của từ trường bị đẩy ra ngoài vật liệu siêu dẫn. Nếu đó là từ trường đều, đường sức từ bị đẩy đều ra ngoài mặt siêu dẫn, nếu từ trường không đều, đường sức từ bị đẩy ra bên nhiều bên ít tạo ra một lực tác dụng lên vật siêu dẫn.

Ở súng cuộn dây điện từ siêu dẫn người ta dùng từ trường không đều do các cuộn siêu dẫn gây ra để tạo lực đẩy làm tăng tốc đạn siêu dẫn trong ống phóng như hình 3.



**Hình 3.** Một kiểu súng cuộn dây điện từ siêu dẫn.

Các cuộn dây siêu dẫn được điều khiển để cùng mạch từ tạo ra từ trường B rất mạnh (nhưng không đều) đẩy đạn có tính siêu dẫn tăng tốc theo hiệu ứng Meissner.

## 2. Ứng dụng của phóng điện từ.

Như vậy về phóng bằng lực điện từ có hai cách chính: phóng bằng đường ray điện từ và phóng bằng cuộn dây điện từ, thiết bị để phóng thường gọi là pháo hay súng: súng đường ray điện từ (railgun), súng cuộn dây điện từ (coilgun).

Về súng đường ray điện từ trong hai kỳ trước đã nói đến một số ứng dụng. Dưới đây chủ yếu là nói đến một số thí dụ về ứng dụng súng cuộn dây điện từ nhưng có nói thêm một số ứng dụng của súng đường ray điện từ vì chúng có những nét giống nhau.

Cần chú ý rằng cả hai loại súng này chưa có ứng dụng rộng rãi trong đời sống thông thường. Trong quân sự mới bắt đầu phổ biến pháo hoặc súng điện từ, thường là kiểu đường ray điện từ vì thiết bị phóng tương đối ngắn so với kiểu cuộn dây điện từ và dễ đặt trên tàu chiến hoặc xe tăng nhờ dễ bố trí bệ phóng nặng nề, chắc chắn.

Ngoài những thí dụ về ứng dụng súng điện từ trong các tàu chiến của Mỹ đã nói ở kỳ trước, chú ý là Trung Quốc công bố là đã chế tạo được hệ thống phóng thủ tích cực dựa trên các súng cuộn dây điện từ lắp trên xe tăng.

Hiện tại người ta đã thiết kế nhiều loại súng nhỏ cầm tay được, thường là theo kiểu súng cuộn dây. Ưu điểm của loại súng này là đạn tuy nhỏ nhưng vận tốc lớn, sát thương mạnh và khi bắn không có khói, không có tiếng nổ (trừ tiếng nổ khi đạn vượt khỏi tốc độ âm thanh). Thí dụ súng EM -15 (hình 4), điện lấy từ ắc quy 12 vôn, phóng đạn kim loại, tốc độ điều chỉnh được. Điện ắc quy nạp vào bộ tụ điện, khi bắn điều khiển cho dòng điện lớn phóng qua cuộn dây.



**Hình 4.** Súng cuộn dây điện từ cầm tay.

Ứng dụng có quy mô nhất là trong lĩnh vực không gian vũ trụ.

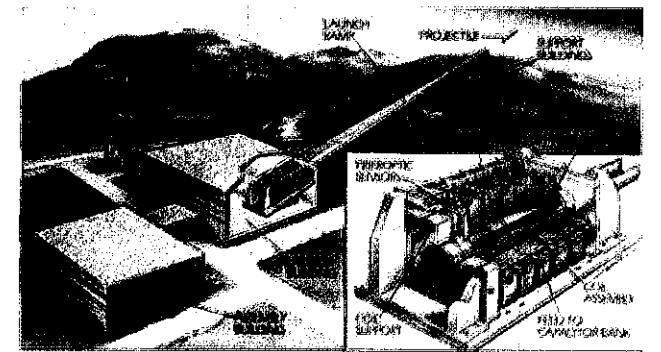
Rất khó chỉ với súng điện từ phóng được những vật thể đạt tốc độ vũ trụ để trở thành vệ tinh Trái Đất hoặc là lên đến các hành tinh các thiên thể. Tuy nhiên với súng đường ray điện từ, đặc biệt là súng nhiều cuộn dây điện từ, có thể đưa những vật lên cao, bay nhanh trong không trung thẳng được một phần đáng kể lực hút của Trái Đất. Nếu các vật thể này có tên lửa thì tiếp theo việc phóng từ mặt đất bằng lực điện từ thì phóng tiếp từ trên cao bằng tên lửa, như thế tiết kiệm được rất nhiều chi phí.

Hình 5 vẽ một dự án phóng lên vũ trụ bằng súng cuộn dây điện từ, tính toán ra so với cách phóng bằng tên lửa thì giảm chi phí đi 100 lần. Hiện cách phóng bằng lực điện từ này được nghiên cứu mạnh ở những cơ sở nghiên cứu lớn của nhiều quốc gia.

Đã có dự án của NASA làm súng cuộn dây điện từ nặng 4000 tấn để lần lượt phóng 10 triệu tấn vật liệu lên Mặt Trăng để làm một nhà máy ở khu vực trên Mặt Trăng mà Mỹ dự định chiếm làm thuộc địa.

Phòng thí nghiệm quốc gia Sandia năm 2005 đã nghiên cứu làm một súng cuộn dây cực dài gọi là Star Tram (con tàu ngôi sao) để đưa người lên quỹ đạo với gia tốc mà người còn chịu đựng được.

Phóng lên không trung bằng lực điện từ là một lĩnh vực tuy chưa thấy rõ ứng dụng hàng ngày nhưng thực sự đã là một nội dung đang được đẩy mạnh nghiên cứu ứng dụng của nhiều quốc gia.



**Hình 5.** Mô hình một súng cuộn dây điện từ nhiều tầng thiết kế để phóng các vật thể nặng lên không trung phục vụ nghiên cứu không gian.