



TUYỂN TẬP ĐỀ THI APHO

PHẦN I: 2000-2011

PGS. TS. NGUYỄN THẾ KHÔI

ĐHSP Hà Nội
136 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội



Mục lục

APhO1 -2000 tại Indonesia.....	4
Phần thi lí thuyết.....	4
Bài số 1	5
Bài số 2	7
Bài số 3	10
Phần thi thực nghiệm	11
Bài số 1	12
Bài số 2	13
APhO2 -2001 tại Đài Loan	15
Bài toán lí thuyết 1	15
Bài toán lí thuyết 2	19
Bài toán lí thuyết 3	21
Vòng thi thực nghiệm	24
APhO3 -2002 tại Singapore	31
Bài lí thuyết 1.....	31
Bài lí thuyết số 2.....	33
Bài toán số 3.....	36
Bài thi thí nghiệm.....	39
Bài số 1	39
Bài số 2	44
APhO4 -2003 tại Mahidol University, Bangkok-Salaya, Thailand	48
Bài thi Lí thuyết	48
I. Sự chuyển quỹ đạo của vệ tinh.....	48
II. Con quay quang học	50
III. Thấu kính Plasma	53
Bài thi thực hành.....	55
I. Xác định điện dung	55
II. Lỗ khoét hình trụ	57
APhO5 -2004 tại Hà Nội, Việt Nam.....	60
Bài thi lí thuyết.....	60
Bài thi lí thuyết số 1	60
Bài thi lí thuyết số 2	61
Bài thi lí thuyết số 3	64
Bài thi thí nghiệm.....	67
Bài thi thực nghiệm số 1	67
Bài thi thực nghiệm số 2	72
APhO6 -2005 tại Indonesia.....	74
Bài thi lí thuyết.....	74
Bài toán 1	74
Bài toán 2	77
Bài toán 3	82
Bài thi thí nghiệm.....	87
1. Xác định hình dạng bằng sự phản xạ.....	88
2. Sự hấp bằng từ trường trên mặt phẳng nghiêng	91
APhO7 -2006 tại Kazakhstan	96

Đề thi lí thuyết.....	96
Bài toán lí thuyết số 1	96
Bài toán lí thuyết số 2	98
Bài toán lí thuyết số 3	101
Phần 1.....	105
Phần 2.....	107
APhO8 -2007 tại Shanghai China.....	111
Bài thi lí thuyết.....	111
Bài toán lí thuyết số 1	111
Bài toán lí thuyết số 2	114
Bài toán lí thuyết số 3	121
Phần thi thực hành	125
Bài thực hành số 1.....	125
Bài thực hành số 2.....	133
APhO9 -2008 tại Ulaanbaatar, Mongolia	138
Bài thi lí thuyết.....	138
Bài toán lí thuyết 1.....	138
Bài toán lí thuyết 2	144
Bài toán lí thuyết 3	149
Bài thực nghiệm	152
PHẦN 1. Các đặc trưng của hệ micrôphôn	157
PART 2. Giao thoa của các sóng	159
PHẦN 3. Hiệu ứng Doppler	162
PHẦN 4: Ngưỡng nghe và năng suất phân giải.	165
APhO10 -2009 tại Bangkok, Thailand	169
Bài thi lí thuyết.....	169
Bài toán 1	169
Bài toán 2	171
Bài toán 3	173
Bài thi thực nghiệm.....	176
Bài số 1	176
Bài số 2	182
APhO11 -2010 tại Taipei, Taiwan	187
Bài thi lí thuyết.....	187
Bài toán lí thuyết số 1	187
Bài toán lí thuyết số 2	193
Bài toán lí thuyết số 3	198
Phần thi thí nghiệm.....	204
Các bộ thí nghiệm	204
Thí nghiệm I.	211
Thí nghiệm II.....	218
APhO12 -2011 tại Israel	225
Bài thi lí thuyết.....	225
Bài toán lí thuyết số 1	225
Bài toán lí thuyết số 2	229
Bài toán lí thuyết số 3	232

Bài thi thực nghiệm.....	236
Bài số 1	236
Bài số 2	244

APhO1 -2000 tại Indonesia

Phần thi lý thuyết

KI THI VAT LI CHAU A LAN THU NHAT

KARAWACI, INDONESIA

BAI THI LI THUYET

Ngày 25 tháng 4 năm 2000

Thời gian làm bài : 5 giờ

Hãy đọc kĩ phần này trước:

1. Chỉ dùng bút được phát
2. Chỉ viết trên mặt giấy đã được đánh dấu
3. Mỗi bài toán làm trên một tờ giấy riêng
4. Khi làm bài chủ yếu dùng công thức và số. Càng dùng ít lời càng tốt.
5. Trên mỗi tờ giấy, phải viết những dòng sau đây ở trên cùng:
 - Số báo danh của thí sinh(số do ban tổ chức AphO đã qui định)
 - Số bài toán và số thứ tự câu hỏi (ví dụ 2/a.)
 - Số tờ giấy theo thứ tự
6. Trên trang đầu ghi tổng số trang của bài làm của em.


Muslim
Apho Committee

Tập đề bài này gồm có: 7 trang


Amin Trung Đôn

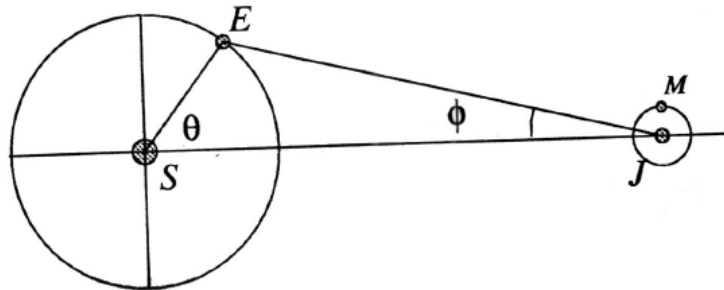
Bài số 1

Bài 1

Nhật thực trên vệ tinh của sao Mộc.

Từ lâu, trước khi các nhà khoa học có thể đo một cách chính xác tốc độ truyền của ánh sáng, thì O.Romer, một nhà thiên văn người Đan Mạch đã nghiên cứu những thời điểm xảy ra các nhật thực trên vệ tinh của sao Mộc. Ông ta đã có thể xác định được tốc độ của ánh sáng từ việc quan sát các chu kỳ biểu kiến của chuyển động của vệ tinh quay quanh sao Mộc. Hình 1 vẽ quỹ đạo của Trái Đất E quanh Mặt Trời S và một trong những vệ tinh M quay quanh sao Mộc. (Chu kỳ biểu kiến mà ông ta đã đo là thời gian giữa hai lần liên tiếp mà vệ tinh M lộ ra từ phía sau của sao Mộc).

Một dãy rất nhiều các quan sát hiện tượng nhật thực đã cho phép ước tính được một cách chính xác chu kỳ của M. Chu kỳ biểu kiến T quan sát được phụ thuộc vào vị trí tương đối của Trái Đất đối với đường SJ. Giá trị trung bình của thời gian quay một vòng của vệ tinh là $T_0 = 42$ giờ (h) 28 phút (m) 16 giây (s) và chu kỳ biểu kiến lớn nhất là $T_0 + 15$ s.



Hình 1: Quỹ đạo của Trái Đất E quanh Mặt Trời S và của vệ tinh M quanh sao Mộc J. Khoảng cách trung bình từ Trái Đất E đến Mặt Trời S là $R_E = 149,6 \times 10^6$ km. Khoảng cách tối đa là $R_{E, \max} = 1,015 R_E$. Chu kỳ quay của Trái Đất quanh Mặt Trời là 365 ngày, của sao Mộc quanh Mặt Trời là 11,9 năm. Khoảng cách từ vệ tinh M đến sao Mộc là $R_M = 422 \times 10^3$ km.

- Dùng định luật vạn vật hấp dẫn của Newton để ước tính khoảng cách từ sao Mộc đến Mặt Trời, xem quỹ đạo của Trái Đất và của sao Mộc là những vòng tròn.
- Dùng một hệ quy chiếu mới, trong đó sao Mộc đứng yên so với Mặt Trời (SJ). Xác định vận tốc góc tương đối ω của Trái Đất đối với hệ quy chiếu Mặt Trời – sao Mộc (SJ). Tính tốc độ của Trái Đất trong hệ (SJ).

- c. Giả sử một quan sát viên nhìn về tinh M bắt đầu lộ ra từ bóng tối khi vị trí của anh ta ứng với góc θ_k và khi nhìn về tinh lộ ra lần tiếp theo thì vị trí của anh ta ứng với góc θ_{k+1} , $k = 1, 2, 3, \dots$. Từ những quan sát ấy anh ta thu được các chu kỳ quay biểu kiến $T(t_k)$ phụ thuộc theo thời điểm quan sát t_k . Theo anh ta thì những sự khác nhau của $T(t_k)$ là do sự khác nhau của khoảng cách $d(t_k)$ từ sao Mộc đến người quan sát trong những lần quan sát khác nhau. Từ hình 1 suy ra khoảng cách $d(t_k)$ của sao Mộc theo t_k và dùng một biểu thức gần đúng để giải thích khoảng cách ảnh hưởng đến chu kỳ biểu kiến của chuyển động quay của M như thế nào. Ước tính sai số tỷ đối của giá trị gần đúng của khoảng cách mà em vừa thu được.
- d. Suy ra một hệ thức liên hệ giữa $d(t_k)$ và $T(t_k)$. Biểu diễn chu kỳ $T(t_k)$ theo các thời điểm t_k ; Tìm những vị trí của Trái Đất mà anh ta đo được chu kỳ biểu kiến cực đại, chu kỳ biểu kiến cực tiểu và chu kỳ thực của vệ tinh M.
- e. Ước tính tốc độ của ánh sáng từ kết quả trên. Nếu rõ nguồn gốc của các sai số trong phép ước tính của em và tính cấp độ lớn của sai số ấy.
- f. Chúng ta đã biết khối lượng của Trái Đất là $5,98 \times 10^{24}$ kg và một tháng là 27 ngày 7 giờ 3 phút. Hãy tính khối lượng của sao Mộc.

Bài số 2

Bài 2

Cách phát hiện tia An-pha

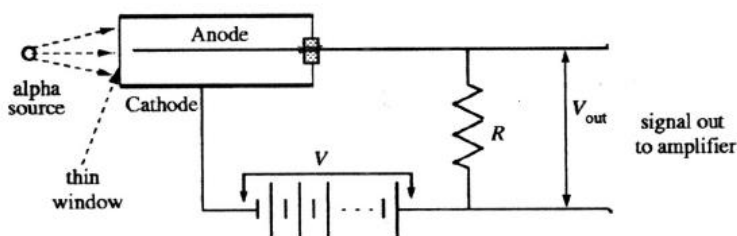
Chúng ta thường bị tác dụng của các bức xạ hoặc do thiên nhiên hoặc do nguồn gốc nhân tạo. Với sự tiến bộ của các lò phản ứng nguyên tử và việc ứng dụng các đồng vị phóng xạ trong nông nghiệp, công nghiệp, sinh học, y tế, số các nguồn phóng xạ nhân tạo cũng tăng theo thời gian. Một loại bức xạ do các vật liệu phóng xạ phát ra là chùm hạt an-pha (α). (Hạt an-pha là nguyên tử Heli ion hóa hai lần, có hai điện tích dương nguyên tố và bốn đơn vị khối lượng hạt nhân).

Cách phát hiện hạt an-pha bằng phương pháp điện được dựa trên khả năng của hạt này có thể gây ra hiện tượng ion hóa khi nó bay qua chất khí hoặc các chất khác. Đối với hạt an-pha trong không khí ở áp suất khí quyển, ta có một công thức thực nghiệm liên hệ giữa “cấp” của hạt R_α và năng lượng E của nó:

$$R_\alpha = 0,318 E^{3/2}$$

trong đó R_α đo bằng cm và E đo bằng MeV.

Để phát hiện tia an-pha, người ta dùng một buồng ion hóa. Đó là một đầu thu chứa đầy khí, hoạt động theo nguyên tắc phân li các hạt tích điện dương và âm sinh ra do quá trình ion hóa các nguyên tử khí bởi hạt an-pha. Quá trình thu thập các điện tích này tạo nên một xung điện mà ta có thể phát hiện, khuếch đại và ghi lại được. Hiệu điện thế thiết lập giữa anốt và catốt được giữ đủ lớn để cho quá trình tái hợp các điện tích, khi chúng bay trong khoảng giữa các điện cực, có thể bỏ qua.



Hình 1: Sơ đồ khối của mạch đo dùng buồng ion hóa:

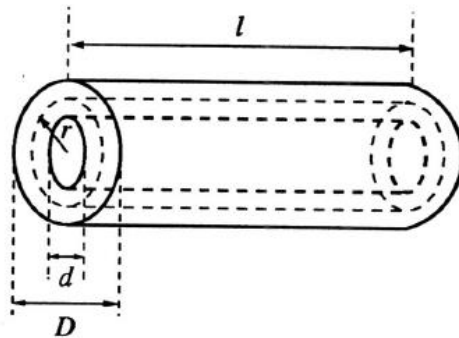
Alpha source: Nguồn phát tia an-pha

Thin window: Cửa sổ bằng vật liệu rất mỏng

Anode : A-nốt ; Cathode : Ca-ốt.

Signal out to amplifier: Tín hiệu ra để đưa vào khuếch đại

- a. Một hệ đo điện tích sinh ra từ buồng ion hóa có điện dung là 45 pF có được dùng để phát hiện hạt an-pha có cấp R_α bằng 5,50 cm. Cho rằng năng lượng để tạo ra một cặp ion (gồm có một điện tử mang điện âm khối lượng nhỏ và một ion dương khối lượng lớn, mỗi hạt đều mang điện tích bằng điện tích nguyên tố $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{C}$) trong không khí là 35 eV. Hỏi biên độ thế sinh ra bởi một hạt an-pha bằng bao nhiêu?
- b. Xung điện thế do hạt an-pha gây ra đã nói trong câu trên được đặt vào hai đầu một điện trở R . Dòng bão hòa nhỏ nhất có thể phát hiện được bởi thiết bị này là 10^{-12} ampe. (dòng bão hòa là một dòng tương đối ổn định, nó chứng tỏ các điện tích đã được gộp lại với cùng một tốc độ như là tốc độ mà nó đã được sinh ra bởi các hạt an-pha). Hãy tính hoạt độ nhỏ nhất A (tốc độ phân rã của đồng vị phóng xạ có phát ra hạt an-pha) của nguồn α có thể phát hiện được bằng thiết bị nói trên khi R_α là 5,50 cm và hiệu suất nhận hạt an-pha của đầu thu là 10%.
- c. Buồng ion hóa nói trên được dùng để đếm các xung điện thế do hạt an-pha gây ra, có hằng số thời gian $\tau = 10^{-3}$ giây. Tính giá trị của điện trở và hệ số khuếch đại xung điện thế cần thiết để tạo được một tín hiệu bằng 0,25 V.



Hình 2: Buồng ion hoá dạng hình trụ

- d. Buồng ion hóa có hai điện cực hình trụ được vẽ trên hình 2. Với một ống đếm hình trụ, điện cực trong (a-nốt) là một dây kim loại đường kính d . Vỏ ngoài (ca-tốt) là một ống kim loại mỏng đường kính D . Hãy tìm biểu thức của điện trường $E(r)$ và điện thế $V(r)$ tại một điểm cách trục của điện cực hình trụ một khoảng r (với $d/2 \leq r \leq D/2$) khi mật độ điện tích trên một đơn vị chiều dài của a-not là λ . Từ đó suy ra điện dung trên một đơn vị dài của đầu thu. Điện trường đánh thủng không

khi E_b là 3 MV m^{-1} (sự đánh thủng không khí – sự phóng điện - sẽ xảy ra khi điện trường lớn hơn E_b – điện trường lớn nhất có thể thực hiện trong không khí). Giả sử $d = 1 \text{ mm}$ và $D = 1 \text{ cm}$, hãy tính hiệu điện thế giữa a-nốt và vỏ ngoài khi quá trình đánh thủng xảy ra.
 Cho biết: $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$; đơn vị đo hoạt độ A trong hệ đơn vị SI là Curie, viết tắt là Ci; $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ phân rã / giây} = 10^6 \mu\text{Ci}$

$$1 \text{ picofarad} = 10^{-12} \text{ F}$$

$$\int dr / r = \ln r + C.$$

Bài 3

Hiệu ứng Stiu-oa Ton- man

Năm 1917, Stiu-oa và Ton-man phát hiện ra rằng khi cho dòng điện chạy qua một cuộn dây quấn quanh một hình trụ thì nó sẽ quay với một gia tốc góc nào đó.

Ta hãy xét một loạt các vòng, làm bằng dây kim loại rất mảnh, mỗi vòng có bán kính r và điện trở R . Các vòng đó được sắp xếp một cách đều đặn trên một ống trụ thủy tinh dài mà bên trong là chân không. Vị trí của các vòng trên ống trụ được cố định bằng cách dán các vòng đó vào ống trụ. Số vòng trên một đơn vị chiều dài dọc theo trục đối xứng là n . Các mặt phẳng chứa các vòng thì vuông góc với trục đối xứng của ống trụ.

Ở một thời điểm nào đó ta bắt đầu quay ống trụ quanh trục đối xứng của nó với một gia tốc góc là α . Hãy tính cảm ứng từ trường B ở trục của hình trụ (sau một thời gian đủ dài). Cho rằng điện tích e của một điện tử và khối lượng m của điện tử đã biết.

Phần thi thực nghiệm

AphO

Olympic Vat Ly Chau A lan thu 1

KARAWACI, INDONESIA

BAI THI THUC NGHIEM

Ngày 27 tháng 4 năm 2000

Thời gian làm bài : 5 gio.

~~William~~
(M.O. 7/11)
APHD committee

DOC KY PHAN NAY TRUOC:

1. Chỉ dùng bút được phát.
2. Chỉ viết trên một mặt giấy đã được đánh dấu
3. Làm mỗi bài toán trên một tờ giấy riêng
4. Trong bài giải, chú ý chỉ dùng ký hiệu, phương trình, số liệu, đồ thị, bảng số và dùng càng ít câu văn càng tốt.
5. Trên mỗi tờ giấy trong bài làm, cần ghi ở hàng đầu:
 - Số báo danh (do APhO quy định)
 - Số bài toán và số phần của bài toán, ví dụ 2/a.
 - Số thứ tự của tờ giấy.
6. Ghi trên trang đầu tổng số trang của bài làm.

Đám trung Đôn
Hôn

Tap dau bai toan nay co 4 trang.

Bài số 1

Bài thí nghiệm thứ nhất

Xác định khối lượng riêng của dầu.

Trong bài thí nghiệm này các em chỉ được dùng các dụng cụ và vật liệu sau đây:

1. Một ống nghiệm tiết diện đều trên phần lớn ống trừ ở hai đầu ống.
2. Một bình
3. Một thước chia độ
4. Một ống nhỏ giọt
5. Giấy vẽ đồ thị
6. Khăn vải khô / giấy lau
7. Một vòng cao su nhỏ để đánh dấu mức trên ống nghiệm
8. Nước cất có khối lượng riêng là $1,00 \text{ g/cm}^3$
9. Dầu đựng trong cốc nhựa.

Trong bài thí nghiệm này các em phải xác định khối lượng riêng của dầu nhưng không được đo các kích thước của ống nghiệm. Các em cũng không được phép đổ cả nước lẫn dầu vào trong ống nghiệm cùng một lúc.

Trong báo cáo các em phải trình bày cặn kẽ các nội dung sau :

- a. Các cơ sở lý thuyết để xây dựng nguyên lý phép đo
- b. Mô tả đầy đủ phương pháp và tiến trình cụ thể của thí nghiệm
- c. Đưa ra giá trị cuối cùng của khối lượng riêng của dầu mà em xác định được.
- d. Trình bày các sai số của phép đo và nguồn gốc của chúng.

Bài thí nghiệm thứ hai

Xác định giá trị của hằng số Ste-phan Bôn-dơ-man (Stefan-Boltzmann)

Các em chỉ được dùng các dụng cụ và vật liệu cho dưới đây trong thí nghiệm này:

1. Nguồn điện một chiều
2. Một nguồn nhiệt đốt bằng điện lắp trên một tấm gạch men
3. Một vôn kế số (kí hiệu là V) và một ampe kế số (kí hiệu là A)
4. Một thước kẹp
5. Một khối trụ nhôm, mặt ngoài được đánh bóng, trong rỗng để có thể chụp lên trên nguồn nhiệt. Trên khối trụ có cắm đầu nóng của cặp nhiệt điện (loại sắt- constants) để đo nhiệt độ của khối trụ.
6. Một bình cách nhiệt chứa nước và nước đá để giữ đầu lạnh của pin nhiệt điện ở nhiệt độ không đổi (bằng 0°C)
7. Một mili vôn kế số (kí hiệu là mV) sẽ được nối với cặp nhiệt điện
8. Một bảng lấy mẫu cặp nhiệt điện, trong đó chuyển đổi giá trị đọc trên mili vôn kế tinh theo mV thành nhiệt độ tương ứng
9. Các dây điện
10. Một ngọn nến và bao diêm để bôi đen mặt ngoài của khối trụ nhôm

Chú thích :

Công suất bức xạ hiệu dụng của một vật có diện tích mặt ngoài là S ở nhiệt độ tuyệt đối là T truyền vào môi trường xung quanh cho bởi công thức:

$$P = e \sigma S (T^4 - T_0^4)$$

Trong đó σ là hằng số Ste-phan Bôn-dơ-man, T_0 là nhiệt độ tuyệt đối của môi trường xung quanh, $e = 1$ đối với vật đen tuyệt đối, $e = 0$ đối với vật phản xạ tuyệt đối. Nhiệt độ của môi trường xung quanh sẽ được cho sau.

Trong bài thí nghiệm này các em phải xác định hằng số Ste-phan Bôn-dơ-man σ .

Trong báo cáo các em phải trình bày cặn kẽ các nội dung sau :

- a. Các cơ sở lý thuyết để xây dựng nguyên lý phép đo
- b. Mô tả đầy đủ phương pháp và tiến trình cụ thể của thí nghiệm
- c. Đưa ra giá trị cuối cùng của hằng số Ste-phan Bôn-dơ-man σ
- d. Trình bày các sai số của phép đo và nguồn gốc của chúng.

Chú ý:

1. Phải hết sức thận trọng khi cầm một số bộ phận của dụng cụ thí nghiệm. Chúng có thể nóng trên 100°C trong lúc làm thí nghiệm.
2. Cần kiểm tra nguồn điện sao cho dòng cung cấp vào bộ phận đốt nóng không lúc nào được vượt quá 2 ampe trong lúc làm thí nghiệm.

APhO2 -2001 tại Đài Loan

Bài toán lí thuyết 1

Khi nào Mặt trăng trở thành vệ tinh đồng bộ của Trái đất?

Chu kì quay của Mặt trăng quanh trục của nó hiện nay đúng bằng chu kì quay của nó quanh trái đất cho nên mặt trăng chỉ luôn luôn hướng một mặt về phía trái đất. Nguyên nhân khiến hai chu kì đó bằng nhau là tác dụng của lực thủy triều trong suốt quá trình lịch sử lâu dài của hệ Trái đất-Mặt trăng.

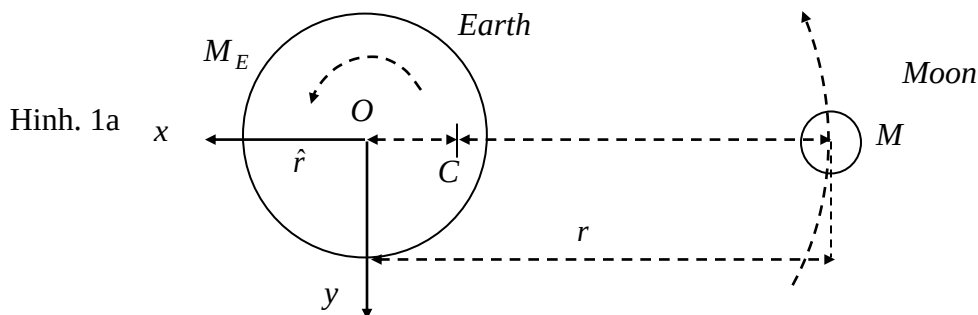
Tuy nhiên chu kì quay của trái đất quanh trục của nó hiện nay ngắn hơn chu kì của Mặt trăng quanh Trái đất. Kết quả là lực thủy triều của Mặt trăng tiếp tục tác động để làm chậm chuyển động quay của trái đất và làm cho mặt trăng càng ngày càng ra xa trái đất.

Trong bài toán này chúng ta muốn ước tính xem phải bao lâu nữa thì chu kì quay của trái đất quanh trục của nó bằng với chu kì quay của mặt trăng quanh trái đất. Khi ấy mặt trăng trở nên thành một vệ tinh đồng bộ hiện ra như một vật thể cố định trên bầu trời và chỉ những quan sát viên ở phía trái đất đối diện với mặt trăng là có thể nhìn thấy được. Chúng ta muốn tìm xem trái đất sẽ thực hiện một vòng trong thời gian dài bao lâu khi hai chu kỳ nói trên bằng nhau.

Hai hệ trục tọa độ vuông góc được lấy làm những hệ quy chiếu. Trục thứ ba của hai hệ đó song song với nhau và vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo của mặt trăng.

(I). Hệ quy chiếu thứ nhất gọi là hệ quy chiếu CM là một hệ quy chiếu quán tính mà gốc của nó đặt tại khối tâm C của hệ trái đất-mặt trăng.

(II). Hệ quy chiếu thứ hai gọi là hệ quy chiếu xyz có gốc tọa độ đặt tại tâm O của trái đất. Trục Z của hệ này trùng với trục quay của trái đất, còn trục x thì nằm trên đường nối giữa tâm của trái đất và tâm của mặt trăng và hướng theo chiều của véc tơ đơn vị như trên hình 1a. Mặt trăng luôn luôn ở phần âm của trục x trong hệ quy chiếu này.



Trên hình vẽ : Earth là trái đất, Moon là mặt trăng.

Lưu ý là các khoảng cách trong hình 1a không vẽ theo đúng tỉ lệ. Mũi tên cong chỉ chiều quay của trái đất và của mặt trăng. Khoảng cách từ tâm trái đất đến tâm mặt trăng kí hiệu bằng r .

Cho biết các dữ liệu sau đây:

(a) Hiện nay khoảng cách từ trái đất đến mặt trăng là $r_0 = 3,85 \cdot 10^8$ m. Tốc độ tăng hàng năm là 0,038m/năm.

(b) Chu kì quay của mặt trăng hiện nay là $T_M = 27,322$ ngày.

(c) Khối lượng của mặt trăng là $M = 7,35 \cdot 10^{22}$ kg.

(d) Bán kính của mặt trăng là $R_M = 1,74 \cdot 10^6$ m.

(e) Chu kì quay của trái đất hiện nay là $T_E = 23,933$ gio.

(f) Khối lượng của trái đất là $M_E = 5,97 \cdot 10^{24}$ kg.

(g) Bán kính của trái đất là $R_E = 6,37 \cdot 10^6$ m.

(h) Hằng số hấp dẫn là $G = 6,67259 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg}^2$.

Khi giải bài toán ta chấp nhận các điều sau đây:

- (I) Hệ trái đất-mặt trăng là cô lập với phần còn lại của vũ trụ.
- (II) Quỹ đạo của mặt trăng quay quanh trái đất là một vòng tròn.
- (III) Trục quay của trái đất vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo của mặt trăng.
- (IV) Nếu như không có mặt trăng và nếu như trái đất không quay thì phân bố khối lượng của trái đất là đối xứng cầu và bán kính của trái đất là R_E .

- (V) Đối với trái đất hoặc mặt trăng thì mô men quán tính I đối với bất kỳ trục nào đi qua tâm cũng được xem như mô men quán tính của một hình cầu đồng nhất khối lượng M , bán kính R , tức là $I = \frac{2}{5}MR^2$.
- (VI) Sự phân bố bề dày của nước bao quanh trái đất đối với hệ quy chiếu xyz thì không thay đổi theo thời gian.

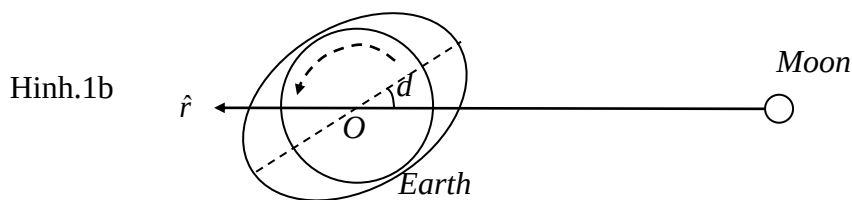
Các câu hỏi phải trả lời:

- (1) Tính giá trị hiện nay của mô men động lượng toàn phần L của hệ trái đất – mặt trăng đối với khối tâm C .
- (2) Khi chu kì quay của trái đất quanh trục của nó và chu kì quay của mặt trăng quanh trái đất bằng nhau thì thời gian để trái đất quay một vòng bằng bao nhiêu? Trong lời giải thời gian đó gọi là T và biểu diễn nó bằng đơn vị là **ngày hiện tại**. Chỉ yêu cầu lời giải gần đúng nên các em có thể dùng các cách tính gần đúng để tìm ra kết quả.
- (3) Coi trái đất là một quả cầu cứng bao phủ bởi một lớp nước trên bề mặt và cho rằng khi mặt trăng chuyển động quanh trái đất thì sự phân bố bề dày của lớp nước này trong hệ quy chiếu xyz không thay đổi theo thời gian. Theo một mô hình đã được đề thì người ta có xét đến lực ma sát giữa phần quả cầu rắn và lớp nước bao phủ của trái đất. Dưới sức hút của mặt trăng nước bị hút về phía mặt trăng tạo ra thủy triều. Phần rặng cầu của trái đất quay nhanh sẽ kéo lớp nước ấy theo làm đường nối hai điểm thủy triều cao nhất trên mặt đất nghiêng góc δ đối với trục x như đã vẽ trên hình 1b. Kết quả là lực thủy triều do mặt trăng gây ra trên trái đất sẽ tác dụng một mô men lực Γ quanh O làm cho chuyển động quay của trái đất chậm lại.

Cho rằng góc δ không thay đổi và độc lập với khoảng cách r từ trái đất đến mặt trăng. Khi chuyển động quay của mặt trăng quanh trái đất đồng bộ với chuyển động quay của trái đất quanh trục của nó, lực ma sát không tồn tại nữa thì góc δ bằng không. Khi ấy người ta chứng minh được rằng mô men lực Γ tỉ lệ với $\frac{1}{r^6}$, r là khoảng cách từ trái đất đến mặt trăng.

Hãy dựng mô hình này để tính xem bao giờ thì chuyển động của trái đất quanh trục của nó và chuyển động của mặt trăng quanh trái đất có cùng chu kì ?

Trong lời giải, kí hiệu thời gian đó là t_f và tính giá trị của nó theo đơn vị là **năm hiện tại**.



Khi làm bài có thể sử dụng các công thức toán học dưới đây :

(M1) Với $0 \leq s < r$ và $x = s \cos \theta$ thì:

$$\frac{1}{\sqrt{r^2 + s^2 + 2rx}} \approx \left(\frac{1}{r} - \frac{x}{r^2} + \frac{3x^2 - s^2}{2r^3} + \dots \right)$$

(M2) Nếu $a \neq 0$ và, $\frac{d\omega}{dt} = b\omega^{1-a}$, thì $\omega^a(t') - \omega^a(t) = (t' - t)ab$

Bài toán lí thuyết 2

Chuyển động của một lưỡng cực điện trong từ trường

Khi có mặt một từ trường đều và không đổi $\vec{B}$, thì chuyển động tịnh tiến của một hệ điện tích sẽ kèm theo chuyển động quay. Kết quả là các định luật bảo toàn của *động lượng* và của *thành phần mô men động lượng* dọc theo phương của từ trường $\vec{B}$ sẽ bị đổi đi và không giống dạng thông thường. Điều đó được minh họa trong bài toán này khi xét chuyển động của một lưỡng cực điện tạo ra từ hai hạt có khối lượng m bằng nhau và mang điện tích lần lượt bằng q và $-q$ ($q > 0$). Hai hạt đó được nối với nhau bằng một thanh cách điện cứng chiều dài l , khối lượng không đáng kể. Gọi $\vec{r}_1$ là véc tơ vị trí của hạt tích điện q ,

$\vec{r}_2$ là véc tơ vị trí của hạt kia và $\vec{l} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$

$\vec{\omega}$ là vận tốc góc của chuyển động quay của lưỡng cực quanh khối tâm.

$\vec{r}_{CM}$ và $\vec{v}_{CM}$ là véc tơ vị trí và véc tơ vận tốc của khối tâm.

Các hiệu ứng tương đối tính và hiệu ứng bức xạ sóng điện từ là không đáng kể

Lưu ý rằng lực từ tác dụng lên hạt tích điện q chuyển động với vận tốc $\vec{v}$ là $q\vec{v} \times \vec{B}$, trong đó tích có hướng của hai véc tơ $\vec{A}_1 \times \vec{A}_2$ được xác định theo các thành phần x, y, z của véc tơ ấy bằng công thức :

$$(\vec{A}_1 \times \vec{A}_2)_x = (\vec{A}_1)_y (\vec{A}_2)_z - (\vec{A}_1)_z (\vec{A}_2)_y$$

$$(\vec{A}_1 \times \vec{A}_2)_y = (\vec{A}_1)_z (\vec{A}_2)_x - (\vec{A}_1)_x (\vec{A}_2)_z$$

$$(\vec{A}_1 \times \vec{A}_2)_z = (\vec{A}_1)_x (\vec{A}_2)_y - (\vec{A}_1)_y (\vec{A}_2)_x.$$

(1) Các định luật bảo toàn

(a) Viết các phương trình chuyển động của khối tâm của lưỡng cực điện và chuyển động quay quanh khối tâm bằng cách tính lực tổng cộng tác dụng lên lưỡng cực điện và mô men lực tổng cộng đối với khối tâm.

(b) Từ phương trình chuyển động của khối tâm, hãy suy ra định luật bảo toàn động lượng toàn phần viết dưới dạng khác. Gọi các đại lượng bảo toàn đã viết

dưới khác mà ta đã nói ở trên là $\vec{P}$. Hãy viết biểu thức nói lên sự bảo toàn năng lượng E theo $\vec{v}_{CM}$ và $\vec{\omega}$.

- (c) Mô men động lượng gồm có hai phần. Một phần là do chuyển động của khối tâm và phần khác là do chuyển động quay quanh khối tâm. Từ định luật bảo toàn động lượng toàn phần viết dưới dạng khác và phương trình chuyển động quay quanh khối tâm hãy chứng minh rằng đại lượng J định nghĩa bằng công thức dưới đây:

$$J = (\vec{r}_{CM} \times \vec{P} + I \vec{\omega}). \hat{B}$$

được bảo toàn.

Lưu ý rằng:

$$\vec{A}_1 \times \vec{A}_2 = -\vec{A}_2 \times \vec{A}_1$$

$$\vec{A}_1 \cdot (\vec{A}_2 \times \vec{A}_3) = (\vec{A}_1 \times \vec{A}_2) \cdot \vec{A}_3$$

$$\vec{A}_1 \times (\vec{A}_2 \times \vec{A}_3) = (\vec{A}_1 \cdot \vec{A}_3) \vec{A}_2 - (\vec{A}_1 \cdot \vec{A}_2) \vec{A}_3$$

Trong đó $\vec{A}_1$, $\vec{A}_2$ và $\vec{A}_3$ là 3 véc tơ tùy ý. Áp dụng nhiều lần hai công thức đầu em có thể chứng minh dễ dàng định luật bảo toàn nói trên.

Trong cả phần tiếp theo ta cho $\vec{B}$ hướng theo trục z.

(2) Chuyển động trong mặt phẳng vuông góc với $\vec{B}$

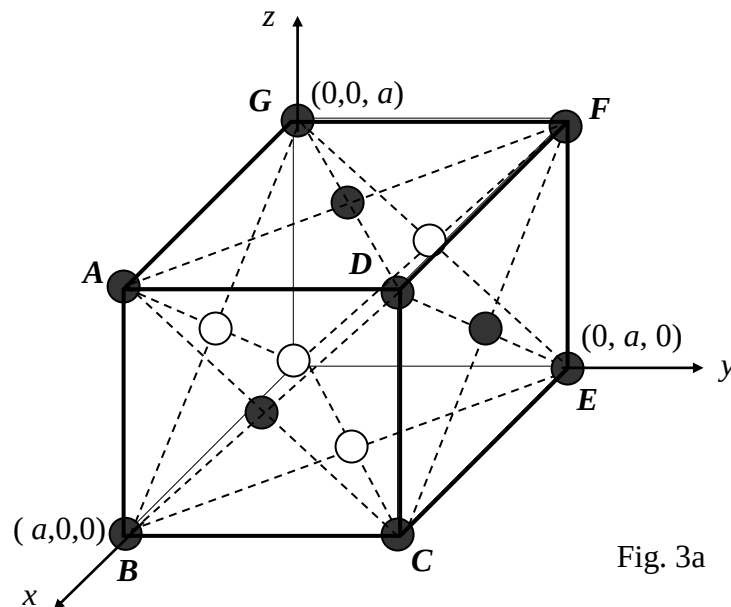
Giả sử rằng thoát đầu khối tâm của lưỡng cực điện nằm ở trạng thái nghỉ ở gốc tọa độ, $\vec{l}$ hướng theo chiều trục x và vận tốc góc ban đầu của lưỡng cực điện là $\omega_0 \hat{z}$ ($\hat{z}$ là véc tơ đơn vị theo chiều z).

- (a) Nếu độ lớn của ω_0 nhỏ hơn giá trị tới hạn ω_c , thì lưỡng cực điện không thực hiện nổi một vòng quay quanh khối tâm. Tính ω_c .
- (b) Nói chung $\omega_0 > 0$, tính khoảng cách các cực đại d_m theo phương x mà khối tâm có thể đạt tới.
- (c) Tính sức căng tác dụng lên thanh cứng. Viết biểu thức của nó theo vận tốc góc ω .

Bài toán lí thuyết 3

Dao động nhiệt của các nguyên tử ở bề mặt chất rắn

Trong bài này ta nghiên cứu dao động nhiệt của các nguyên tử ở bề mặt của một tinh thể nguyên chất có cấu trúc lập phương tâm mặt (fcc). Ô nguyên tố của mạng lập phương tâm mặt là một hình lập phương, ở mỗi đỉnh và ở tâm các mặt có một nguyên tử nguyên tử như đã vẽ trên hình Fig 3a. Với tinh thể như vậy, ta dùng kí hiệu $(a,0,0)$, $(0,a,0)$ và $(0,0,a)$ để biểu thị vị trí của 3 nguyên tử trên trục x,y và z của ô nguyên tố. Hằng số mạng a bằng 3,92 Å (Nghĩa là chiều dài của mỗi cạnh của hình lập phương là 3,92 Å)



- (1) Tinh thể được cắt sao cho mặt phẳng chứa ABCD trở thành mặt ngoài của tinh thể và là mặt được chọn để làm thí nghiệm nhiễu xạ electron năng lượng thấp. Một chùm electron động năng 64,0 eV được chỉnh thành một tia hẹp, chiếu vào bề mặt nói trên dưới một góc tới ϕ_0 bằng 15.0° . Chú ý rằng ϕ_0 là góc giữa tia electron tới và pháp tuyến với mặt phẳng. Mặt phẳng tới là mặt phẳng chứa $\overline{AC}$ và pháp tuyến với mặt phẳng ấy. Để đơn giản ta cho rằng mỗi electron chỉ bị tán xạ ngược trở lại trên lớp các nguyên tử nằm trên bề mặt.

(a) Coi chùm electron tới như một sóng vật chất. Tính bước sóng ấy.

(b) Giả sử đầu thu electron được bố trí sao cho nó chỉ phát hiện được những electron sau khi nhiễu xạ không đi trệch ra ngoài mặt phẳng tới. Hỏi ta chỉ quan sát được electron sau khi nhiễu xạ làm với phương thẳng đứng những góc bằng bao nhiêu ?

(2) Cho rằng dao động nhiệt của các nguyên tử ở bề mặt là điều hòa. Biên độ dao động tăng khi nhiệt độ tăng. Thí nghiệm nhiễu xạ electron năng lượng thấp cho ta một cách để đo được biên độ của dao động trung bình của dao động ấy. Cường độ I của chùm electron nhiễu xạ tỉ lệ thuận với số electron bị tán xạ trong một giây. Mời liên hệ giữa cường độ I và độ dịch chuyển $\vec{u}(t)$ của các nguyên tử ở mặt ngoài được cho bởi công thức :

$$I = I_0 \exp \{ - < [(\vec{K}' - \vec{K}) \cdot \vec{u}]^2 > \} \quad (1)$$

Trong phương trình (1), I và I_0 là cường độ ở nhiệt độ T và nhiệt độ tuyệt đối. $\vec{K}$ và $\vec{K}'$ các véc tơ sóng electron tới và electron nhiễu xạ. Dấu $< >$ được dùng để chỉ giá trị trung bình theo thời gian. Nhớ rằng công thức liên hệ giữa véc tơ sóng $\vec{K}$ và động lượng $\vec{p}$ của hạt là $\vec{K} = 2\pi \vec{p} / h$, trong đó h là hằng số Planck.

Để đo biên độ dao động của các nguyên tử ở mặt ngoài của một tinh thể kim loại, người ta dùng một chùm tia electron có động năng 64.0 eV chiếu vào bề mặt của tinh thể dưới góc tới là $15,0^\circ$. Đầu thu được bố trí để tiến hành phép đo nhiễu xạ các electron phản xạ. Chỉ các electron tán xạ đàn hồi là có thể phát hiện được. Đồ thị biểu diễn $\ln(I / I_0)$ theo nhiệt độ T được vẽ trên hình Fig. 3b.

Cho rằng $k_B T$ là năng lượng toàn phần của nguyên tử dao động theo phương x của pháp tuyến của bề mặt tinh thể, trong đó k_B là hằng số Boltzmann.

(a) Tính tần số dao động của nguyên tử trên bề mặt theo phương của pháp tuyến của bề mặt tinh thể.

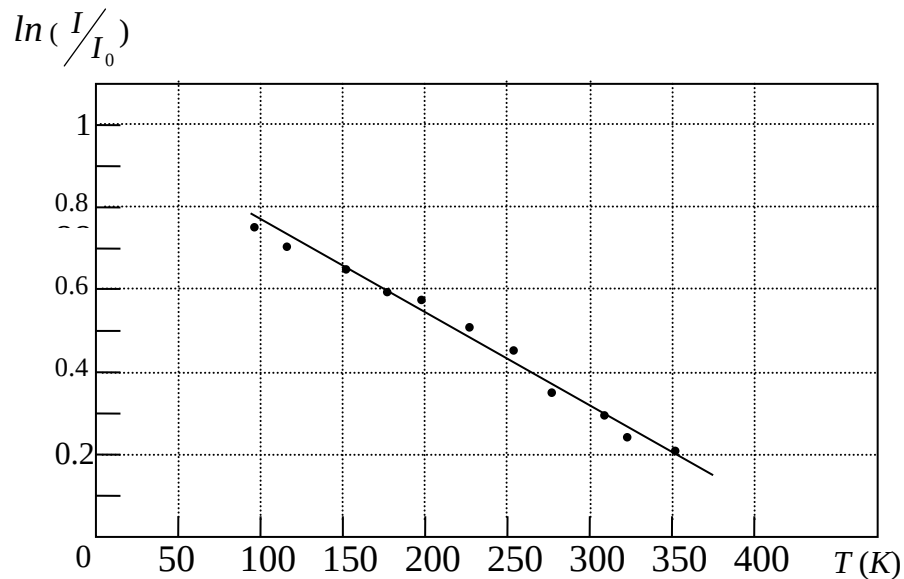


Fig. 3b 2221-2

(b) Tính độ dịch chuyển bình phương trung bình theo phương pháp tuyến với bề mặt của các nguyên tử nằm ở mặt ngoài, nghĩa là giá trị của $(\langle u_x^2 \rangle)^{1/2}$ tại nhiệt độ 300 K.

Cho biết các tham số sau:

Nguyên tử lượng của kim loại $M = 195.1$

Hằng số Boltzmann $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

Khối lượng của electron $= 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Điện tích của electron $= 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Hằng số Planck $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$

Vòng thi thực nghiệm

Các đặc trưng cơ bản của pin mặt trời

I- Mô tả chung

Mục đích của thí nghiệm này là để tìm hiểu các thông số cơ bản của pin mặt trời. Pin mặt trời có thể hấp thụ sóng điện từ và biến đổi năng lượng của photon đã hấp thụ thành năng lượng điện. Một pin mặt trời chủ yếu cấu tạo bởi một diot mà đặc trưng von-ampe theo chiều thuận trong tối (nghĩa là đồ thị I-V khi không chiếu sáng) có thể được viết như sau:

$$I = I_0(e^{\beta V} - 1),$$

Trong đó I_0 và β là những hằng số.

Diot được làm bằng chất bán dẫn có độ rộng vùng cấm $E_c - E_v$ (xem Fig. 1).

Khi năng lượng của photon rơi tới lớn hơn năng lượng của vùng cấm, thì photon có thể bị chất bán dẫn hấp thụ và sinh ra một cặp điện tử - lỗ trống. Các điện tử và lỗ trống bị điện trường nội tại ở trong diot tác động làm cho di chuyển và sinh ra dòng điện (dòng điện quang sinh). Với pin mặt trời còn có nhiều thông số quan trọng khác ngoài dòng quang sinh của pin.

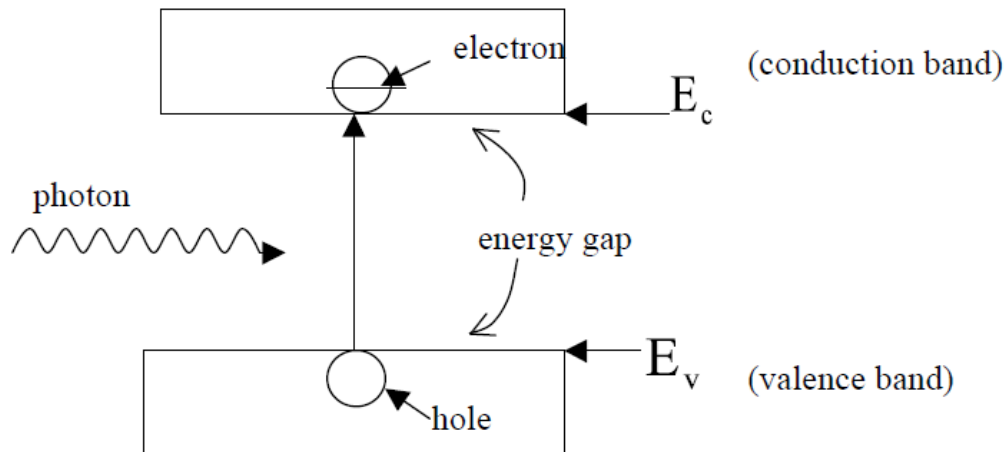


Fig. 1

Phần dưới đây giải thích ngắn gọn các tên gọi và các nguyên lý cơ bản của pin mặt trời:

- (1) Dòng nối tắt (I_{sc}) là cường độ dòng điện ở mạch ngoài của pin mặt trời khi các cực của nó bị nối tắt, nghĩa là điện trở của ngoài bằng không.
- (2) Thế hở mạch (V_{oc}) là hiệu điện thế ở hai cực pin mặt trời khi nó hở mạch, nghĩa là điện trở của mạch ngoài bằng vô hạn. V_{oc} còn được gọi là hiệu điện thế quang điện.
- (3) P_m là công suất cực đại ở mạch ngoài của pin mặt trời, tức là giá trị cực đại của tích $I \times V$.
- (4) Hệ số lấp đầy (FF) được định nghĩa bằng $P_m/(I_{sc}V_{oc})$, nó là một thông số quan trọng dùng để đánh giá chất lượng của pin mặt trời.
- (5) Vì dòng quang điện được sinh ra do hấp thụ photon bởi chất bán dẫn cho nên đáp ứng phôt của dòng quang điện có thể dùng để xác định vùng cấm của chất bán dẫn. Từ giá trị của năng lượng vùng cấm, người ta có thể biết được vật liệu bán dẫn đã dùng làm pin mặt trời.
- (6) Vì mỗi photon tới, có năng lượng lớn hơn độ rộng năng lượng của vùng cấm, đều có thể tham gia vào việc tạo ra dòng quang điện (I_{ph}) của pin mặt trời nên:

$$I_{ph} \propto \int_{\lambda_c}^{\lambda_0} N(\lambda) d\lambda ,$$

Trong đó $N(\lambda)$ là số electron sinh ra bởi các photon bởi photon có bước sóng nằm trong khoảng λ và $\lambda + \delta\lambda$ với $\delta\lambda$ bằng một đơn vị, λ_c là bước sóng cắt của kính lọc (xem Fig. 2, Fig. 3, và Fig. 4) và λ_0 là bước sóng dài nhất có thể sinh ra được dòng quang điện. Trong thí nghiệm này $N(\lambda)$ xem như là không thay đổi trong toàn miền ánh sáng thấy được, và mỗi kính lọc được phát trong thí nghiệm này đều không cho đi qua tất cả ánh sáng có bước sóng nhỏ hơn một giới hạn nào đó gọi là bước sóng cắt λ_c . Vì thế, đáp ứng phổ của dòng I_{ph} khi dùng với một kính lọc có thể viết đơn giản như sau:

$$I_{ph} \propto (\lambda_0 - \lambda_c).$$

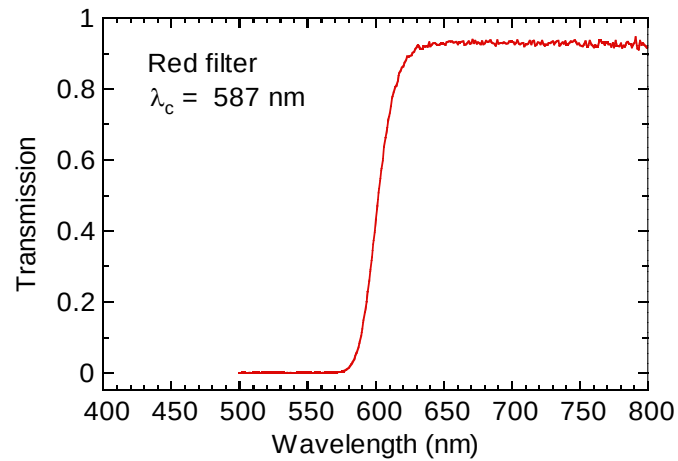
- (7) Năng lượng E của photon liên hệ với bước sóng của photon bằng phương trình $E = 1240/\lambda$, trong phương trình này đơn vị đo λ là nm ($10^{-9}m$) còn

đơn vị đo E là eV (electron-volt).

II- Thiết bị và vật tư thí nghiệm

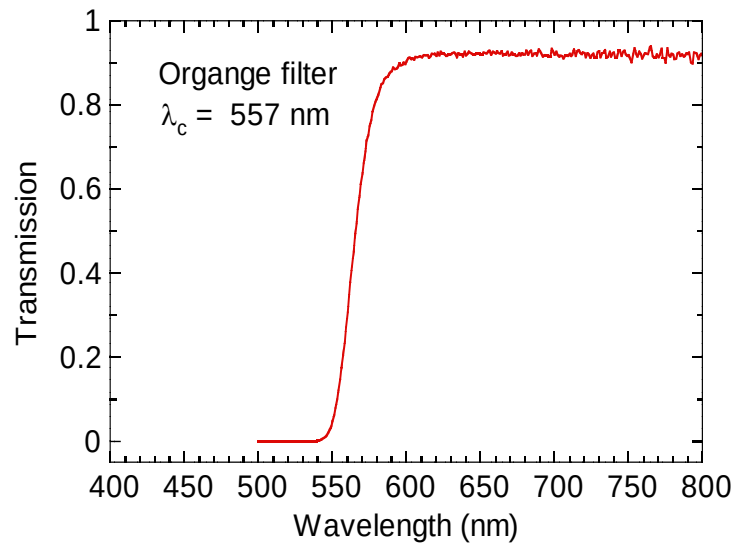
- (1) Một pin mặt trời để trong hộp đen có nút để che ánh sáng và đã được hàn trước dây dẫn vào hai cực của pin.
- (2) Hai đồng hồ vạn năng chỉ thị số mà điện trở nội khi dùng để đo dòng điện là rất nhỏ.
- (3) Một bộ nguồn điện dùng pin ($1.5\text{ V} \times 2$)
- (4) Một biến trở chính xác ($0\text{-}5\text{ k}\Omega$)
(Chú ý: Con chạy của biến trở được nối vào dây màu đỏ. Không được nối dây này vào nguồn điện vì nó có thể làm hỏng biến trở.)
- (5) Một nguồn ánh sáng trắng kèm theo nguồn cung cấp điện.
- (6) Hai kính phân cực. (**Lưu ý:** những kính phân cực này không còn là kính phân cực khi ánh sáng có bước ngắn hơn bước sóng cắt của kính lọc màu vàng.)
- (7) Ba kính lọc với các màu đỏ, cam và vàng, mỗi màu một chiếc. (đặc trưng phổ của kính lọc được vẽ trên các hình Fig. 2, Fig. 3, và Fig. 4)
- (8) Một giá để lắp kính lọc và kính phân cực. (Lưu ý : kính lọc và kính phân cực có thể lắp chồng lên nhau trên cùng một giá.)
- (9) Một bàn quang
- (10) 6 lò xo để nối dây. Cài dây vào khe giữa các vòng dây của lò xo.
- (11) Một thước dài 45cm.
- (12) Giấy vẽ đồ thị thường (10 tờ), giấy vẽ đồ thị nửa loga (5 tờ)
- (13) Hai tấm bảng chắn sáng.

(Lưu ý: Để tránh làm hỏng các vật tư do nhiệt, các kính phân cực và kính lọc nên để càng xa nguồn sáng càng tốt.)



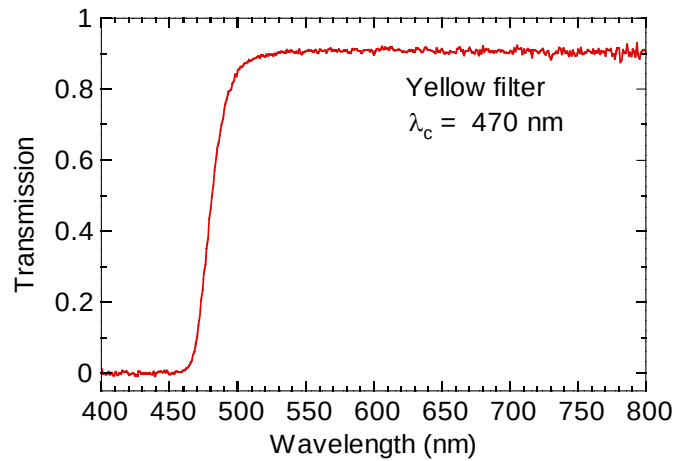
Red filter: Kính lọc đỏ; Transmission: Độ truyền qua; Wavelength: Bước sóng

Fig 2



Organge filter: Kính lọc màu cam

Fig. 3



Yellow filter: Kính lọc màu vàng

Fig. 4

III- Các bước thí nghiệm

(1) (Câu hỏi (1) : 3 điểm)

Đo và vẽ đặc tuyến I-V của pin mặt trời không chiếu sáng khi phân cực nó theo chiều thuận bằng nguồn điện ngoài.

a. Vẽ sơ đồ của mạch điện mà em đã dùng.

b. Vẽ đồ thị I-V và xác định các giá trị β và I_0 từ các số liệu I-V mà em thu được.

(2) (Câu hỏi (2) : 7 điểm)

Đo các đặc trưng của pin mặt trời được chiếu sáng bằng ánh sáng trắng khi không dùng nguồn điện ngoài. (Lưu ý: khoảng cách giữa nguồn sáng và hộp đựng pin mặt trời, lấy bằng 30cm như vẽ trên hình Fig. 5.)

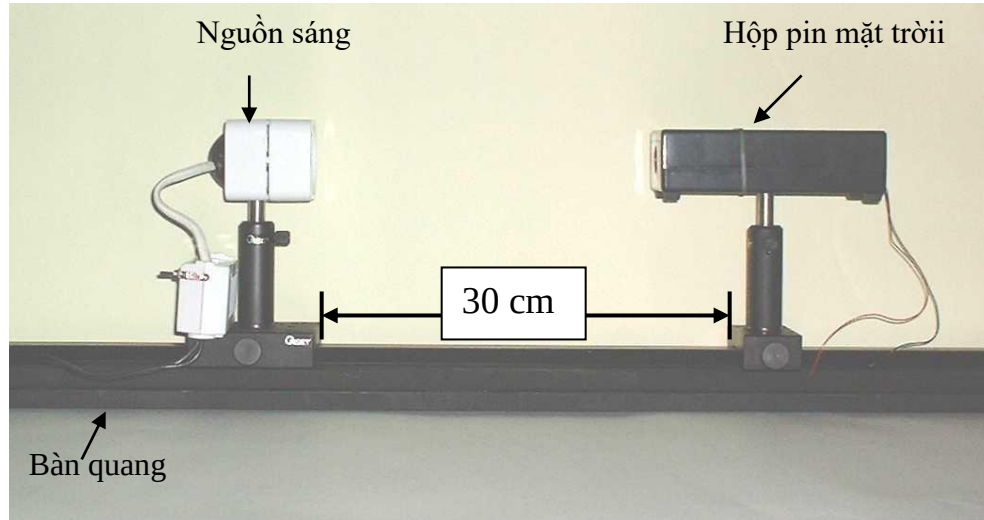


Fig. 5

- Vẽ sơ đồ mạch điện mà em đã dùng.
 - Đo cường độ dòng điện nối tắt I_{sc} .
 - Đo hiệu điện thế hở mạch V_{oc} .
 - Tiến hành phép đo để tìm mối liên hệ giữa cường độ dòng điện I và hiệu điện thế V ở hai đầu ra của pin mặt trời khi điện trở mắc ở hai cực của nó có các giá trị khác nhau và vẽ đồ thị I theo V .
 - Xác định công suất cực đại P_m của pin.
 - Xác định giá trị điện trở tải để công suất ở tải ra của pin đạt cực đại.
 - Tính hệ số lấp đầy, $FF \equiv P_m / (I_{sc} V_{oc})$
- (3) (Câu hỏi (3) : 3.0 điểm)

Cho rằng pin mặt trời có thể xem như một linh kiện cấu tạo bởi một nguồn dòng lí tưởng (nguồn dòng do ánh sáng sinh ra), một điện trở nối tắt nguồn dòng R_{sh} , một diot lí tưởng và một điện trở nối tiếp R_s .

- Vẽ sơ đồ tương đương của pin mặt trời khi chiếu sáng.
- Suy ra biểu thức liên hệ giữa I và V ở sơ đồ tương đương này. Viết kết quả theo R_{sh} , R_s , I_{ph} (cường độ dòng quang sinh), và I_d (cường độ dòng điện chạy qua diot).

- c. Cho rằng $R_{sh} = \infty$ và $R_s = 0$, tìm hệ thức liên hệ giữa I và V và chứng minh rằng nó có thể viết được dưới dạng dưới đây:

$$V_{oc} = \beta^{-1} \ln \left(\frac{I_{sc}}{I_0} + 1 \right)$$

Trong đó V_{oc} là hiệu điện thế hở mạch, I_{sc} là cường độ dòng nối tắt, I_0 và β là các hằng số.

(4) (Câu hỏi (4) : 4 điểm)

Nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng.

- Đo và vẽ đồ thị biểu diễn I_{sc} theo cường độ sáng tương đối và xác định gần đúng hàm phụ thuộc giữa I_{sc} và cường độ sáng tương đối.
- Đo và vẽ đồ thị biểu diễn V_{oc} theo cường độ sáng tương đối và xác định gần đúng hàm phụ thuộc giữa V_{oc} và cường độ sáng tương đối.

(5)(Câu hỏi (5) : 3.0 điểm)

Xác định đáp ứng phổ của pin mặt trời.

- Đo và vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của I_{sc} vào bước sóng cắt của ba kính lọc đã cho.
- Ước lượng bước sóng dài nhất mà pin mặt trời bắt đầu hoạt động được.
- Ước đoán xem pin mặt trời làm bằng vật liệu nào (Gợi ý: cho độ rộng của vùng vòm của các loại bán dẫn thường dùng là:

InAs: 0.36 eV,

Ge: 0.67 eV,

Si: 1.1 eV,

Si vô định hình (a-Si : H): 1.7 eV,

GaN: 3.5 eV)

Bài lí thuyết 1

Bài toán lí thuyết 1 (dao động của mạng tinh thể một chiều)

Có số N rất lớn ($N \gg 1$) các hạt là những chất điểm chuyển động được, mỗi hạt có khối lượng m , và $N+1$ lò xo giống nhau, không có khối lượng, mỗi cái có độ cứng S . Chúng được nối thành một chuỗi thẳng. Đầu và cuối chuỗi nối với hai hạt cố định. Xem hình vẽ. Chuỗi này được dùng làm mô hình để xét các mode dao động của một tinh thể một chiều. Khi ta làm cho chuỗi dao động, dao động dọc của chuỗi có thể xem như là chồng chất của nhiều dao động đơn giản (mà ta gọi là mode), mỗi mode có tần số đặc trưng riêng.



- (a) Hãy viết phương trình chuyển động của hạt thứ n . [0,7 điểm]
 (b) Để giải phương trình chuyển động của phần (a), ta dùng nghiệm dưới dạng

$$X_n(\omega) = A \sin nka \cos(\omega t + \alpha),$$

trong đó $X_n(\omega)$ là độ dịch chuyển của hạt thứ n so với vị trí cân bằng, ω là tần số góc của mode dao động và A , k và α là các hằng số; k là các số sóng, ω là các tần số của mode. Với mỗi giá trị của k , có một giá trị của tần số ω tương ứng. Hãy tìm sự phụ thuộc của ω theo k , các giá trị được phép của k , và giá trị cực đại của ω . Như vậy, dao động của chuỗi là chồng chất của tất cả các mode dao động đó.

Cho các công thức: $(d/dx) \cos \alpha x = -\alpha \sin \alpha x$, $(d/dx) \sin \alpha x = \alpha \cos \alpha x$, $\alpha = \text{constant}$; $\sin(A+B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$; $\cos(A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$. [2,2 điểm]

Theo Planck, năng lượng của photon với tần số ω là $\hbar\omega$, trong đó $\hbar$ là hằng số Planck chia cho 2π . Einstein đã mở rộng điều này bằng cách cho rằng mỗi mode dao động có tần số ω thì năng lượng của nó cũng tính được như trên. Lưu ý rằng mode dao động không phải là một hạt mà là một cấu hình dao động đơn giản của toàn chuỗi. Mode dao động này cũng tương tự như photon và được gọi là *phonon*. Trong phần còn lại của bài toán, chúng ta sẽ theo dõi tiếp những hệ quả của ý tưởng này. Giả thiết tinh thể được tạo nên bởi một số rất lớn ($\sim 10^{23}$) các hạt được xếp thành chuỗi thẳng.

(c) Với một giá trị cho trước của ω (hoặc k) có thể không có phonon, có 1 phonon, có 2 phonon, hoặc một số phonon bất kì. Vì thế ta cần tính *năng lượng trung bình* $\langle E(\omega) \rangle$ của một mode có tần số ω . Gọi $P_p(\omega)$ là xác suất để có p phonon với tần số ω . Khi ấy, giá trị năng lượng trung bình cần tính là:

$$\langle E(\omega) \rangle = \frac{\sum_{p=0}^{\infty} p \hbar \omega P_p(\omega)}{\sum_{p=0}^{\infty} P_p(\omega)}.$$

Mặc dù phonon là gián đoạn, nhưng vì có rất nhiều phonon (và P_p trở nên rất nhỏ khi p lớn) nên ta có quyền mở rộng giới hạn lấy tổng đến tận $p = \infty$, mà không bị sai đáng kể. Bây giờ xác suất P_p được tính bằng công thức Boltzmann

$$P_p(\omega) \propto \exp(-p \hbar \omega / k_B T),$$

trong đó k_B là hằng số Boltzmann và T là nhiệt độ tuyệt đối của tinh thể coi như không đổi. Hệ số tỉ lệ trong công thức trên không phụ thuộc p . Hãy tính năng lượng trung bình của các phonon có tần số ω .

Khi tính, có thể dùng công thức: $(d/dx) e^{f(x)} = (df/dx) e^{f(x)}$.

[2 điểm]

(d) Sau đây ta muốn tính năng lượng *toàn phần* E_T của tinh thể. Trong phần (c) ta đã tìm được năng lượng trung bình $\langle E(\omega) \rangle$ của mode dao động ω . Để tính E_T ta phải nhân $\langle E(\omega) \rangle$ với số mode dao động của tinh thể có trong khoảng tần số bằng đơn vị quanh giá trị ω , rồi lấy tổng trong toàn khoảng từ $\omega = 0$ đến $\omega_{\max}$.

Xét một khoảng Δk của miền các số sóng. Với N rất lớn và với Δk rất lớn so với khoảng cách giữa hai giá trị được phép liên tiếp của k , hãy tính số mode có thể tìm được trong khoảng Δk ?

[1 điểm]

(e) Để sử dụng các kết quả của (a) và (b), ta thay gần đúng Δk bằng $(dk/d\omega)d\omega$ và thay tổng bằng tích phân theo ω . (Từ đây, để cho tiện, ta dùng biến ω thay cho k .) Tính tổng số mode của tinh thể trong phép gần đúng này và rút ra công thức để tính E_T nhưng không cần tính toán đến cùng.

Khi làm bài có thể sử dụng công thức sau: $\int_0^1 dx / \sqrt{1-x^2} = \pi/2$.

[2.2 điểm]

(f) Nhiệt dung mole (nhiệt dung phân tử) C_V của tinh thể ở thể tích không đổi có thể được kiểm chứng bằng thực nghiệm: $C_V = dE_T/dT$ (T là nhiệt độ tuyệt đối). Với tinh thể đang xét, hãy tìm sự phụ thuộc của C_V vào T ở miền nhiệt độ rất cao và rất thấp (nghĩa là cho biết nó là hằng số, là hàm bậc nhất hay là hàm lũy thừa của nhiệt độ trong từng khoảng nhiệt độ). Vẽ một cách định tính đồ thị biểu diễn C_V theo T , để thấy được xu hướng đã được dự đoán ở miền nhiệt độ T rất thấp và rất cao.

[1.9 điểm]

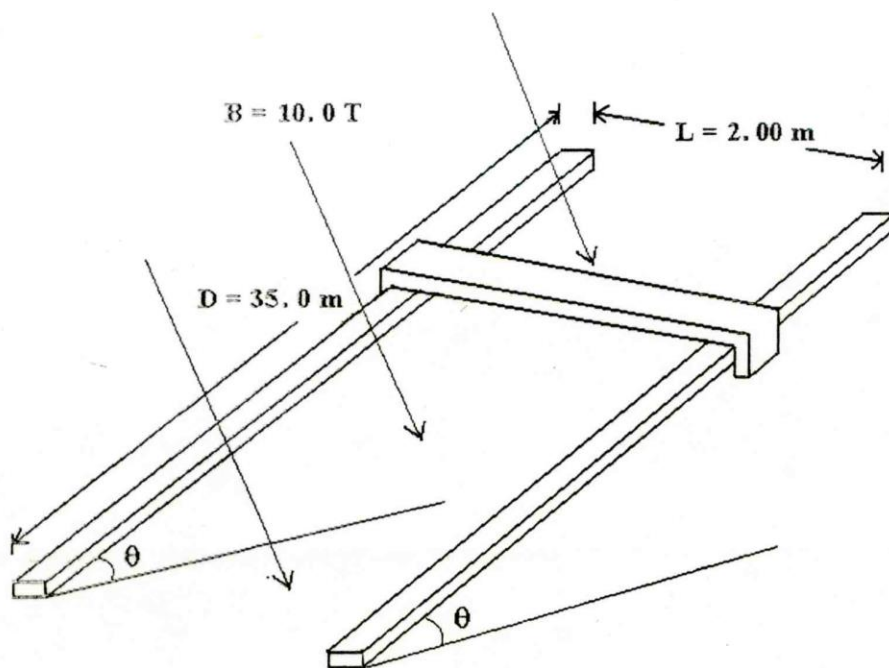
Bài lý thuyết số 2

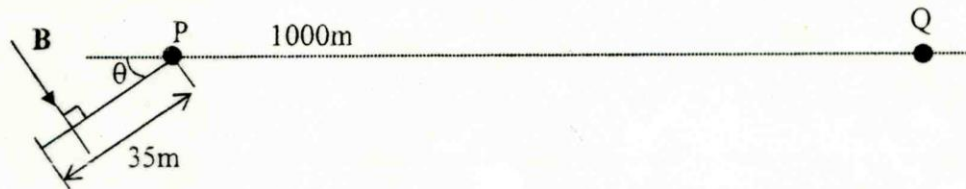
Bài toán lý thuyết 2

Súng đường ray

Một chàng trai ở P và một cô gái ở Q yêu nhau say đắm. Hai địa điểm đó ở cách nhau một eo biển có chiều rộng $w = 1000$ m. Sau khi học ở trên lớp về lý thuyết của súng đường ray, chàng trai vội chế tạo một thiết bị như vậy để tự phóng mình qua eo biển. Chàng dựng một đường dốc có thể điều chỉnh được độ dốc θ , trên đó chàng đặt song song hai thanh ray bằng kim loại, cách nhau $L = 2,00$ m (chiều dài mỗi thanh ray là $D = 35,0$ m). Chàng tìm cách mắc một nguồn điện một chiều 2424 V vào cuối của các thanh ray. Một thanh dẫn điện có thể trượt tự do trên các đường ray kim loại và chàng trai có thể treo mình trên đó một cách an toàn khi thanh dẫn điện trượt trên đường ray.

Một kỹ sư tài năng, cảm động vì mối tình đó, đã thiết kế một hệ thống có thể tạo ra một từ trường $B = 10,0$ T, từ trường này được hướng vuông góc với mặt phẳng của các đường ray. Khối lượng của chàng trai là 70 kg. Khối lượng của thanh dẫn điện là 10 kg và điện trở của nó là $R = 1,0 \Omega$.





Ngay khi chàng trai vừa hoàn thành việc chế tạo thiết bị và thử thấy nó hoạt động hoàn hảo, chàng nhận được một cú điện thoại của nàng. Nàng vừa khóc vừa nói rằng nếu trong vòng 11 giây sau cú điện thoại này mà chàng không đến được Q thì cha nàng sẽ gả nàng cho một anh triệu phú. Nói xong, nàng cúp máy ngay.

Chàng trai lập tức hành động và phóng mình qua eo biển để đến Q.

Bằng cách sử dụng các bước nêu dưới đây, hãy cho biết liệu chàng trai có đến kịp không, và nếu đến được thì chàng đã phải đặt góc θ trong khoảng giá trị nào?

(a) Tìm biểu thức của gia tốc của chàng trai theo phương song song với đường ray.

[3 điểm]

(b) Tìm biểu thức của

i. thời gian trượt trên đường ray t_s và

ii. thời gian bay t_f

của thanh dẫn điện phụ thuộc vào góc θ .

[3 điểm]

(c) Vẽ đồ thị biểu diễn tổng thời gian $T = t_s + t_f$ theo góc nghiêng θ .

[1.5 điểm]

(d) Dựa vào các thông số có liên quan của thiết bị này, hãy xác định khoảng giá trị của góc mà chàng trai cần phải đặt. Nếu cần thì có thể vẽ thêm một đồ thị nữa

[2.5 điểm]

Giả thiết rằng:

- 1) Thời gian từ lúc điện thoại bị cắt đến lúc hoàn tất mọi công việc chuẩn bị để phóng mình (như là đặt góc nghiêng θ thích hợp) là không đáng kể. Như thế có nghĩa là quá trình phóng bắt đầu ở thời điểm $t = 0$, khi thanh dẫn điện (có chàng trai bám trên đó) bắt đầu chuyển động..
- 2) Chàng trai có thể khởi hành từ bất kì điểm nào trên đường ray.
- 3) Đầu trên của đường ray và điểm Q ở cùng một độ cao và khoảng cách giữa hai điểm đó là $w = 1000 \text{ m}$
- 4) Mọi vấn đề quanh việc đảm bảo an toàn cho chàng trai như lúc tiếp đất, chống điện giật v.v... đều không đáng ngại.
- 5) Điện trở của thanh ray kim loại, điện trở trong của nguồn điện, ma sát giữa thanh dẫn và đường ray, sức cản của không khí đều được bỏ qua.
- 6) Lấy gia tốc trọng trường là $g = 10 \text{ m/s}^2$

Một số công thức toán học:

1. $\int e^{-ax} dx = -\frac{e^{-ax}}{a}.$

2. Nghiệm của phương trình $\frac{dx}{dt} = a + bx$ là $x(t) = \frac{a}{b}(e^{bt} - 1) + x(0)e^{bt}.$

Bài toán số 3

Bài toán lí thuyết 3

Chế tạo phiên bán dẫn

Người ta gọi quá trình chế tạo các “chip” bán dẫn từ silic là quá trình chế tạo phiên. Trong công nghệ hiện đại, có đến trên 20 quá trình. Chúng ta tập trung khảo sát việc tạo màng mỏng.

Trong quá trình chế tạo phiên, màng mỏng của các vật liệu khác nhau được phủ trên bề mặt của phiên silic (gọi là đế). Bề mặt của đế phải cực kì sạch trước khi quá trình phủ bắt đầu. Một lượng rất nhỏ của ô xy hoặc của các nguyên tố khác sẽ dẫn đến sự tạo thành các lớp bị nhiễm bẩn. Tốc độ tạo thành lớp đó được xác định bởi dòng phân tử khí đập vào bề mặt đế. Nếu gọi n là số phân tử trong một đơn vị thể tích khí, thì dòng phân tử từ phía khí đi đến một đơn vị diện tích đế là:

$$J = \frac{1}{4} n \bar{v}$$

trong đó $\bar{v}$ tốc độ trung bình của phân tử khí.

(a) Cho rằng các phân tử khí tuân theo định luật phân bố Maxwell-Boltzmann

$$W(v) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{3/2} v^2 e^{-Mv^2/(2RT)},$$

trong đó $W(v)dv$ là tỉ phần phân tử có tốc độ nằm trong khoảng v và $v + dv$, M là khối lượng phân tử của khí, T là nhiệt độ tuyệt đối của khí và R là hằng số khí lí tưởng, hãy chứng minh rằng tốc độ trung bình của các phân tử khí được cho bởi công thức

$$\bar{v} = \int_0^\infty v W(v) dv = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

[1.5 điểm]

(b) Giả thiết rằng chất khí là khí lí tưởng ở áp suất thấp P , hãy chứng tỏ rằng dòng phân tử được tính theo công thức

$$J = \frac{P}{\sqrt{2\pi mkT}}$$

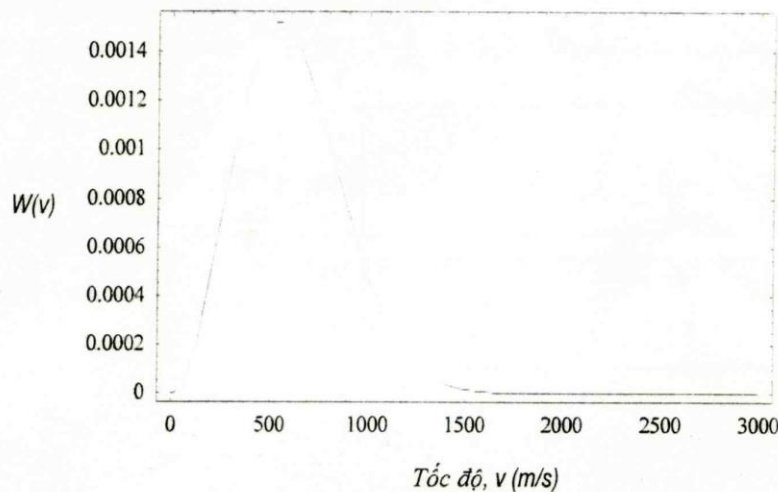
trong đó m là khối lượng của một phân tử và T là nhiệt độ của khí.

[1.5 điểm]

(c) Nếu áp suất còn lại của ô xy trong hệ chân không là 133 Pa, và xem phân tử ô xy như một quả cầu có bán kính xấp xỉ bằng 3.6×10^{-10} m, hãy ước tính xem thời gian cần thiết để tạo ra một lớp đơn phân tử ô xy trên phiên ở 300° C là bao nhiêu. Cho rằng mọi phân tử ô xy đập vào bề mặt phiên

Cho biết silic đều đọng lại trên đó. Cũng thừa nhận rằng các phân tử ô xy trên màng được sắp xếp cạnh nhau.

- [1.7 điểm]
- (d) Trong thực tế, không phải mọi phân tử ô xy đập vào phiến silic đều phản ứng với silic. Điều này có thể được mô hình hoá thông qua khái niệm năng lượng kích hoạt: các phân tử muốn phản ứng được với silic thì trước khi phản ứng, nó phải có năng lượng lớn hơn năng lượng kích hoạt. Về mặt vật lý, thì năng lượng kích hoạt này nói lên rằng liên kết hoá học giữa các nguyên tử silic với nhau phải bị phá huỷ trước, rồi liên kết giữa nguyên tử silic và nguyên tử ô xy mới hình thành được. Cho rằng năng lượng kích hoạt cho phản ứng là 1 eV, hãy ước tính phải cần thời gian bao lâu mới lắng đọng được một lớp đơn nguyên tử ô xy ở nhiệt độ nói ở trên. Em có thể thừa nhận rằng diện tích nằm dưới đồ thị phân bố Maxwell đã nói trong phần (a) có giá trị bằng một đơn vị.



[2.8 điểm]

- (e) Để thực hiện quá trình quang khắc, người ta phủ lên bề mặt phiến silic sạch một lớp polyme trong suốt (keo cảm quang) có chiết suất $\mu = 1,40$. Để đo chiều dày của lớp keo cảm quang, người ta chiếu lên bề mặt phiến một chùm sáng song song, đơn sắc, có bước sóng $\lambda = 589 \text{ nm}$. Khi lớp keo cảm quang có chiều dày cực tiểu d nào đó, thì khi chùm sáng chiếu vuông góc với lớp keo, sự giao thoa sẽ làm triệt tiêu chùm sáng phản xạ. Hãy tìm biểu thức liên hệ giữa d , μ và λ . Tính d từ những số liệu đã cho trên đây. Ở đây, em có thể coi silic như một môi trường có chiết suất lớn hơn 1,40 và bỏ qua sự phản xạ nhiều lần.

[2.5 điểm]

Cho biết:

Khối lượng phân tử của ô xy là 32 g mol^{-1} .

Hằng số Boltzmann là $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$.

Số Avogadro là $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

$$\int x^3 e^{-k x^2} dx = -\frac{1}{2} e^{-k x^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{x^2}{k} \right)$$

Bài thí nghiệm

Bài số 1

Part A

Đo độ phản xạ và xác định chiết suất

I. Cơ sở

Mục đích của thí nghiệm này là đo sự phụ thuộc góc của độ phản xạ của ánh sáng phân cực và xác định chiết suất của một phiên bán dẫn.

Khi ánh sáng đập vào bề mặt bán dẫn, một phần bị phản xạ, một phần truyền qua và một phần bị hấp thụ. Tỷ phần công suất ánh sáng bị phản xạ được gọi là độ phản xạ (còn gọi là hệ số phản xạ). Nó được định nghĩa như là tỉ số của công suất ánh sáng bị phản xạ I_r trên công suất ánh sáng tới I_i :

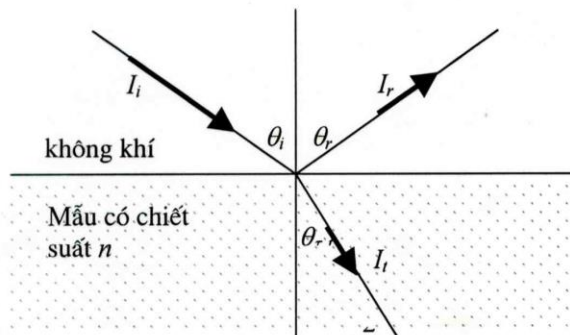
$$R = \frac{I_r}{I_i} \quad (1)$$

Ánh sáng tới có thể được phân tích thành 2 thành phần phân cực. Một thành phần phân cực song song với mặt phẳng tới (gọi là phân cực p) và một thành phần vuông góc với mặt phẳng tới (gọi là phân cực s). Với bước sóng laser đỏ dùng trong bài này, sự hấp thụ trên bề mặt bán dẫn có thể bỏ qua. Trong điều kiện đó, với ánh sáng đi từ không khí tới vật liệu, độ phản xạ R_p và R_s (lần lượt cho các thành phần p và s) được cho bởi các phương trình Fresnel:

$$\pm \sqrt{R_p} = \frac{n \cos \theta_i - \cos \theta_t}{\cos \theta_i + n \cos \theta_t} \quad (2)$$

$$-\sqrt{R_s} = \frac{\cos \theta_i - n \cos \theta_t}{\cos \theta_i + n \cos \theta_t} \quad (3)$$

trong đó n là chiết suất của vật liệu, θ_i là góc tới, θ_r là góc phản xạ, và θ_t là góc truyền qua (hay góc khúc xạ), như trên hình 1.



Hình 1

Trên thực tế, không đo được trực tiếp R_s và R_p khi $\theta_i = 0$. Tuy nhiên, các phương trình Fresnel cho phép tính được n từ R_s và R_p mà ta đo được ở các góc tới nghiêng. Một trong các sơ đồ đo được vẽ trên hình 2 dưới đây, và một ảnh chụp của thiết bị được nêu ở hình 3.

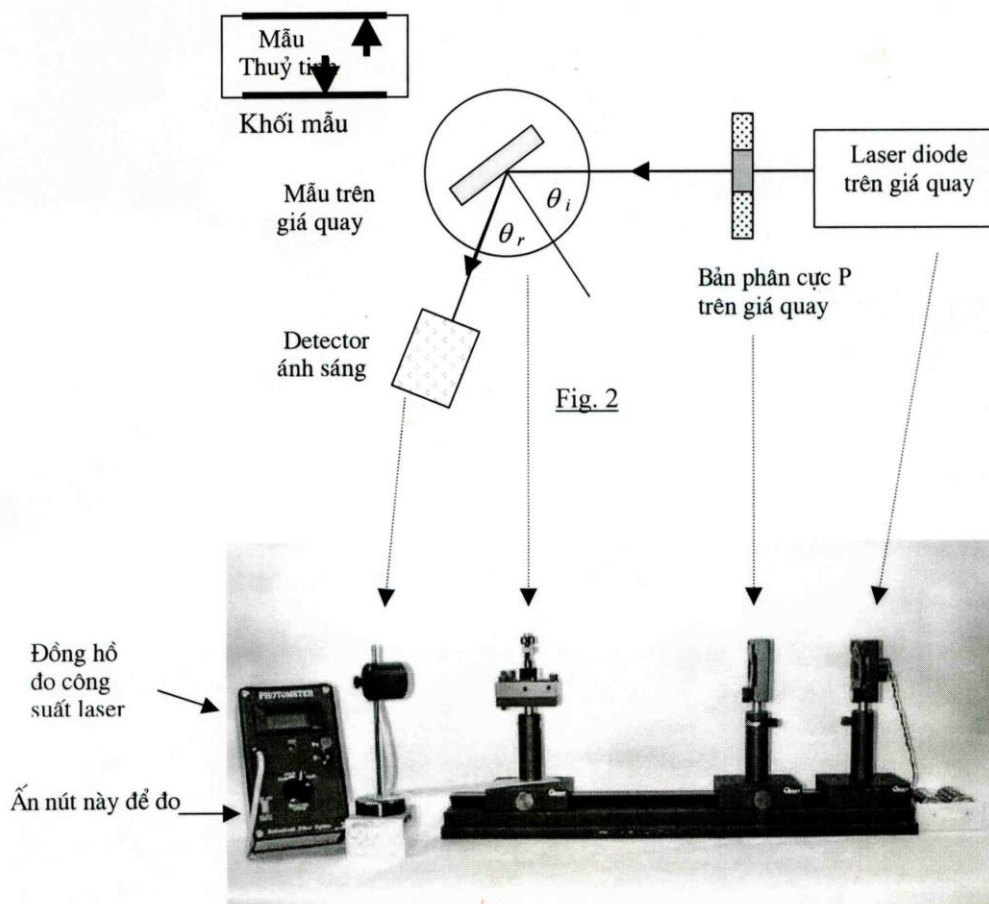


Fig. 3

Ghi chú: Vạch mốc để điều chỉnh góc nằm ở góc trên bên trái của giá quay

II. Thiết bị và vật liệu

(1) Một diot laser lắp trên giá quay, cùng với bộ pin 3 V. Laser phát ra bước sóng 650 nm.

Chú ý: Không được nhìn vào tia laser
Cảnh giác với các tia đi lạc và tia tán xạ

Dùng giấy mỏng được cấp để lau sạch bề mặt kính và mẫu

(2) Một bản phân cực thẳng đường kính 20 mm được lắp trên giá quay. (*Chú ý. góc quay 0° ở trên giá quay không cho biết gì về trục phân cực của bản phân cực*)

(3) Một tấm kính (có chiết suất 1.57 đối với ánh sáng có bước sóng 650 nm) và một phiên bản dẫn được gắn vào 2 mặt đối nhau của một khối mẫu hình hộp chữ nhật.

(4) Một giá quay quang học có bộ kẹp để giữ khối mẫu.

(5) Một đồng hồ đo công suất laser hiện số, và đầu đo ánh sáng (detector ánh sáng) được lắp vào một chân có thể quay quanh mẫu.

(6) Đường ray quang học

(7) Giấy vẽ đồ thị để biểu diễn công suất laser theo góc đặt của giá quay bản phân cực (2 tờ)

(8) Giấy vẽ đồ thị để biểu diễn hệ số phản xạ theo góc tới (4 tờ)

(9) Bảng chắn ánh sáng

(10) Một đèn pin và một thước đo mềm.

III. Thí nghiệm và tính toán

(1): Xác định mặt phẳng phân cực của ánh sáng laser tới.

(1 điểm)

Điôt laser phát ra ánh sáng phân cực **một phần**, ở bước sóng 650 nm. Để cho phép đo có thể tiến hành với kết quả tốt, trục phân cực của bản phân cực cần được đặt dọc theo thành phần phân cực thẳng mạnh nhất của tia laser

Để thu được R_s và R_p , cần xác định được sự định hướng của trục phân cực của bản phân cực, để có thể chủ động tạo nên ánh sáng phân cực song song hoặc vuông góc với mặt phẳng tới. Trục phân cực của bản phân cực có thể tìm được từ công suất của tia laser được phản xạ từ mặt kính có chiết suất đã biết là 1,57.

Với hệ quang học đã được chỉnh tốt nhất có thể được, hãy:

- a) Xác định sự định hướng tương đối của điôt laser với bản phân cực (tức là hiệu đo bằng độ giữa góc đặt của laser điôt trên giá quay và của bản phân cực trên giá quay) sao cho bản phân cực được định hướng theo thành phần phân cực mạnh nhất của tia laser. Trong các phép đo sau đó, ta coi bản phân cực và nguồn như là một hệ, và khi cần quay thì luôn quay cả bản phân cực và laser đi cùng một góc.
- b) Lắp miếng kính (ở trên khối mẫu) vào giá quay, sao cho nó lập góc Brewster với tia tới. Đo và vẽ đồ thị phụ thuộc của công suất tia laser phản xạ vào góc đặt (tính ra độ) của bản phân cực. Từ đó, xác định hướng của trục phân cực của bản phân cực.

Chú ý: Mỗi lần muốn đọc trên đồng hồ đo công suất laser, em cần ấn nút như thấy trên hình 3.

(2): Đo độ phản xạ R_s và R_p của phiến bán dẫn.

(5 điểm)

Lắp khối mẫu lên giá quay sao cho mặt phản xạ của phiến bán dẫn có thể quay quanh một trục thẳng đứng ở trên đường đi của tia tới.

Với hệ quang học đã được chỉnh tốt nhất có thể được, hãy:

- (a) Chiếu vào mặt của phiến bán dẫn tia sáng có phương phân cực song song với mặt phẳng tới.

Đo công suất tia laser phản xạ và vẽ đồ thị giá trị của R_p theo góc tới trong khoảng rộng nhất các giá trị của góc tới mà thiết bị thí nghiệm cho phép.

- (b) Thay đổi phương phân cực của tia tới phản bán dẫn sao cho nó phân cực vuông góc với mặt phẳng tới.

Đo công suất tia laser phản xạ và vẽ đồ thị giá trị của R_s theo góc tới trong khoảng rộng nhất các giá trị của góc tới mà thiết bị thí nghiệm cho phép.

(3) Tính chiết suất của phản bán dẫn

(4 điểm)

- (a) Từ các phương trình Fresnel, hãy chứng tỏ rằng:

$$n = \sqrt{\frac{(1 \pm \sqrt{R_p})(1 + \sqrt{R_s})}{(1 \mp \sqrt{R_p})(1 - \sqrt{R_s})}}$$

Từ các đồ thị em vẽ được, hoặc bằng cách nào khác, hãy xác định khoảng các giá trị của góc tới mà ở đó các dấu của $\pm \sqrt{R_p}$ là dương hoặc âm.

- (b) Dùng các đồ thị thu được ở Câu (2), hãy lập 6 bộ các giá trị của R_p và R_s ở các góc 20° , 30° , 40° , 50° , 60° và 80° .

Tính 6 giá trị của chiết suất n của phản bán dẫn bằng cách dùng 6 bộ giá trị trên. Hãy tính giá trị trung bình của n và ước lượng độ lệch chuẩn của nó.

- (c) Dùng các đồ thị thu được ở Câu (2), bằng cách ngoại suy, hãy xác định R_p và R_s ứng với tia tới vuông góc. Từ đó, tính chiết suất n của phản bán dẫn bằng kết quả ngoại suy này.

Bài số 2

Mục đích thí nghiệm

Mục đích thí nghiệm là nghiên cứu sự phụ thuộc tần số của một âm thoa với hai vật có khối lượng bằng nhau đính ở hai nhánh của nó (tại một điểm định trước gần đầu của nhánh). Sau đó đính hai vật có khối lượng X như nhau vào hai nhánh của âm thoa và xác định X .

Đèn hoạt nghiệm

Thí nghiệm này cần dùng một đèn hoạt nghiệm. Đó là một thiết bị điện tử đơn giản gồm có một đèn phóng điện mà ta có thể làm cho phát sáng trong một thời gian rất ngắn với cường độ sáng cao. Chớp sáng được lặp lại sau những khoảng thời gian rất đều nhau. Đèn hoạt nghiệm cho phép đo tần số quay hoặc dao động của một vật mà không phải dừng đến vật đang chuyển chuyển động.

Chú ý: Tuổi thọ của đèn hoạt nghiệm có giới hạn và được quy định bởi số xung tổng cộng mà nó có thể phát ra. Không nên để đèn chạy mà không dùng đến.

Xét một vật đang chuyển động quay tròn đều. Chiếu sáng nó bằng đèn hoạt nghiệm. Nếu tần số các chớp sáng là bội số hoặc ước số của tần số của vật đang chuyển động thì ta nhìn thấy vật đó như đứng yên. Do đó, chu kỳ quay của vật có thể xác định được bằng cách chỉnh tần số lặp lại của chớp sáng.

Gọi tần số quay của vật là x Hz, tần số chớp sáng là y Hz. Khi đó trong khoảng thời gian $1/y$ giây giữa hai chớp sáng liên tiếp, vật đó đã quay được một góc bằng $2\pi x/y$.

Nếu y/x là một số vô tỉ tức là không biểu diễn được bằng tỉ số của hai số nguyên thì ta thấy vật không đứng yên, và ta thấy nó có thể quay chậm theo chiều tiến hoặc lùi, tùy theo y/x là hơi nhỏ hơn hoặc hơi lớn hơn một phân số hữu tỉ nào đó gần nó.

Nếu $y/x = q/p$ với q và p là những số nguyên, thì đèn hoạt nghiệm phát chớp sáng q lần trong p chu kỳ trọn vẹn của vật chuyển động. Không những thế, nếu p và q không có ước số chung (như ta giả thiết từ đây về sau), thì mỗi chớp sáng sẽ cho thấy một vị trí của vật. Và như vậy, nhìn dưới ánh sáng đèn hoạt nghiệm, ta thấy vật đứng yên ở q vị trí.

Nếu q quá lớn, thì rất khó có thể đếm được số vị trí mà vật đang quay hiện ra.

Lí thuyết áp dụng cho vật quay nói ở trên cũng được áp dụng cho một âm thoa đang dao động điều hoà, nếu ta xem dao động như là hình chiếu của chuyển động tròn trên một đường kính cho trước. Tuy nhiên, trong trường hợp này, vì cứ sau mỗi nửa chu kỳ, vật dao động vẽ lại đường đi của nó theo chiều ngược với lúc trước, nên đôi khi có thể xảy ra là hình ảnh của vật trong một nửa chu kỳ này lại trùng với hình ảnh của nó ở nửa chu kỳ tiếp theo. Như vậy chỉ thấy được một ảnh có cường độ sáng gấp đôi, mặc dù đó là hai ảnh. Ta phải cẩn giác với sự trùng phùng bất thường này trong các quan sát thực nghiệm.

Xác định sự đồng bộ cơ bản

Ta thu được sự đồng bộ cơ bản khi đèn phát sáng một lần trong mỗi chu kỳ quay hoặc dao động của vật ta đang quan sát. Như thế ta thấy vật đứng yên ở một vị trí. Tuy nhiên, khi tần số chớp sáng là một ước số ($1/2, 1/3, 1/4$ v.v..) của tần số quay của vật, thì ta cũng thấy như thế và rất khó phân biệt với trường hợp đã nói trên. Như thế, nếu tần số quay của vật là hoàn toàn chưa biết, thì để xác định sự đồng bộ cơ bản, tốt nhất là bắt đầu quan sát với tần số chớp sáng lớn. Khi ấy ta sẽ thấy được nhiều ảnh của vật. Tiếp theo, ta giảm dần tần số chớp sáng cho đến khi nhìn thấy ảnh đơn **đầu tiên** của vật. Nên dùng cách làm đó trong mọi phép đo khi cần tìm sự đồng bộ cơ bản.

Bội của tần số cơ bản

Bội của tần số cơ bản sẽ xảy ra khi đèn hoạt nghiệm chớp sáng với tần số cao hơn tần số của vật đang quan sát. Ngược lại, khi tần số chớp thấp hơn tần số chuyển động của vật, được gọi là ước của tần số cơ bản.

Nếu tần số chớp sáng của đèn lớn hơn tần số quay của vật q lần ta sẽ nhìn thấy nhiều ảnh. Khi ấy vật quay hiện ra dưới dạng nhiều vật đứng yên, xếp đều đặn quanh một vòng tròn. Nếu tần số chớp sáng gấp đôi tần số vật quay, hay $q/p = 2$, ta thấy hai vật nằm cách nhau góc π radian; Nếu tần số gấp 3, hay $q/p = 3$ ta sẽ thấy 3 vật nằm cách nhau góc $2\pi/3$ v.v. Tóm lại tần số của vật quay là tần số chớp sáng chia cho số ảnh của vật nhìn thấy. Trong trường hợp tổng quát, nếu $q > p > 1$, đèn hoạt nghiệm chớp sáng q lần trong p chu kỳ của vật chuyển động, ta cũng thấy vật đứng yên ở q vị trí.

Ước của tần số cơ bản

Bây giờ giả sử q/p nhỏ hơn đơn vị. Nếu tần số chớp sáng đúng bằng $1/p$ lần tần số của vật quay, với $p > 1$, thì vật sẽ thực hiện được p chu kỳ trong mỗi chu kỳ chớp sáng và ta chỉ thấy một ảnh đứng yên. Nếu $p > q > 1$, đèn hoạt nghiệm sẽ chớp sáng q lần trong p chu kỳ chuyển động của vật, và số ảnh đứng yên mà ta nhìn thấy sẽ là q .

Âm thoa

Một âm thoa được thiết kế để cho nó có thể dao động ở tần số cơ bản không có hoạ ba khi ta gõ nó. Hai nhánh của âm thoa rất đối xứng với nhau để chúng chuyển động hoàn toàn ngược pha với nhau, và ở mỗi thời điểm chúng tác dụng những lực bằng và ngược chiều lên tâm của cán. Tổng lực tác dụng lên cán luôn luôn bằng không nên cán không dao động, và khi cầm cán ta không làm dao động của âm thoa bị tắt dần. Tương tự, nếu các nhánh của âm thoa không dao động với pha như đã nói ở trên, thì sẽ sinh ra một lực tuần hoàn tác dụng lên cán làm cho dao động của âm thoa bị tắt dần nhanh chóng.

Ta có thể làm giảm tần số cơ bản của âm thoa bằng cách gắn hai vật có khối lượng như nhau vào các nhánh của nó. Ta phải gắn hai vật cho thực đối xứng để dao động của âm thoa bị tắt dần ít nhất.

Chu kỳ dao động T của một âm thoa có tải như vậy cho bởi công thức:

$$T^2 = A(m + B)$$

trong đó A là một hằng số phụ thuộc vào kích thước, hình dạng, và cơ tính của vật liệu làm âm thoa, B là một hằng số tùy thuộc vào khối lượng hiệu dụng của mỗi nhánh dao động.

Các dụng cụ thí nghiệm được cung cấp:

1. Một đèn hoạt nghiệm mà tần số chớp sáng được chỉ thị bằng số.
2. Một đèn pin nhỏ.
3. Một âm thoa có hai vật nặng 31,6 g gắn đối xứng với nhau ở hai nhánh, và khối tâm của vật nặng trùng với điểm P đã đánh dấu rõ ràng trên mỗi nhánh.
4. Hai chiếc kẹp giấy mà tay đòn bẩy bằng dây thép có thể tháo ra được. Các tay đòn đó chỉ dùng để mở kẹp, khi làm thí nghiệm thì phải tháo ra.
5. Hai vật nặng giống nhau, khối lượng X chưa biết.
6. Một bộ gồm các vật có khối lượng đã biết : 5g, 10g, 15g, 20g, 25g, mỗi loại có hai vật.
7. Giấy vẽ đồ thị chia độ đều (5 tờ).

Các bước thí nghiệm

Bước 1: Sự đồng bộ cơ bản và các phép đo tần số bội (2,7 điểm).

- (a) Chính cho được sự đồng bộ cơ bản giữa các chớp sáng của đèn hoạt nghiệm và dao động của âm thoa có gắn vật nặng khối lượng 31,6g vốn có của nó trên mỗi nhánh. Muốn biết vật nặng có được gắn với khối tâm nằm đúng điểm P hay không thì phải tạm thời tháo nó ra để nhìn, (vì dấu của điểm P đánh trên các nhánh bị vật nặng che khuất). Ghi lại tần số cơ bản của chớp sáng của đèn hoạt nghiệm.
- (b) Cho tần số chớp sáng cao hơn tần số cơ bản, hãy cố gắng tìm thật nhiều tần số chớp sáng mà ta nhìn được các ảnh đứng yên của âm thoa có gắn vật nặng 31,6g khi nó dao động. Hãy tìm các giá trị của q/p ứng với các trường hợp ấy.
- (c) Lập bảng ghi số liệu đo được (theo trình tự q/p tăng dần) theo mẫu dưới đây . Viết q/p dưới dạng một phân số hữu tỷ.

Tần số đọc trên đèn hoạt nghiệm	Số ảnh đứng yên đếm được	Giá trị của q/p

Vẽ đồ thị (đường thẳng) biểu diễn các tần số chớp sáng đọc được trên máy hoạt nghiệm theo các tần số bội của âm thoa. Ghi giá trị của q/p tương ứng với các điểm trên đồ thị.

Bước 2 : Các phép đo tần số ước (2,3 điểm)

- a. Cho tần số chớp sáng của máy hoạt nghiệm nhỏ hơn tần số cơ bản của âm thoa có gắn vật nặng 31,6g, và đọc hết các tần số chớp sáng mà ta nhìn thấy các ảnh đứng yên của âm thoa khi nó dao động.
- b. Lập bảng ghi số liệu đo được giống như trong câu 1, nhưng theo thứ tự giảm dần của q/p . Vẽ đồ thị (đường thẳng) biểu diễn các tần số chớp sáng đã đọc được theo tần số ước của âm thoa (có gắn 31,6g). Ghi giá trị của q/p ứng với các điểm trên đồ thị

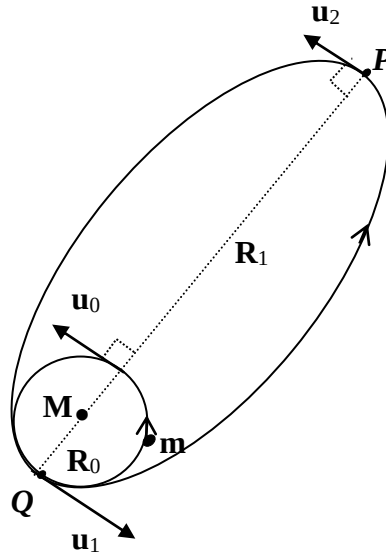
Bước 3 : Xác định khối lượng X của vật nặng trong cặp vật chưa biết khối lượng. (5 điểm)

- a. Tháo bỏ vật nặng 31,6 g khỏi các nhánh của âm thoa (nhờ đó cũng thấy được điểm P đã đánh dấu trên nhánh). Xác định tần số dao động của âm thoa không có gắn vật nặng.
- b. Đo tần số dao động của âm thoa có gắn các vật nặng 5g, 10g, 15g, 20g, và 25g lần lượt ở các nhánh của âm thoa. Mỗi lần thay vật nặng nhớ kiểm tra kỹ xem khối tâm của nó có nằm đúng điểm P hay không. Nhớ rằng ta gọi giá trị “ m ” của vật nặng là tổng khối lượng của chính vật đó và khối lượng của cái kẹp giấy dùng để kẹp vật (đã tháo bỏ tay đòn bẩy).
- c. Lập bảng ghi kết quả đã thu được trong phần (b) và vẽ đồ thị biểu diễn T^2 theo m . Xác định độ dốc của đường biểu diễn và giao điểm của nó với trục m .
- d. Thay các vật nặng khối lượng đã biết bằng các vật nặng có khối lượng chưa biết X . Đo tần số dao động khi có các vật nặng này. Suy ra khối lượng X . Nhắc lại một lần nữa là X bao gồm cả khối lượng của cái kẹp giấy (đã tháo bỏ các đòn bẩy).

Bài thi Lí thuyết

I. Sự chuyển quỹ đạo của vệ tinh

Trong một tương lai gần, tự chúng ta có thể tham gia vào việc phóng một vệ tinh, mà theo quan điểm vật lí, chỉ cần sử dụng cơ học đơn giản.



a) Một vệ tinh có khối lượng m đang quay quanh Trái Đất có khối lượng M theo một quỹ đạo tròn, bán kính R_0 . Tính vận tốc u_0 của vệ tinh khối lượng m theo M , R_0 và hằng số vạn vật hấp dẫn G .

(1 điểm)

b) Ta cần đưa vệ tinh này vào quỹ đạo đi qua điểm P cách tâm Trái Đất một khoảng R_1 bằng cách tăng (hầu như tức thời) vận tốc của nó ở điểm Q từ u_0 lên u_1 . Tính u_1 theo u_0 , R_0 , R_1 .

(2 điểm)

c) Suy ra giá trị tối thiểu của u_1 theo u_0 mà vệ tinh cần có để thoát hoàn toàn khỏi ảnh hưởng của Trái Đất.

(1 điểm)

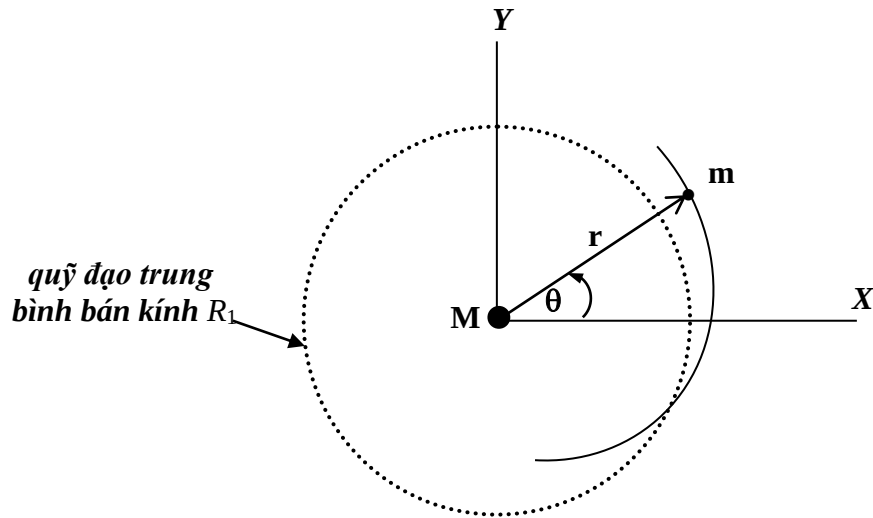
d) (Liên quan đến phần b.) Tính vận tốc u_2 của vệ tinh tại điểm P theo u_0, R_0, R_1 .

(1 điểm)

e) Bây giờ, tại điểm P, ta muốn thay đổi quỹ đạo của vệ tinh thành quỹ đạo tròn có bán kính R_1 bằng cách tăng giá trị của u_2 (hầu như tức thời) tới u_3 . Tính độ lớn của u_3 theo u_2, R_0, R_1 .

(1 điểm)

f)



Nếu vệ tinh bị nhiễu loạn nhẹ và tức thời theo phương bán kính, sao cho nó bị lệch khỏi quỹ đạo hoàn toàn tròn bán kính R_1 lúc đầu, hãy tính chu kì dao động T của r quanh khoảng cách trung bình R_1 .

Gợi ý: Các em có thể sử dụng (nếu thấy cần thiết) phương trình chuyển động của một vệ tinh trên quỹ đạo:

$$m \left[\frac{d^2}{dt^2} r - \left(\frac{d}{dt} \theta \right)^2 r \right] = -G \frac{Mm}{r^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

và định luật bảo toàn mômen động lượng:

$$mr^2 \frac{d}{dt} \theta = \text{constant} \quad \dots\dots\dots (2)$$

(3 điểm)

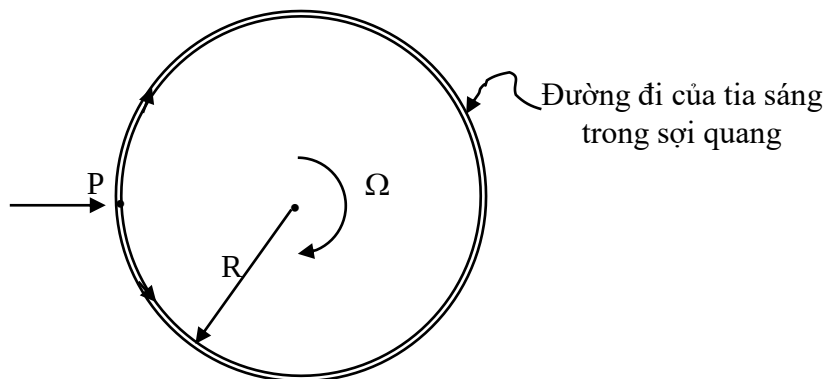
g) Hãy vẽ phác toàn bộ quỹ đạo bị nhiễu loạn cùng với quỹ đạo không bị nhiễu loạn.

(1 điểm)

II. Con quay quang học

Vào năm 1913, Georges Sagnac (1869-1926) đã xét việc sử dụng một bộ cộng hưởng vòng để tìm sự trôi của ê te vũ trụ đối với một hệ quy chiếu quay. Tuy nhiên, như thường xảy ra, các kết quả của ông đã có những ứng dụng mà chính ông cũng chưa bao giờ mơ tới. Một trong những ứng dụng đó là con quay sợi quang (Fibre-Optic Gyroscope- FOG) dựa trên một hiện tượng đơn giản mà lần đầu tiên Sagnac đã quan sát được. Hiện tượng vật lý chủ yếu liên quan đến hiệu ứng Sagnac là do sự dịch pha gây nên bởi hai chùm tia sáng kết hợp được truyền theo hai chiều ngược nhau vòng quanh một vòng đang quay làm bằng sợi quang. Độ dịch pha này còn được dùng để xác định vận tốc góc của vòng đang quay.

Như chỉ ra trên sơ đồ ở Hình 1, một sóng ánh sáng đi qua điểm P vào một sợi quang hình tròn có bán kính R đặt trên một bệ quay với vận tốc góc không đổi Ω theo chiều kim đồng hồ. Tại đây, sóng ánh sáng bị tách thành hai sóng truyền theo hai hướng ngược nhau dọc theo vòng: theo chiều kim đồng hồ (CW) và ngược chiều kim đồng hồ (CCW). Chiết suất của vật liệu làm sợi quang là μ . Giả thiết đường truyền tia sáng trong sợi quang là một đường tròn tròn trịa có bán kính R .



Hình 1

a) Trên thực tế, vận tốc quay của vòng nhỏ hơn vận tốc ánh sáng rất nhiều, sao cho $(R\Omega)^2 \ll c^2$. Hãy tìm hiệu thời gian $\Delta t = t^+ - t^-$ trong đó t^+ và t^- chỉ thời gian

đi hết một vòng kín của các tia đi theo chiều kim đồng hồ (CW) và ngược chiều kim đồng hồ (CCW). Hãy viết kết quả theo diện tích A được bao quanh bởi cái vòng.

(2 điểm)

b) Hãy tìm hiệu quang trình ΔL của tia CW và tia CCW khi chúng đi hết một vòng kín trên cái vòng đang quay

(2 điểm)

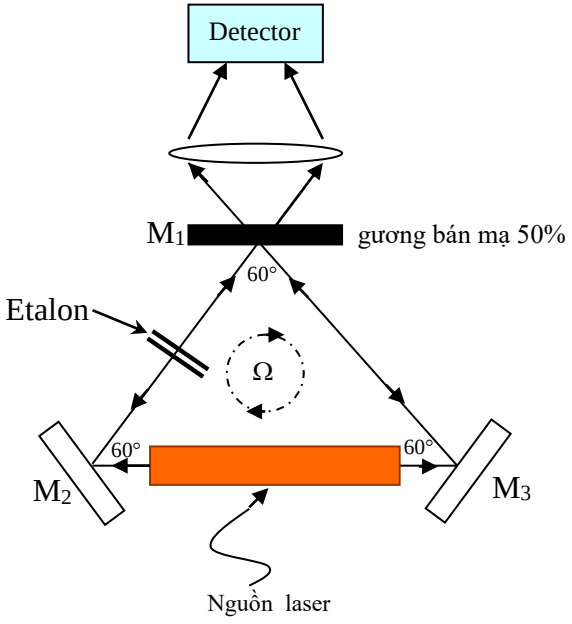
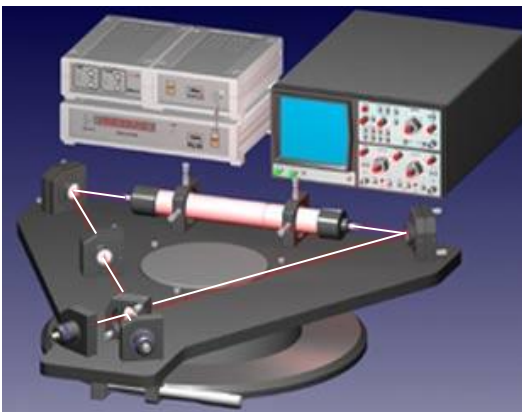
c) Với một sợi quang hình tròn có bán kính $R = 1 \text{ m}$, hãy tìm giá trị cực đại của ΔL đối với sự quay của Trái Đất. Cho $\mu = 1,5$.

(1 điểm)

d) Trong phần b), phép đo có thể được khuếch đại bằng cách tăng số vòng của cuộn sợi quang lên N vòng. Hãy tìm hiệu số pha $\Delta\theta$ của hai tia sáng khi chúng đã đi hết chiều dài cuộn sợi quang.

(1 điểm)

Sơ đồ thứ hai của Con quay Quang học là Con quay Laser Vòng (Ring Laser Gyroscope - RLG). Điều này có thể thực hiện bằng cách đặt hốc cộng hưởng của nguồn phát laser vào một vòng dưới dạng một tam giác đều, chiều dài tổng cộng của vòng là L , như trên Hình 2. Nguồn laser ở đây sẽ sinh ra hai nguồn sáng kết hợp lan truyền theo hai hướng ngược nhau. *Để duy trì dao động của laser trong bộ cộng hưởng vòng hình tam giác này, chu vi của vòng phải bằng một số nguyên lần bước sóng λ .* Etalon (bộ chuẩn mẫu), là một dụng cụ phụ được đặt chen vào vòng; nó có thể gây ra trong vòng các tổn hao có tính lọc lựa theo tần số, sao cho các kiểu dao động không mong muốn bị làm yếu đi hoặc bị loại trừ.

	
Hình.2: Sơ đồ minh họa Con quay Laser Vòng	Hình 3: Minh họa Con quay Laser Vòng được nói tới trong bài toán này

e) Tìm hiệu số thời gian truyền Δt theo chiều kim đồng hồ và ngược chiều kim đồng hồ cho trường hợp vòng hình tam giác như trên Hình 2. Viết kết quả theo Ω và diện tích A được bao quanh bởi vòng. Chứng tỏ rằng kết quả này cũng giống hệt như kết quả đối với vòng hình tròn. (2 điểm)

f) Nếu cái vòng này quay với tần số góc Ω như trên Hình 2, sẽ có sự khác nhau về tần số giữa hai phép đo CW và CCW. Tìm tần số phách $\Delta \nu$ quan sát được giữa hai tia CW và CCW theo L, Ω, λ (2 điểm)

III. Thấu kính Plasma

Vật lí các chùm hạt cường độ lớn có ảnh hưởng mạnh không chỉ tới nghiên cứu cơ bản mà còn tới cả các ứng dụng trong y học và công nghiệp. Thấu kính plasma là một dụng cụ tạo ra sự hội tụ cực mạnh ở cuối của buồng va chạm tuyến tính. Để thấy rõ các khả năng của thấu kính plasma, có thể so sánh nó với các thấu kính từ và tĩnh điện thường gặp. Trong các thấu kính từ, khả năng hội tụ tỉ lệ với gradien từ trường. Trong thực tế, giới hạn trên của thấu kính hội tụ tứ cực vào khoảng 10^2 T/m, trong khi đó với thấu kính plasma có mật độ 10^{17} cm⁻³, khả năng hội tụ của nó tương đương với một từ trường có gradien 3×10^6 T/m (lớn hơn khoảng 4 bậc so với thấu kính tứ cực từ).

Dưới đây, chúng ta sẽ làm rõ tại sao các chùm hạt tương đối tính có cường độ lớn lại có thể tạo ra những chùm tự hội tụ, mà không đẩy nhau ra xa.

a) Xét một chùm tia electron hình trụ dài có mật độ hạt đồng nhất n và vận tốc trung bình v , (cả hai đại lượng đều xét trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm). Tìm biểu thức của điện trường tại một điểm bên trong chùm tia, cách trục giữa của chùm tia một khoảng r , bằng cách sử dụng Điện Từ học cổ điển.

(1 điểm)

b) Tìm biểu thức của từ trường ở cùng điểm như trong câu a).

(2 điểm)

c) Tìm lực tổng hợp hướng ra ngoài, tác dụng lên một electron trong chùm tia khi electron đi qua điểm đó.

(1 điểm)

d) Giả thiết rằng biểu thức thu được ở c) áp dụng được cho các vận tốc tương đối tính, hãy tìm lực tác dụng lên electron khi v tiến gần đến vận tốc ánh sáng c , trong

$$\text{đó } c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}.$$

(1 điểm)

e) Nếu chùm tia electron đó (có bán kính R) đi vào trong một plasma có mật độ đều $n_0 < n$ (plasma là khí bị ion hoá, gồm các ion và electron có mật độ điện tích bằng nhau), tìm lực tổng hợp tác dụng lên một *ion của plasma dừng*, tại một điểm ở bên ngoài chùm tia, cách trục của chùm tia một khoảng r' , ở một thời điểm cách lúc chùm tia đi vào plasma một khoảng thời gian dài. Em có thể giả thiết rằng mật độ

ion của plasma giữ không đổi và tính đối xứng trụ vẫn được duy trì.

(3 điểm)

f) Sau một thời gian đủ dài, tính lực tổng hợp tác dụng lên một electron của chùm tia nằm trong plasma, tại điểm cách trục giữa của chùm tia một khoảng r , giả thiết $v \rightarrow c$, với điều kiện là mật độ ion của plasma giữ không đổi và tính đối xứng trụ vẫn được duy trì.

(2 điểm)

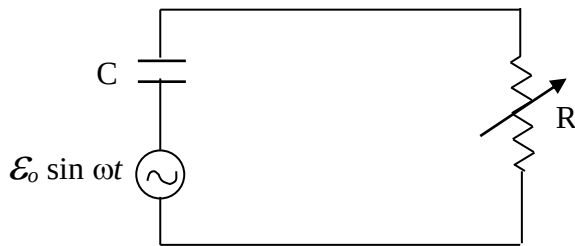
Bài thi thực hành

I. Xác định điện dung

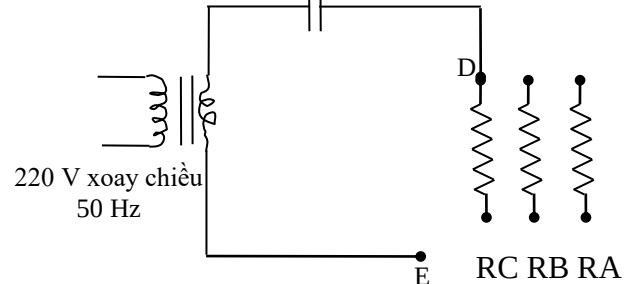
Cơ sở

Ta đã biết tụ điện đóng một vai trò đáng kể trong các mạch điện. Có nhiều phương pháp khác nhau để đo điện dung của một tụ điện. Trong thí nghiệm này, em cần tiến hành thí nghiệm để xác định điện dung của một tụ điện bằng cách sử dụng một mạch điện xoay chiều đơn giản.

Trên Hình 1.1(a), một tụ điện có điện dung C và một điện trở R được mắc nối tiếp vào một nguồn xoay chiều có tần số của điện lưới. Công suất điện tiêu hao trên điện trở R phụ thuộc vào các giá trị $\mathcal{E}_0$, C , R và tần số f của điện lưới. Việc phân tích bằng đồ thị mối quan hệ này có thể được dùng để xác định C .



Hình 1.1 (a): Mạch điện xoay chiều dùng để xác định C



Hình 1.1 (b): Sơ đồ thiết bị được sử dụng

Vật liệu và dụng cụ

1. tụ điện
2. ba điện trở đã biết giá trị, với sai số $\pm 5\%$ ($R_A = 680\Omega$, $R_B = 1500\Omega$ và $R_C = 3300\Omega$) như vẽ trên Hình 1.1(b)
3. biến thế hạ thế cho nguồn xoay chiều, $f = 50\text{ Hz}$
4. vôn kế hiện số
5. các sợi dây nối điện
6. các tờ giấy vẽ đồ thị có ô chia đều

Chú ý: Máy đo vạn năng hiện số trong thí nghiệm này chỉ được dùng để đo hiệu điện thế hiệu dụng ($\tilde{V}$) trên R. Không được dùng nó để đo các đại lượng khác

Hướng dẫn

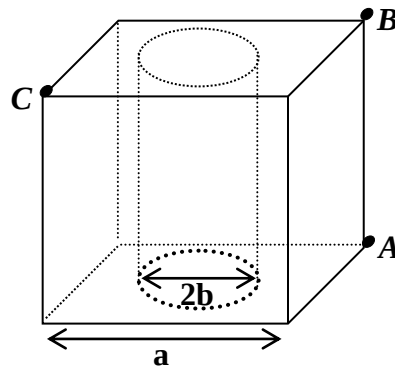
- a) Tìm biểu thức cho công suất tiêu hao trung bình $\bar{P}$ trên điện trở R theo $\mathcal{E}_o$, R , C và ω . (1 điểm)
- b) Suy ra điều kiện để cho $\bar{P}$ cực đại. (1 điểm)
- c) Biến đổi biểu thức tìm được ở a) thành biểu thức nêu sự phụ thuộc tuyến tính giữa đại lượng α và đại lượng β nào đó. (1 điểm)
- d) Đo hiệu điện thế hiệu dụng V trên điện trở R với mọi khả năng tổ hợp khả dĩ của R_A, R_B và R_C . (2,5 điểm)
- e) Vẽ đồ thị của $\bar{P}$ theo R và từ đồ thị này, tính giá trị của điện dung C . (2 điểm)
- f) Từ c), vẽ đồ thị của α theo β và xác định điện dung C . (2 điểm)
- g) Ước tính sai số của C thu được ở e) và f). (0,5 điểm)

II. Lỗ khoét hình trụ

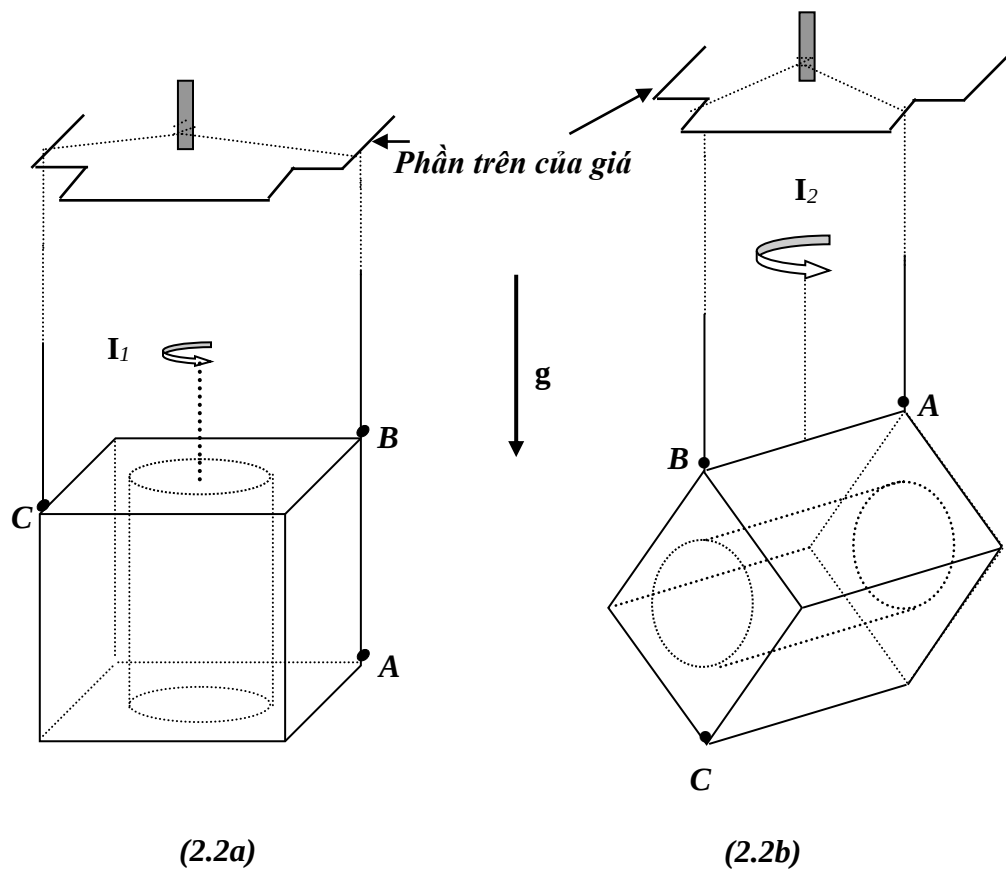
Cơ sở

Có nhiều cách nghiên cứu một vật có khoét lỗ ở bên trong. Phương pháp dao động cơ học là một trong các phương pháp không phá hủy mẫu. Trong bài này, em được cấp một hình lập phương bằng đồng thau, có mật độ đồng nhất, bên trong có một lỗ khoét hình trụ. Em cần tiến hành các phép đo cơ học không phá hủy mẫu và dùng các dữ liệu đó để vẽ một đồ thị thích hợp và tìm ra tỉ số giữa bán kính của lỗ khoét và cạnh của khối lập phương.

Khối lập phương cạnh a có một lỗ khoét hình trụ bán kính b nằm dọc theo trục đối xứng của nó, như được vẽ trên Hình 2.1. Lỗ khoét này được đục bằng các đĩa rất mỏng làm bằng cùng vật liệu. A, B, C là các lỗ nhỏ ở các góc của khối lập phương. Các lỗ đó có thể dùng để treo khối lập phương theo 2 cách. Hình 2.2(a) chỉ ra cách treo dùng B và C; còn cách treo dùng A và B được vẽ ở Hình 2.2 (b).

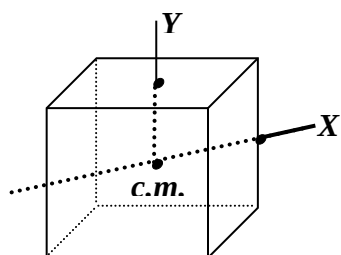


Hình 2.1 Khối lập phương có lỗ khoét hình trụ



Hình 2.2 Hai cách treo khối lập phương

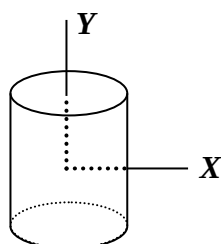
Khi tìm các công thức cần thiết, học sinh có thể dùng những kiến thức sau đây:



Với một khối lập phương đặc, cạnh a , thì

$$I = \frac{1}{6}Ma^2 \text{ đối với cả hai trục}$$

c.m. = khối tâm (center of mass)



Với một khối trụ đặc, bán kính b , chiều dài a , thì

$$I_y = \frac{1}{2} mb^2$$

$$I_x = \frac{1}{12} ma^2 + \frac{1}{4} mb^2$$

Vật liệu và dụng cụ

1. khối lập phương bằng đồng thau
2. đồng hồ bấm giây (thì kè)
3. giá đỡ
4. dây để treo
5. thước đo
6. các tờ giấy vẽ đồ thị có chia ô đều

Thí nghiệm

- a) Chọn một trong hai cách treo khối lập phương bằng hai sợi dây như vẽ trên Hình 2.2, và tìm biểu thức cho mô men quán tính và biểu thức cho chu kì dao động quanh trục thẳng đứng đi qua khối tâm, theo ℓ, d, b, a và g . Ở đây ℓ là chiều dài của mỗi dây và d là khoảng cách giữa hai dây. (2 điểm)
- b) Thực hiện các phép đo cơ học cần thiết, không phá huỷ mẫu, rồi dùng những dữ liệu thu được để vẽ một đồ thị thích hợp và tìm giá trị của $\frac{b}{a}$. (8 điểm)

Giá trị của g ở Bangkok là $g = 9,78 \text{ m/s}^2$

ĐO KHỐI LƯỢNG TRONG TRẠNG THÁI KHÔNG TRỌNG LƯỢNG

Trong một trạm không gian quay quanh Trái đất có trạng thái không trọng lượng. Do đó, ta không thể dùng những dụng cụ đo trọng lượng thông thường để từ đó suy ra khối lượng của các nhà du hành vũ trụ. Trạm nghiên cứu vũ trụ Skylab 2 và một vài trạm nghiên cứu vũ trụ khác được trang bị một thiết bị đo khối lượng của người. Thiết bị này gồm có một cái ghế gắn ở đầu của một lò xo. Đầu kia của lò xo được gắn vào một điểm cố định của trạm. Trục của lò xo đi qua khối tâm của trạm, độ cứng của lò xo là $k = 605,6 \text{ N/m}$.

1. Khi trạm đang cố định trên bề phóng, thì chiếc ghế (không có người) dao động với chu kỳ $T_0 = 1,28195 \text{ s}$.

Tính khối lượng m_0 của chiếc ghế. [2,0 điểm]

2. Khi trạm đang quay trên quỹ đạo quanh Trái đất, nhà du hành vũ trụ ngồi trong chiếc ghế và đo chu kỳ dao động T' của chiếc ghế. Anh ta thu được $T' = 2,33044 \text{ s}$. Anh ta tính đại khái khối lượng của mình thì thấy nghi ngờ và tìm cách xác định khối lượng thực của mình. Anh ta đo lại chu kỳ dao động của chiếc ghế (không có người) và tìm được $T_0' = 1,27395 \text{ s}$.

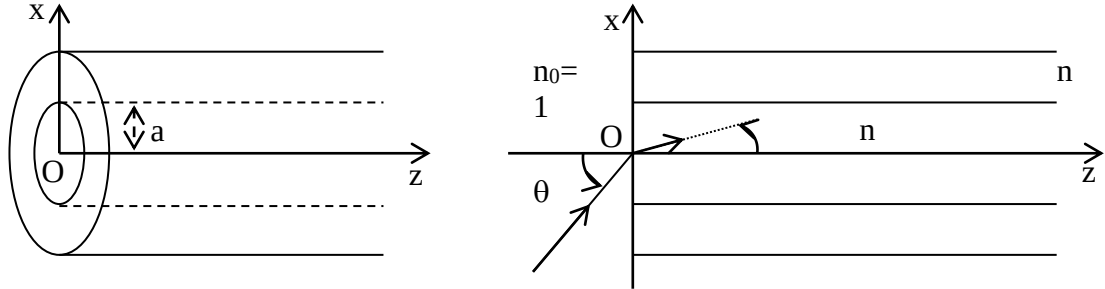
Lúc đó anh ta đang trong trạng thái lơ lửng trong trạm.

Tính khối lượng thực của nhà du hành vũ trụ và khối lượng của trạm. [4,0 điểm]

Chú ý: Bỏ qua khối lượng của lò xo.

Bài thi lí thuyết số 2

SỢI QUANG



Một sợi quang học (gọi tắt là sợi quang) gồm một lõi hình trụ, bán kính a , làm bằng vật liệu trong suốt có chiết suất biến thiên liên tục từ giá trị $n = n_1$ trên trục đến $n = n_2$ (với $1 < n_2 < n_1$) ở khoảng cách a đến trục theo công thức:

$$n = n(x) = n_1 \sqrt{1 - \alpha^2 x^2}$$

với x là khoảng cách từ điểm có chiết suất n đến trục của lõi, α là hằng số.

Lõi được bao bọc bởi một lớp vỏ làm bằng vật liệu có chiết suất n_2 không đổi. Bên ngoài sợi quang là không khí, có chiết suất n_0 .

Gọi Oz là trục của sợi quang học, với O là tâm của một đầu sợi.

Cho $n_0 = 1,000$; $n_1 = 1,500$; $n_2 = 1,460$; $a = 25 \mu\text{m}$.

1. Một tia sáng đơn sắc được chiếu vào sợi quang tại điểm O dưới góc tới θ , mặt phẳng tới là mặt phẳng xOz .

a. Hãy chỉ ra rằng tại mỗi điểm trên đường đi của tia sáng trong sợi quang, chiết suất n và góc θ giữa tia sáng và trục Oz thỏa mãn hệ thức $n \cos \theta = C$, với C là một hằng số. Tìm biểu thức của C theo n_1 và θ . [1,0 điểm]

b. Sử dụng kết quả câu 1.a. và hệ thức lượng giác $\cos \theta = (1 + \tan^2 \theta)^{-\frac{1}{2}}$, trong đó $\tan \theta = \frac{dx}{dz} = x'$ là độ dốc của tiếp tuyến của đường đi tia sáng tại điểm (x, z) , hãy suy ra phương trình cho x' . Tìm biểu thức đầy đủ của α theo n_1 , n_2 và a . Bằng cách đạo

hàm hai vế của phương trình này theo z , tìm phương trình cho đạo hàm bậc hai x'' .
[1,0 điểm]

c. Tìm biểu thức của hàm số x theo z , tức là $x = f(z)$, thoả mãn phương trình trên.
Đó là phương trình đường đi của ánh sáng trong sợi quang. [1,0 điểm]

d. Vẽ phác quỹ đạo của hai tia sáng đi vào sợi quang dưới hai góc tới θ khác nhau trong một chu kì đầy đủ. [1,0 điểm]

2. Sự truyền của ánh sáng trong sợi quang học.

a. Tìm góc tới cực đại θ_M , dưới góc tới đó ánh sáng vẫn còn có thể lan truyền bên trong lõi của sợi quang. [1,5 điểm]

b. Xác định biểu thức tọa độ z của giao điểm của tia sáng với trục Oz với $\theta \neq 0$.
[1,5 điểm]

3. Ánh sáng được sử dụng để truyền tín hiệu dưới dạng những xung cực ngắn (bỏ qua độ rộng của xung).

a. Xác định khoảng thời gian τ để ánh sáng đi từ điểm O đến giao điểm thứ nhất với trục Oz với góc tới $\theta \neq 0$ và $\theta \leq \theta_M$.

Tỉ số giữa tọa độ z tại giao điểm thứ nhất và τ được gọi là tốc độ lan truyền của tín hiệu ánh sáng dọc theo sợi quang học. Giả thiết rằng tốc độ này thay đổi đơn điệu theo θ .

Tìm tốc độ này ứng với $\theta = \theta_M$ (gọi là v_M).

Tìm tốc độ truyền thẳng của tia sáng dọc theo trục Oz . (gọi là v_0)

So sánh hai tốc độ đó. [3,25 điểm]

b. Chùm sáng mang tín hiệu là một chùm sáng hội tụ đi vào sợi quang tại điểm O dưới các góc tới θ khác nhau với $0 \leq \theta \leq \theta_M$. Tính tần số lặp lại cao nhất f của xung tín hiệu để ở khoảng cách $z = 1000\text{m}$ thì hai xung liên tiếp vẫn còn tách biệt nhau (nghĩa là các xung không đè lên nhau).

Chú ý:

1. Tính chất sóng của ánh sáng không được xét đến trong bài toán này.

2. Bỏ qua sự tán sắc của ánh sáng.

3. Tốc độ ánh sáng trong chân không là $2,999 \times 10^8$ m/s.

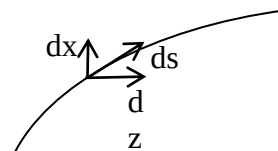
4. Em có thể dùng những công thức sau đây:

• Chiều dài của một cung nhỏ nguyên tố ds trong mặt phẳng xOz là:

$$ds = dz \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2}$$

$$\bullet \int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - b^2 x^2}} = \frac{1}{b} \text{Arc sin} \frac{bx}{a}$$

$$\bullet \int \frac{x^2 dx}{\sqrt{a^2 - b^2 x^2}} = -\frac{x\sqrt{a^2 - b^2 x^2}}{2b^2} + \frac{a^2 \text{Arc sin} \frac{bx}{a}}{2b^3}$$



• **Arcsin** x là hàm số ngược của hàm số **sin** x . Giá trị của nó là góc nhỏ nhất có sin bằng x . Nói khác đi, nếu $y = \text{Arcsin} x$ thì **sin** $y = x$.

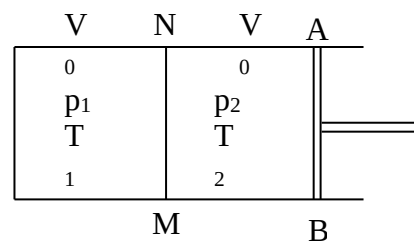
Bài thi lí thuyết số 3

SỰ NÉN VÀ SỰ GIẢI NỞ CỦA MỘT HỆ HAI KHÍ

Một xi lanh được chia làm hai phần bởi một vách ngăn di động MN, phần bên trái được giới hạn bởi đáy của xi lanh và vách ngăn MN (Hình 1), phần này chứa một mol hơi nước. Phần bên phải được giới hạn bởi vách ngăn MN và pittông di động AB, phần này chứa một mol khí nitơ (N_2).

Thoạt tiên, thể tích và nhiệt độ của khí ở hai phần là bằng nhau, vách ngăn MN dẫn nhiệt tốt, nhiệt dung của nó rất nhỏ, có thể bỏ qua.

Thể tích riêng của nước ở thể lỏng thì bỏ qua so với thể tích riêng của hơi nước ở cùng nhiệt độ.



Hình 1

Nhiệt hoá hơi L được định nghĩa là nhiệt lượng cần thiết để làm cho một đơn vị khối lượng vật chất biến đổi từ thể lỏng sang thể hơi ở cùng nhiệt độ.

Đối với nước ở $T_0 = 373\text{ K}$, $L = 2250\text{ kJ/kg}$.

1. Cho rằng pittông và thành xi lanh dẫn nhiệt tốt và vách ngăn MN có thể trượt tự do không ma sát. Trạng thái ban đầu của các khí trong xi lanh được xác định như sau: áp suất $p_1 = 0,5\text{ atm}$; thể tích toàn phần (của cả hai khối khí) $V_1 = 2V_0$; nhiệt độ $T_1 = 373\text{ K}$.

Pittông AB nén từ từ các khí trong một quá trình gần cân bằng và đẳng nhiệt cho tới thể tích toàn phần cuối cùng là $V_F = V_0/4$.

a. Vẽ đồ thị $p(V)$ của khí trong xi lanh, tức là đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của áp suất p vào thể tích toàn phần V của hai khối khí trong xi lanh ở nhiệt độ T_1 . Tính những tọa độ của những điểm quan trọng của đường cong. [1,5 điểm]

Cho hằng số khí lí tưởng $R = 8,31\text{ J/mol.K}$ hoặc $R = 0,0820\text{ lít.atm/mol.K}$; $1\text{ atm} = 101,3\text{ kPa}$.

Dưới áp suất $p_0 = 1\text{ atm}$, nước sôi ở nhiệt độ $T_0 = 373\text{ K}$

b. Tính công mà pittông thực hiện trong quá trình nén khí. [1,0 điểm]

$$\int \frac{dV}{V} = \ln V$$

c. Tính nhiệt toả ra bên ngoài trong quá trình này. [1,5 điểm]

2. Tất cả mọi điều kiện vẫn như ở câu 1, trừ điều kiện là có ma sát giữa vách ngăn và thành xi lanh, sao cho vách ngăn NM chỉ di chuyển khi hiệu áp suất tác dụng lên hai mặt của nó lớn hơn hoặc bằng 0,5 atm (cho rằng hệ số ma sát nghỉ và hệ số ma sát trượt là bằng nhau).

a. Vẽ đường cong $p(V)$ biểu diễn sự phụ thuộc của áp suất p của khí ở phần bên phải theo thể tích toàn phần V của các khí trong xi lanh ở nhiệt độ T_1 . [1,5 điểm]

b. Tính công mà pittông thực hiện trong quá trình nén khí. [0,5 điểm]

c. Sau khi thể tích của các khí đạt đến giá trị $V_F = V_0/4$ thì pittông AB dịch chuyển từ từ về bên phải trong một quá trình giãn nở gần cân bằng và đẳng nhiệt của cả hai chất (nước và nitơ) cho đến thể tích toàn phần ban đầu $2V_0$. Vẽ tiếp đồ thị ở câu 2.a biểu diễn quá trình này. [2,0 điểm]

Gợi ý cho câu 2

Hãy lập bảng như sau để vẽ các đường cong trong các câu 2.a và 2.c

Trạng thái	Phần bên trái		Phần bên phải		Thể tích toàn phần	áp suất lên pittông AB
	Thể tích	áp suất	Thể tích	áp suất		
Ban đầu	V_0	0,5atm	V_0	0,5 atm	$2V_0$	0,5 atm
2						
3						
.						
.						

.						
.						
Cuối cùng					$2V_0$	

3. Cho rằng xi lanh và pittông là cách nhiệt, còn vách ngăn MN được giữ cố định và dẫn nhiệt tốt. Trạng thái ban đầu của các khí như ở câu 1. Pittông AB di chuyển từ từ về phía bên phải và thể tích của phần bên phải tăng lên cho đến khi hơi nước ở phần bên trái bắt đầu ngưng tụ.

a. Tính thể tích cuối cùng của phần bên phải. [3,0 điểm]

b. Tính công mà khí thực hiện trong quá trình giãn nở này. [1,0 điểm]

Tỷ số của nhiệt dung đẳng áp và nhiệt dung đẳng tích là $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$, đối với khí nitơ là $\gamma_1 = \frac{7}{5}$, đối với hơi nước là $\gamma_2 = \frac{8}{6}$

Trong khoảng nhiệt độ từ 353K đến 393K ta có thể sử dụng công thức gần đúng:

$$p = p_0 \exp \left[-\frac{\mu L}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

trong đó T là nhiệt độ sôi của nước dưới áp suất p ; μ là khối lượng mol. Còn p_0 , L_0 và T_0 được cho ở trên.

Bài thí nghiệm

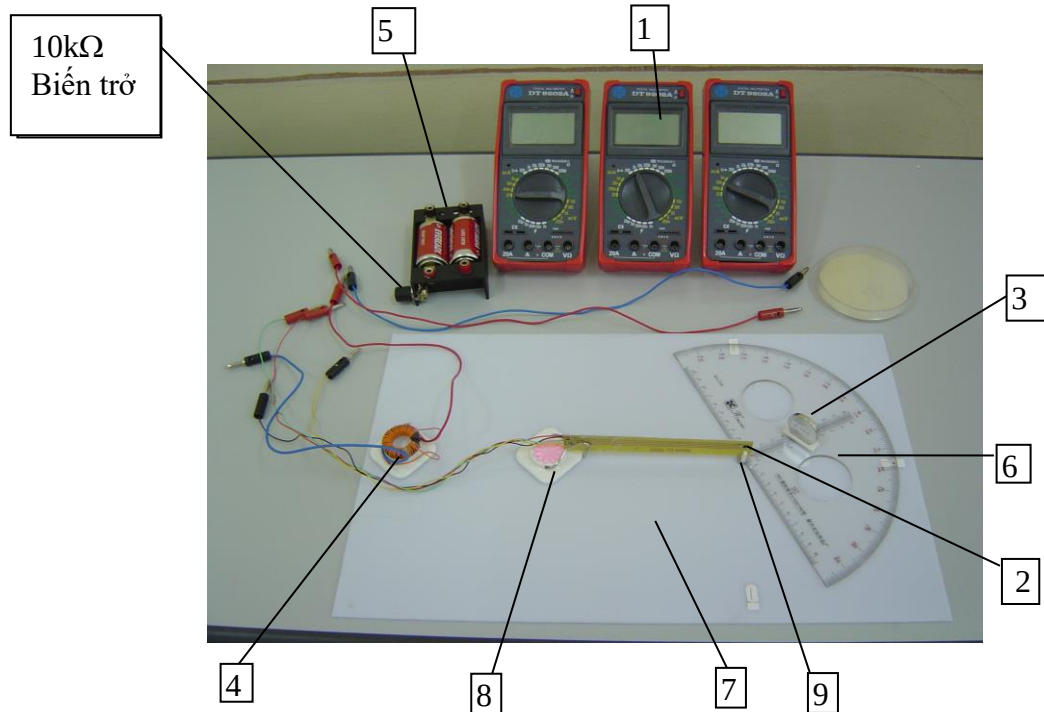
Bài thí nghiệm số 1

HIỆU ỨNG HALL VÀ HIỆU ỨNG TỪ - ĐIỆN TRỞ

THIẾT BỊ VÀ VẬT LIỆU

1. Ba đồng hồ đo vạn năng hiện số
2. Một cảm biến Hall có 4 chân MNPQ được cố định trên một mạch in, một cặp dây dẫn nối vào M, N; một cặp dây dẫn khác nối vào P, Q (M: dây màu đen, N: dây màu vàng, P: dây màu đỏ, Q: dây màu lục).
3. Một nam châm vĩnh cửu hình đĩa, bán kính $r = 14 \text{ mm}$, độ dày $t = 4 \text{ mm}$. Cảm ứng từ vuông góc với bề mặt đĩa. Giá trị B_0 (tính theo Tesla) của từ trường tại bề mặt nam châm được ghi trên bề mặt của nó.

Trong khi làm thí nghiệm, để nam châm xa cảm biến Hall nếu không dùng đến nó.
4. Một cuộn dây gồm N vòng được quấn quanh một lõi có hình xuyên, làm bằng một loại vật liệu sắt từ. Bán kính trung bình của lõi là $\rho = 25 \text{ mm}$. Lõi hình xuyên này có một khe hẹp bề rộng $d = 3 \text{ mm}$.
5. Một hộp có hai pin khô 1,5 V. Một pin được mắc nối tiếp với một biến trở $10 \text{ k}\Omega$ được gọi là *nguồn 1*, dùng để cấp điện cho cảm biến Hall. Pin còn lại gọi là *nguồn 2*, được dùng để cấp điện cho cuộn dây, và chỉ cắm điện lúc đo.
6. Một thước đo góc có một lỗ nhỏ ở tâm.
7. Một tấm nhựa có một chiếc kim nhỏ cố định trên nó.
8. Một giá đỡ cho mạch in với cảm biến Hall.
9. Một miếng nhựa nhỏ dùng để cố định cảm biến trên chiếc kim.
10. Dây dẫn điện có điện trở không đáng kể
11. Giấy vẽ đồ thị.



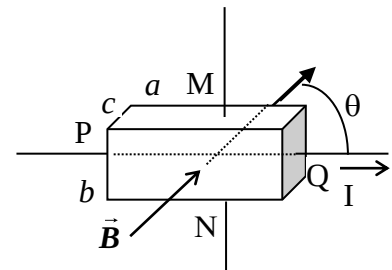
Hình 1

THÍ NGHIỆM

I. Giới thiệu:

1. Hiệu ứng từ điện trở và hiệu ứng Hall.

Cho một mẫu vật dẫn hình hộp chữ nhật chiều dài a , bề rộng b và bề dày c (xem Hình 2). Dòng điện I chạy theo hướng a . Nếu mẫu được đặt trong từ trường $\vec{B}$, từ trường sẽ ảnh hưởng đến điện trở R của mẫu. Sự ảnh hưởng này gọi là hiệu ứng từ-điện trở (magnetoresistivity effect viết tắt là MRE). Gọi ΔR là độ tăng điện trở của mẫu, R_0 là giá trị của R khi không có từ trường, khi đó độ lớn của MRE được định nghĩa bởi tỷ số $\Delta R/R_0$.



Hình 2

Giả thiết rằng từ trường đặt vào là từ trường đều và véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ song song với mặt trên của mẫu như chỉ ra trong Hình 2. Nếu như hạt dẫn điện trong mẫu là electron, thì lực Lorentz sẽ kéo chúng lên trên và mặt trên của mẫu trở nên tích điện âm. Hiệu ứng này gọi là *hiệu ứng Hall*. Hiệu điện thế xuất hiện giữa điện cực M (ở mặt trên) và điện cực N

(ở mặt dưới) được gọi là *hiệu điện thế Hall*. Hiệu điện thế này có thể đo được nhờ một vôn kế.

Hiệu điện thế đo được giữa hai điện cực M và N được cho bởi

$$U_{MN} = U_H + V_{MN} \quad (1)$$

trong đó U_H là hiệu điện thế Hall, V_{MN} là hiệu điện thế khi không có từ trường, gây ra bởi một vài hiệu ứng không mong đợi (các điện cực M và N không chính xác ở vị trí đối diện nhau....)

Bình thường thì hiệu điện thế Hall U_H tỷ lệ thuận với $IB \cdot \sin \theta$, và độ lớn của MRE tỷ lệ thuận với $B^2 \sin^2 \theta$, trong đó θ là góc giữa véc tơ $\vec{B}$ và chiều dòng điện. Tuy nhiên, khi mẫu có hình dạng bất kỳ thì sự phụ thuộc của U_H và $\Delta R/R$ vào $B \sin \theta$ có thể phức tạp hơn.

Hiệu ứng Hall được sử dụng để chế tạo thiết bị đo từ trường. Thiết bị này gọi là *cảm biến Hall*. Với cảm biến Hall, biểu thức của U_H được cho là:

$$U_H = \alpha \cdot I \cdot B \cdot \sin \theta \quad (2)$$

trong đó α được định nghĩa là *độ nhạy của cảm biến Hall*.

II. Mẫu đo:

Mẫu đo trong thí nghiệm này là một cảm biến Hall thương mại. Nó bao gồm một tấm bán dẫn nhỏ, mỏng, được bọc nhựa, có 4 điện cực không có hiệu điện thế tiếp xúc, nối với các chân M, N, P, Q (xem Hình 3). Nó được sử dụng trong thí nghiệm này để nghiên cứu cả hai hiệu ứng: MRE và Hall.



Hình 3

Đặt cảm biến trong từ trường và sử dụng một ôm kế để đo điện trở giữa các chân M và N, ta có thể suy ra độ lớn của MRE. Cho một cường độ dòng điện ($I \sim 1$ mA) chạy từ P đến Q, ta có thể nghiên cứu hiệu ứng Hall thông qua việc đo hiệu điện thế giữa M và N nhờ một milivôn kế.

III. Thí nghiệm:

1. Xác định độ nhạy α của cảm biến Hall

Cho dòng điện chạy qua cảm biến $I \sim 1$ mA. Giữ cho khoảng cách giữa cảm biến và tâm của mặt nam châm $y = 2$ cm. Điều chỉnh hướng của nam châm để thu được giá trị lớn nhất của hiệu điện thế Hall. Đo hiệu điện thế Hall với một vài giá trị của I và xác định độ nhạy α của cảm biến Hall.

Với một nam châm dạng đĩa bán kính r , dày t , từ trường tại một điểm ở một vị trí nằm trên trục của nó và cách tâm đĩa khoảng $y \gg t$ thỏa mãn biểu thức:

$$B(y) \propto \frac{1}{2} B_0 \left[\frac{y+t}{\sqrt{(y+t)^2 + r^2}} - \frac{y}{\sqrt{y^2 + r^2}} \right]$$

trong đó B_0 là cảm ứng từ tại bề mặt nam châm. Giá trị của B_0 được cho trên mặt nam châm. [2,0 điểm]

2. Nghiên cứu sự phụ thuộc của U_H vào góc θ giữa véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ và chiều dòng điện.

Cho dòng điện chạy qua cảm biến $I \sim 1$ mA. Giữ cho khoảng cách giữa cảm biến và tâm của mặt nam châm $y = 2$ cm. Đặt nam châm lên thước đo góc sao cho bề mặt nam châm vuông góc với đường nối cảm biến với tâm của nam châm.

- Hãy vẽ phác thảo sơ đồ bố trí thí nghiệm.
- Lập bảng giá trị của U_H theo θ trong khoảng $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$.
- Nghiệm lại sự tỉ lệ giữa U_H và $\sin\theta$ bằng việc sử dụng một đồ thị được vẽ một cách thích hợp. [2,5 điểm]

3. Nghiên cứu sự phụ thuộc của $\Delta R/R$ vào B , với $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng của mẫu:

Hiệu ứng từ điện trở MRE có ý nghĩa chỉ trong từ trường đủ mạnh. Vì vậy nên sử dụng từ trường mạnh đến mức có thể.

- Hãy vẽ phác thảo sơ đồ bố trí thí nghiệm.
- Thực hiện việc đo đạc và lập bảng số liệu.

c. Giả thiết rằng $\Delta R/R \sim B^k$, xác định giá trị của k bằng việc sử dụng một đồ thị được vẽ một cách thích hợp. Ước lượng độ lệch cực đại của giá trị k thu được. [4,0 điểm]

4. Xác định độ từ thẩm tương đối μ của lõi sắt từ của cuộn dây hình xuyên:

Xác định độ từ thẩm tương đối μ của vật liệu làm lõi ở cường độ dòng điện I theo từng bước hướng dẫn sau đây:

* Đặt cảm biến Hall vào trong khe hẹp của lõi.

* Nối cuộn dây và am-pe kế với nguồn 2. **Chỉ sử dụng lõi vào "COM" và "20A"** của am-pe kế trong trường hợp này.

* Đo cường độ dòng điện I trong cuộn dây và cảm ứng từ B trong khe hẹp của lõi.

* Tính giá trị của μ

Em cần sử dụng mỗi hệ thức sau đây:

$$\frac{B(2\pi\rho - d)}{\mu} + Bd = 4\pi 10^{-7} NI \quad [1,5 \text{ điểm}]$$

Bán kính trung bình của lõi là $\rho = 25 \text{ mm}$, N là số vòng dây, độ rộng của khe hẹp là $d = 3 \text{ mm}$

Bài thi thực nghiệm số 2

HỘP ĐEN

THIẾT BỊ VÀ VẬT LIỆU

1. Một dao động kí điện tử hai chùm tia.
2. Một máy phát chức năng phát ra các sóng hình sin, tam giác và vuông có tần số từ 0,02 Hz đến 2 MHz.
3. Một "Hộp đen" có hai nhóm dây nối: nhóm ABCD và A'B'C'D'. Ngoài ra còn có hai dây dẫn cho điện trở mẫu $R_n = 5 \text{ k}\Omega$.
4. Các dây nối có điện trở rất nhỏ, bỏ qua được.
5. Giấy vẽ đồ thị.

Chú ý: Bạn không được phép mở "Hộp đen".

THÍ NGHIỆM

Trong hộp đen có hai nhóm phần tử thụ động (đó là các phần tử thuộc các loại: điện trở R , tụ điện C hoặc cuộn cảm L). Nhóm thứ nhất gồm ba phần tử Z_1, Z_2, Z_3 được nối trong một mạch hình sao như chỉ ra trong hình 1. Các phần tử được nối ra ngoài qua các đầu nối A, B, C and D, với A là đầu nối chung của nhóm ABCD. Nhóm thứ hai bao gồm ba phần tử Z'_1, Z'_2, Z'_3 được nối với nhau theo cách giống như trên đến các đầu A', B', C' và D', với A' là đầu nối chung của nhóm A'B'C'D'.

1. Sử dụng dao động kí điện tử và máy phát chức năng, hãy xác định loại và giá trị (đó là điện trở của R , điện dung của tụ điện C , độ tự cảm của L) của mỗi phần tử Z_1, Z_2, Z_3 và Z'_1, Z'_2, Z'_3 . **[5,0 điểm]**
2. Nối năm điểm B, C, B', C' và D' với nhau. Ta được một hộp đen mới với 4 đầu ra (gọi là hộp đen DD'A'). **[5,0 điểm]**

a. Vẽ mạch điện của hộp đen này.

b. Đặt tín hiệu hình sin lấy từ máy phát chức năng vào hai chốt D và A'.

Vẽ đồ thị của tỷ số các biên độ của hiệu điện thế $K = \frac{U_{D'A'}}{U_{DA'}}$ và độ lệch pha φ

giữa hai hiệu điện thế này theo tần số f của tín hiệu.

c. Các đồ thị đều có một điểm đặc biệt ở tần số f_0 xác định. Xác định giá trị của tần số f_0 , tỉ số $K = \frac{U_{D'A'}}{U_{DA'}}$ và độ lệch pha φ ở tần số đó.

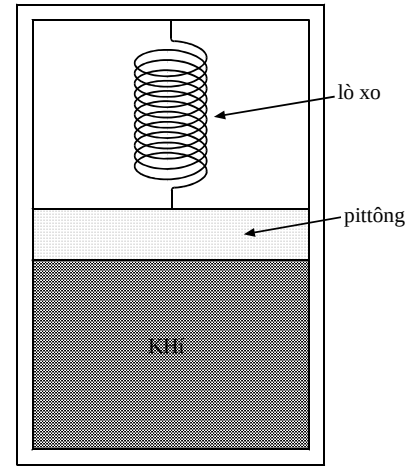
d. Suy ra hệ thức giữa f_0 và các giá trị của các phần tử trong hộp đen và tính giá trị của f_0 . **[5,0 điểm]**

Bài thi lí thuyết

Bài toán 1

1A. Xilanh, lò xo, và pittông có khối lượng (5 điểm)

Xét $n = 2$ mol khí hêli lí tưởng ở áp suất P_0 , thể tích V_0 và nhiệt độ $T_0 = 300$ K, đựng trong một bình chứa hình trụ thẳng đứng, phía dưới của một pittông (xem Hình 1.1). Pittông nằm ngang, có khối lượng $m = 10$ kg (giả thiết $g = 9,8$ m/s²), có diện tích $A = 500$ cm², có thể chuyển động không ma sát; phần trên của bình không chứa khí. Một lò xo thẳng đứng được gắn với pittông và với thành trên của bình. Bỏ qua sự lọt khí ở các mặt tiếp xúc và bỏ qua nhiệt dung riêng của bình chứa, pittông và lò xo. Hệ nằm cân bằng và lò xo không bị nén hoặc giãn. Bỏ qua khối lượng của lò xo.



Hình 1.1

a. Hãy tính tần số dao động nhỏ f của pittông khi nó bị làm lệch một khoảng nhỏ khỏi vị trí cân bằng. **(2 điểm)**

b. Bây giờ, pittông bị đẩy xuống dưới đến khi thể tích của khí còn một nửa, rồi được thả ra với vận tốc ban đầu bằng không. Hãy tính (các) giá trị của thể tích khí lúc vận tốc của pittông là $\sqrt{\frac{4gV_0}{5A}}$.

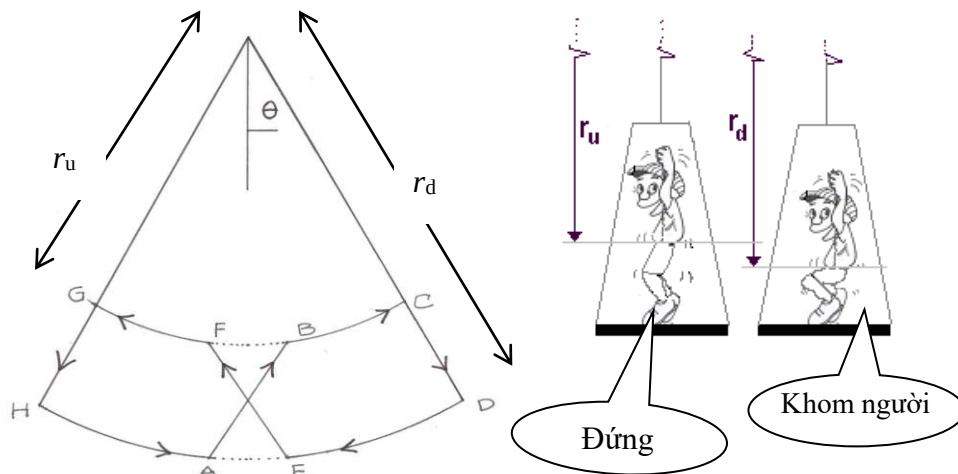
(3 điểm)

Cho độ cứng của lò xo là $k = mgA/V_0$. Mọi quá trình trong chất khí đều là đoạn nhiệt. Hằng số khí là $R = 8,314$ JK⁻¹mol⁻¹. Với khí đơn nguyên tử (hêli), sử dụng hằng số Laplace (chỉ số đoạn nhiệt) $\gamma = 5/3$.

1B. đánh đu (5 điểm)

Một em bé làm cho cái đu đưa bằng cách đứng lên và khom người xuống. Quỹ đạo của khối tâm em bé được minh họa trên Hình 1.2. Gọi r_u là khoảng cách theo phương bán kính, tính từ trục quay của cái đu đến khối tâm của em bé khi em bé đứng, còn r_d là khoảng cách từ trục đến khối tâm khi em bé khom người. Cho tỉ số giữa r_d và r_u là $2^{1/10} = 1,072$, tức là em bé chỉ dịch chuyển khối tâm của mình khoảng 7% so với khoảng cách trung bình đến trục quay của cái đu.

Để cho việc xét được đơn giản, ta giả thiết cái đu không có khối lượng, biên độ của cái đu là đủ nhỏ và khối lượng của em bé tập trung ở khối tâm. Ta cũng giả thiết là sự chuyển từ khom người sang đứng (sự chuyển từ A sang B và sự chuyển từ E sang F) là nhanh so với chu kì của cái đu, và có thể coi là tức thời. Tương tự, ta giả thiết là sự khom người xuống (sự chuyển từ C sang D và sự chuyển từ G sang H) có thể coi như xảy ra tức thời.



Hình 1.2

Em bé cần phải thực hiện bao nhiêu chu kì như vậy để làm cho biên độ (hoặc vận tốc góc cực đại) tăng lên hai lần?

Country no	Country code	Student No.	Question No.	Page No.	Total No. of pages
------------	--------------	-------------	--------------	----------	--------------------

--	--	--	--	--	--

mẫu trả lời

1A

a)

f (công thức) =
f = Hz

b)

V_{gas} (công thức) =
(Các) giá trị của thể tích khí =

1B

N (số chu kì) =

Bài toán 2

Hội tụ bằng từ trường

Có nhiều thiết bị sử dụng chùm tia mảnh gồm các hạt tích điện. ống phóng tia điện tử được dùng trong các dao động kí, các máy thu hình hoặc trong kính hiển vi điện tử. Trong các thiết bị này, chùm hạt được hội tụ và làm lệch rất giống như cách chùm sáng bị hội tụ và làm lệch trong các dụng cụ quang học.

Chùm hạt có thể được hội tụ bởi điện trường hoặc từ trường. Trong bài toán 2A và 2B, ta sẽ xem chùm hạt được hội tụ bởi từ trường như thế nào.

2A. hội tụ bằng từ trường trong ống dây (4 điểm)

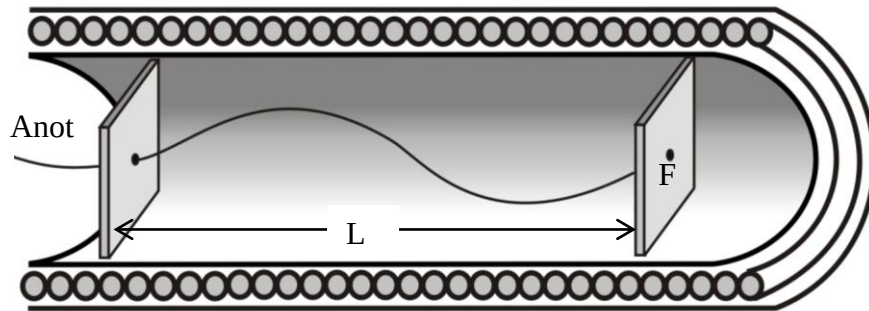
Hình 2.1 cho thấy một súng electron đặt bên trong, ở khoảng giữa của một ống dây dài. Các electron chui qua một lỗ trên anốt có thành phần vận tốc ngang nhỏ. Electron sẽ chuyển động theo một đường xoắn. Sau đúng một vòng, electron lại quay về trục, trục này đi qua lỗ và điểm F. Bằng cách điều chỉnh từ trường B bên trong ống dây một cách thích hợp, người ta có thể làm cho mọi electron cùng hội tụ ở điểm F sau đúng một vòng. Hãy sử dụng các dữ liệu sau đây:

- Hiệu điện thế được dùng để tăng tốc các electron là $V = 10 \text{ kV}$
- Khoảng cách giữa anốt và điểm hội tụ F là $L = 0,50 \text{ m}$
- Khối lượng của một electron $m = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- Điện tích của một electron $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$
- Xét bài toán trong khuôn khổ phi tương đối tính.

a) Tính B sao cho electron trở lại gặp trục ở điểm F sau đúng một vòng quay. (3 điểm)

b) Xác định cường độ dòng điện trong ống dây, biết rằng ống dây có 500 vòng dây trên mỗi mét chiều dài của nó.

(1 điểm)

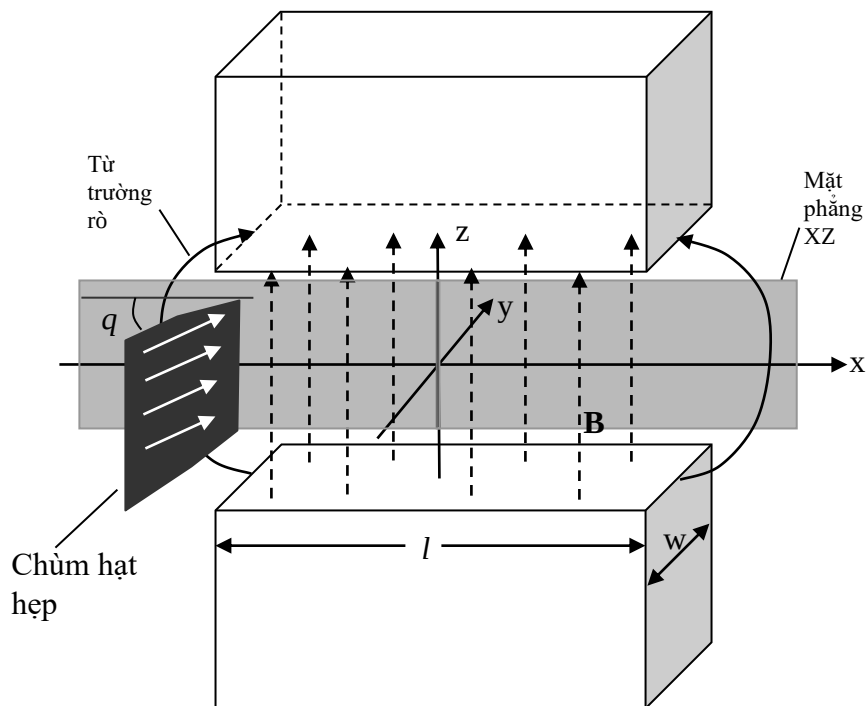


Hình 2.1

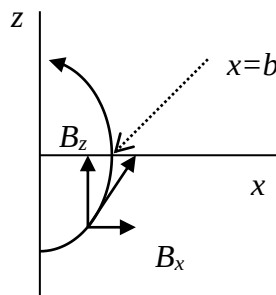
2B. Hội tụ bằng từ trường Rò (FRINGING FIELD) (6 điểm)

Hai cực nam châm đặt nằm ngang cách nhau một khoảng sao cho từ trường giữa chúng là B theo phương thẳng đứng (xem Hình 2.2). Các mặt của cực có dạng hình chữ nhật với chiều dài l và chiều rộng w . Ta xét từ trường rò ở gần rìa của các cực (từ trường rò, tiếng Anh là fringing field, là từ trường gần với các hiệu ứng ở rìa của các cực). Giả sử từ trường rò tồn tại trên khoảng b (xem Hình 2.3). Từ trường rò có hai thành phần là $B_x \mathbf{i}$ và $B_z \mathbf{k}$. Để cho đơn giản, ta giả thiết rằng $|B_x| = B|z|/b$, trong đó $z = 0$ là mặt phẳng ở đúng giữa hai cực từ. Cụ thể là:

- khi hạt từ ngoài đi vào vùng từ trường rò, thì $B_x = +Bz/b$,
- khi hạt đi vào vùng từ trường rò sau khi đã đi qua nam châm, thì $B_x = -Bz/b$

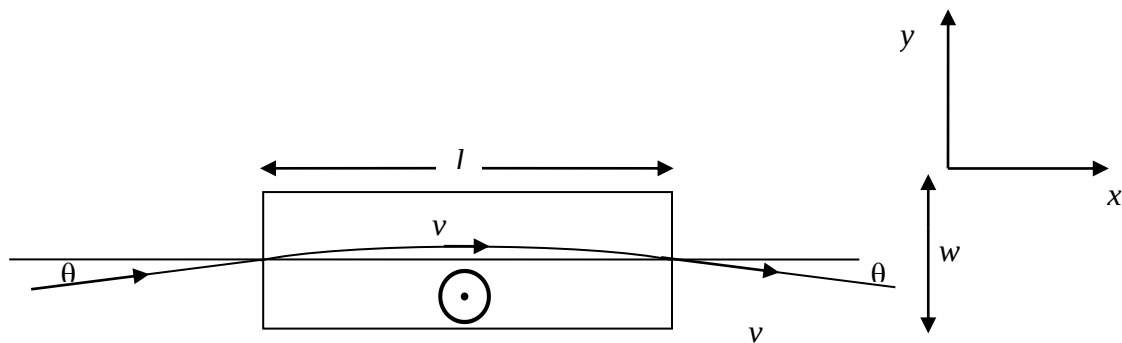


Hình 2.2. Nhìn tổng thể (chú ý rằng θ rất bé).



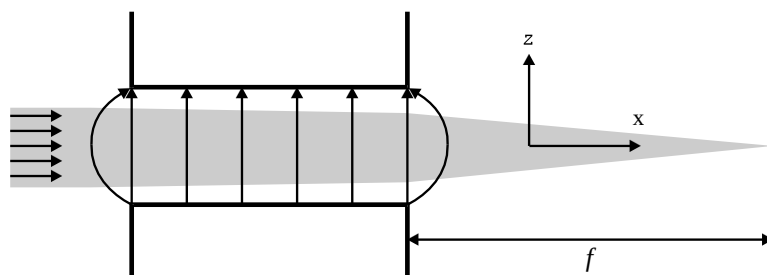
Hình 2.3. Từ trường rò

Một chùm hẹp gồm các hạt có cùng khối lượng m và điện tích dương q , đi vào nam châm (gần trung tâm) với vận tốc lớn v song song với mặt phẳng nằm ngang. Kích thước của chùm tia theo phương thẳng đứng có thể so sánh được với khoảng cách giữa hai cực nam châm. Có một chùm hạt đi vào nam châm dưới một góc θ nhỏ đối với đường thẳng trung tâm và ra khỏi nam châm dưới góc $-q$ (xem Hình 2.4. Giả thiết θ rất bé). Giả thiết rằng góc θ mà theo đó hạt đi vào vùng từ trường rò cũng là góc θ mà theo đó hạt đi vào vùng từ trường đều.



Hình 2.4. Nhìn từ trên xuống

Chùm hạt sẽ bị hội tụ bởi từ trường rò. Hãy tính gần đúng tiêu cự nếu ta định nghĩa tiêu cự như minh hoạ trên Hình 2.5 (giả sử $b \ll l$ và giả sử thành phần z của độ lệch, trong khu vực từ trường đều, là rất nhỏ)



Hình 2.5. Nhìn ngang

Country no	Country code	Student No.	Question No.	Page No.	Total No. of pages

mẫu trả lời

2A

a)

B (công thức) =

$$B = \quad \text{mT}$$

b)

$$I (\text{công thức}) =$$

$$I = \quad \text{A}$$

2B

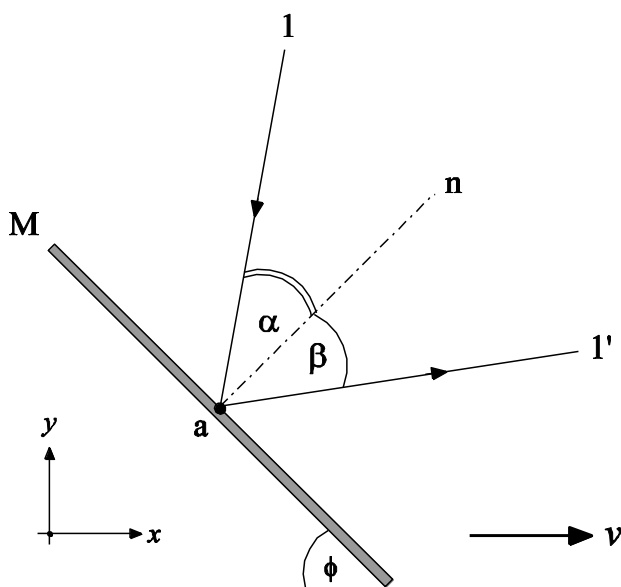
$$\text{Tiêu cự (công thức)} =$$

Bài toán 3

Sự lệch hướng ánh sáng bởi gương chuyển động

Sự phản xạ ánh sáng bởi gương chuyển động tương đối tính không phải là điều mới về mặt lý thuyết. Anhtanh đã thảo luận về khả năng và đề xuất một quy trình dùng phép biến đổi Lorentz để thu được công thức phản xạ bởi gương chuyển động với vận tốc $\vec{v}$. Mặc dù vậy, công thức này cũng có thể thu được bằng cách sử dụng một phương pháp khá đơn giản. Xét quá trình phản xạ như trên Hình 3.1, ở đó gương phẳng M chuyển động với vận tốc $\vec{v} = v\hat{e}_x$ (trong đó $\hat{e}_x$ là véc tơ đơn vị trên trục x) đối với hệ quy chiếu phòng thí nghiệm F. Gương hợp một góc ϕ với vận tốc (chú ý là $\phi \leq 90^\circ$, xem Hình 3.1). Mặt phẳng của gương có pháp tuyến $\vec{n}$. Chùm sáng có góc tới α và góc phản xạ β , tương ứng là các góc giữa $\vec{n}$ với chùm tới 1 và với chùm phản xạ 1' trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm F. Có thể chứng minh được rằng:

$$\sin \alpha - \sin \beta = \frac{v}{c} \sin \phi \sin(\alpha + \beta) \quad (1)$$



Hình 3.1. Sự phản xạ của ánh sáng bởi gương chuyển động tương đối tính.

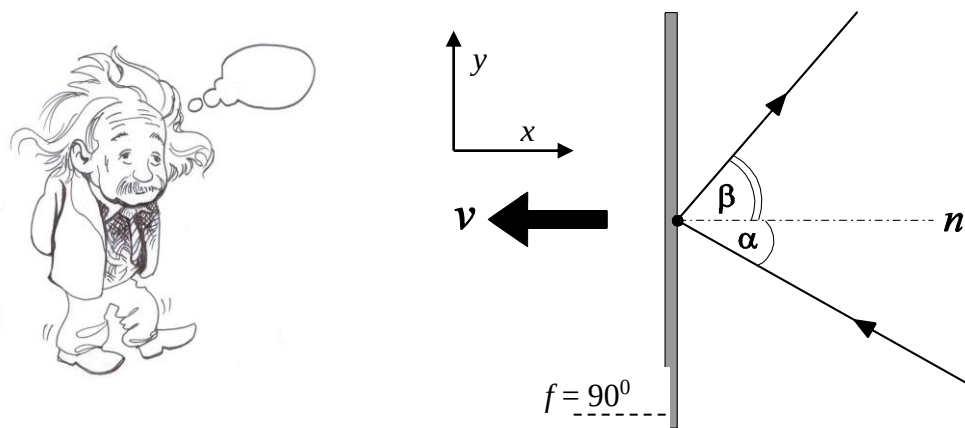
3A. Gương Anhtanh (2,5 điểm)

Khoảng một thế kỷ trước, Anhtanh đã tìm ra được định luật về sự phản xạ sóng điện từ bởi một gương chuyển động với vận tốc không đổi $\vec{v} = -v\hat{e}_x$ (xem Hình

3.2). Bằng cách áp dụng phép biến đổi Lorentz cho kết quả thu được trong hệ quy chiếu mà gương đứng yên, Anhxtanh đã tìm được:

$$\cos \beta = \frac{\left(1 + \left(\frac{v}{c}\right)^2\right) \cos \alpha - 2 \frac{v}{c}}{1 - 2 \frac{v}{c} \cos \alpha + \left(\frac{v}{c}\right)^2} \quad (2)$$

Không dùng đến phép biến đổi Lorentz, chỉ sử dụng công thức (1), hãy tìm ra công thức (2).

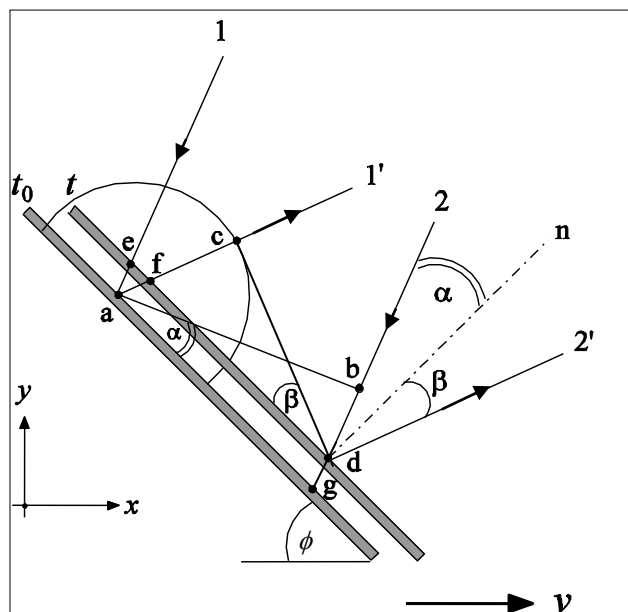


Hình 3.2. Gương Anh xtanh chuyển động về bên trái với vận tốc v .

3B. Sự dịch tần số (2 điểm)

Vẫn là tình huống như phần 3A, nếu chùm tia tới đơn sắc tần số f đập vào gương M, hãy tìm tần số mới f' sau khi nó phản xạ từ bề mặt của gương chuyển động. Nếu $\alpha = 30^\circ$ và $v = 0,6c$ trong Hình 3.2, hỏi độ dịch tần số Δf bằng bao nhiêu phần trăm của f .

3C. Phương trình gương chuyển động (5,5 điểm)



Hình 3.3.

Hình 3.3 biểu thị các vị trí của gương ở thời điểm t_0 và t . Vì quan sát viên chuyển động sang trái, gương chuyển động tương đối sang phải. Chùm sáng 1 đập vào điểm a ở thời điểm t_0 và bị phản xạ thành chùm 1'. Chùm 2 đập vào điểm d ở thời điểm t và bị phản xạ thành chùm 2'. Do vậy $\overline{ab}$ là mặt đầu sóng của ánh sáng tới ở thời điểm t_0 . Các nguyên tử ở điểm bị nhiễu loạn bởi mặt đầu sóng tới $\overline{ab}$ và bắt đầu phát sóng. Sự nhiễu loạn, do mặt đầu sóng $\overline{ab}$ gây nên, dừng lại ở thời điểm t khi mặt đầu sóng chạm điểm d .

Dựa vào Hình 3.3 cho sự truyền ánh sáng hoặc sử dụng các phương pháp khác, hãy tìm ra phương trình (1).

Country no	Country code	Student No.	Question No.	Page No.	Total No. of pages

3A. Gương Anhxtanh

Chứng minh:

3B. Độ dịch tần số

Độ dịch tần số =

3C. Phương trình gương chuyển động

Chứng minh:

Chứng minh:

Bài thi thí nghiệm

Trước khi bắt đầu lắp thí nghiệm, cần đọc kĩ toàn bộ đề bài !

Đọc phần này trước:

1. Thời gian làm bài là 5 giờ.
2. Chỉ dùng bút và các thiết bị được cấp. Em có thể dùng máy tính riêng của em.
3. Chỉ viết trên **một mặt** của tờ giấy được cấp.
4. Ngoài các tờ giấy trắng mà em có thể viết thoải mái, có một tập *Giấy trả lời* (*Answer sheets*) mà trên đó các em **phải** tóm tắt các kết quả đã thu được. Các kết quả bằng số cần được viết với số chữ số thích hợp, đừng quên viết đơn vị.
5. Viết lên giấy trắng các kết quả của tất cả các phép đo và mọi thứ mà em cho là quan trọng để giải bài toán, mà em muốn được cho điểm. Tuy nhiên, em nên dùng chủ yếu là các phương trình, con số, kí hiệu, đồ thị và hình vẽ, và dùng càng ít chữ càng tốt.
6. **Các em nhất thiết** phải viết lên đầu mỗi tờ giấy: tên nước ("**Country code**"), mã số thí sinh của em (giống như trên thẻ, "**Student ID**"). Trên các tờ giấy trắng, cần viết: số thứ tự của mỗi tờ, (từ 1 đến N, "**Page No.**") và tổng số trang (N) của các tờ giấy trắng mà em đã dùng và muốn được cho điểm ("**Page total**"); để trống ô "**Problem**".
7. Thí sinh cần bắt đầu một trang mới cho mỗi phần. Cần viết số của phần mà em đang làm ở đầu của mỗi phần. Nếu em dùng một số tờ giấy mà em không muốn được tính điểm, thì vạch một chữ X lớn trên cả trang và đừng đánh số trang đó.
8. Khi đã làm xong, hãy đặt các tờ giấy **theo đúng thứ tự** (giấy trả lời trên cùng, sau đó các tờ giấy đã dùng xếp theo thứ tự, rồi đến các tờ giấy không dùng, và dưới cùng là tờ in đề bài) rồi cho tất cả vào phong bì mà từ đó em đã lấy chúng ra. Sau đó, để mọi thứ lên bàn. Em không được mang bất cứ vật gì ra khỏi phòng.

1. Xác định hình dạng bằng sự phản xạ

Mở đầu

Quan sát trực tiếp bằng mắt là phương pháp mà con người dùng mắt để nhận dạng vật thể. Mặc dù vậy, không phải tất cả mọi thứ trong cuộc sống có thể quan sát trực tiếp được. Chẳng hạn như em có thể nói thế nào về vị trí của xương gãy? Liệu có thể nhìn thấy bào thai ở trong bụng người phụ nữ mang thai không? Làm cách nào để nhận ra các tế bào ung thư trong não? Tất cả những điều này đòi hỏi kỹ thuật đặc biệt liên quan tới quan sát gián tiếp.

Trong thí nghiệm này, em phải xác định hình dạng của vật bằng quan sát gián tiếp. Em sẽ được phát hai hộp hình trụ kín, và ở trong mỗi hộp có chứa một vật có hình dạng chưa biết. Thử thách đối với em là khám phá vật mà không được mở hộp. Các ý tưởng vật lý đối với thí nghiệm này là đơn giản, nhưng óc sáng tạo và một số kỹ năng là cần thiết để giải quyết nó.

Thí nghiệm

Dụng cụ

Đối với thí nghiệm này em sẽ được phát:

- 1) Hai hộp hình trụ (xem hình ở trang sau), trong mỗi hộp có chứa:
 - a. Một vật có hình dạng chưa biết mà em phải xác định (đó là vật có dạng hình học đơn giản với các mặt bên là mặt phẳng hoặc mặt trụ)
 - b. Mặt trên (2a) và mặt bên bao quanh chu vi (2b) của hộp hình trụ có thước đo góc.
 - c. Một núm ở trên (3) mà em có thể xoay
 - d. Một đèn lade (4)
- 2) Pin dự phòng cho đèn lade
- 3) Một thước
- 4) Giấy vẽ đồ thị

Phương pháp thí nghiệm

Các thí sinh phải xác định hình dạng của vật ở bên trong hộp hình trụ kín. Đường kính của hình trụ có thể đo được bằng thước. ***Thí sinh không được phép mở hộp hình trụ hoặc phá niêm phong để xác định hình dạng của vật.*** Vật là tấm kim loại dày 8 mm với các mặt bên được đánh bóng để có thể phản xạ ánh sáng như gương. Em có thể quay vật bằng núm ở phần trên của hình trụ. Khi núm quay, thì trục quay của vật trùng với trục của hộp hình trụ.

Đèn lade có thể tắt mở được bằng cách xoay nó. Em có thể điều chỉnh vị trí chùm sáng bằng cách xoay đèn lade cùng hoặc ngược chiều kim đồng hồ. Sự phản xạ của chùm lade từ đèn lade có thể quan sát dọc theo chu vi của hình trụ kín. ở đây, ta đo bằng thước đo góc. Bằng việc xoay núm ở nắp trên khi đèn lade đang sáng, em sẽ thấy là khi em quay vật thì vị trí của ánh sáng phản xạ từ vật sẽ thay đổi. ***Nếu ánh sáng từ đèn lade yếu hoặc đèn lade không hoạt động, hãy yêu cầu hội đồng coi thi thay thế.*** Bằng cách quan sát mối liên quan giữa vị trí góc của vật (đọc được trên thước 2a) và góc của tia lade phản xạ (đọc được trên thước 2b), em có thể xác định hình dạng của vật.

Với mỗi vật (lưu ý rằng hai vật có hình dạng khác nhau):

A. Vẽ đồ thị sự phụ thuộc của: ‘góc của tia lade phản xạ theo vị trí góc của vật’.

(2 × 1 điểm)

B. Xác định số mặt bên của mỗi vật (2 × 0,25 điểm)

C. Dùng các dữ liệu từ đồ thị để vẽ phác hình dạng của vật, và tìm ra các vị trí góc của những chỗ chuyển của các mặt bên, theo thước đo góc ở mặt trên của hộp.

(2 × 1,5 điểm)

Riêng với vật có ít mặt bên, thì cần phải làm thêm hai câu sau :

D. Hãy vẽ trục quay của vật và xác định các khoảng cách từ trục đến mỗi mặt bên

(2 × 1,5 điểm)

E. Hãy xác định độ dài của các mặt bên (không cần phân tích sai số) và các góc giữa hai mặt bên kề nhau

(2 × 0,75 điểm)

Em cần trình bày kết quả của em trên giấy vẽ đồ thị, và tìm ra các phương trình toán học mà em sử dụng để xác định hình dạng của vật.

Ghi chú:

1. Một vật có tất cả các mặt bên là những mặt phẳng, còn vật kia có *một* mặt cong.
2. Có thể em gặp tình huống là tia sáng bị phản xạ hai lần trên vật.
3. Trong trường hợp mặt bên là cong, thì không cần xác định bán kính cong, nhưng cần xác định mặt là lõm hay lồi đối với trục quay.

2. Sự hãm bằng từ trường trên mặt phẳng nghiêng

Mở đầu

Khi một nam châm chuyển động gần một vật dẫn không có từ tính như đồng, nhôm, thì nó chịu tác dụng của một lực làm tiêu hao năng lượng, gọi là lực hãm từ. Trong thí nghiệm này, chúng ta sẽ nghiên cứu bản chất của lực đó.

Lực hãm từ phụ thuộc vào:

- độ mạnh của nam châm, được xác định bởi mô men từ của nó (μ);
- điện dẫn suất của vật dẫn (σ_C);
- kích thước và cách bố trí của nam châm và vật dẫn;
- khoảng cách giữa nam châm và mặt vật dẫn (d);
- vận tốc tương đối (v) của nam châm đối với vật dẫn.

Trong thí nghiệm này, chúng ta sẽ nghiên cứu sự phụ thuộc của lực hãm từ vào ***vận tốc*** (v), và ***khoảng cách giữa nam châm và vật dẫn*** (d). Lực này có thể biểu thị bằng công thức thực nghiệm sau:

$$F_{MB} = -k_0 d^p v^n \quad (1)$$

trong đó

k_0 là một hằng số phụ thuộc vào μ , σ_C và cách bố trí của của vật dẫn và nam châm, mà trong thí nghiệm này thì cách bố trí đã được cố định.

d là khoảng cách từ chính giữa nam châm đến mặt vật dẫn.

v là vận tốc của nam châm

p và n là các số mũ mà ta cần xác định trong thí nghiệm này.

Thí nghiệm

Trong thí nghiệm này, cần phải phân tích sai số.

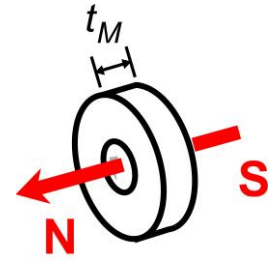
Dụng cụ

- (1) Nam châm Neodym-Sắt-Bo hình trụ dẹt có lỗ.

Bề dày: $t_M = (6,3 \pm 0,1) \text{ mm}$

Đường kính ngoài: $d_M = (25,4 \pm 0,1) \text{ mm}$

Hai cực của nam châm ở trên hai mặt phẳng, như trên hình vẽ bên.



Các cực từ thấy

- (2) Thanh nhôm (2 thanh)
(3) Tấm nhựa dùng làm mặt phẳng nghiêng, và một khe thẳng để cho nam châm lăn trong đó.
(4) Giá thí nghiệm bằng nhựa
(5) Đồng hồ bấm giây hiện số.
(6) Thước
(7) Giấy vẽ đồ thị (10 tờ)

Thông tin bổ sung:

Gia tốc trọng trường địa phương: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Khối lượng của nam châm: $m = (21,5 \pm 0,5) \text{ g}$

Phương Bắc-Nam được ghi ở trên bàn.

Hướng dẫn sử dụng đồng hồ bấm giây hiện số:

- Đồng hồ đang chạy bình thường, muốn dùng để đo thời gian như một đồng hồ bấm giây thì bấm nút M. Trên màn hiện ra 0:00:00. Bấm nút D để bắt đầu đo thời gian. Bấm D một lần nữa sẽ làm đồng hồ dừng lại. Nếu bấm D lần nữa, đồng hồ sẽ chạy và đếm tiếp. Bấm D nữa thì đồng hồ lại dừng... Khi đồng hồ đã dừng, muốn đưa về 0, cần bấm S.

- Nếu đã bấm D để bắt đầu đo thời gian, muốn dừng đồng hồ mà lại bấm nhầm S, thì cần đưa về 0 bằng cách bấm tiếp D, rồi bấm S hai lần liên tiếp.

- Nếu đã bấm D để bắt đầu đo thời gian, muốn dừng đồng hồ mà lại bấm nhầm M thì đưa về 0 bằng cách bấm tiếp như sau: S → M → D → S.

Bài này chia làm hai phần:

(A) Lắp đặt và mở đầu

(B) Nghiên cứu lực hãm từ.

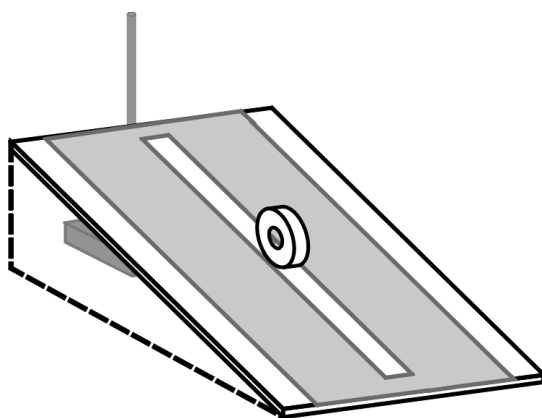
Ghi chú:

Trước khi thí nghiệm, cần chắc chắn là mặt phẳng đã sạch.

Câu hỏi

Hãy vẽ đầy đủ các hình trong bài giải của em để cho bài làm được dễ hiểu

(A) Lắp đặt

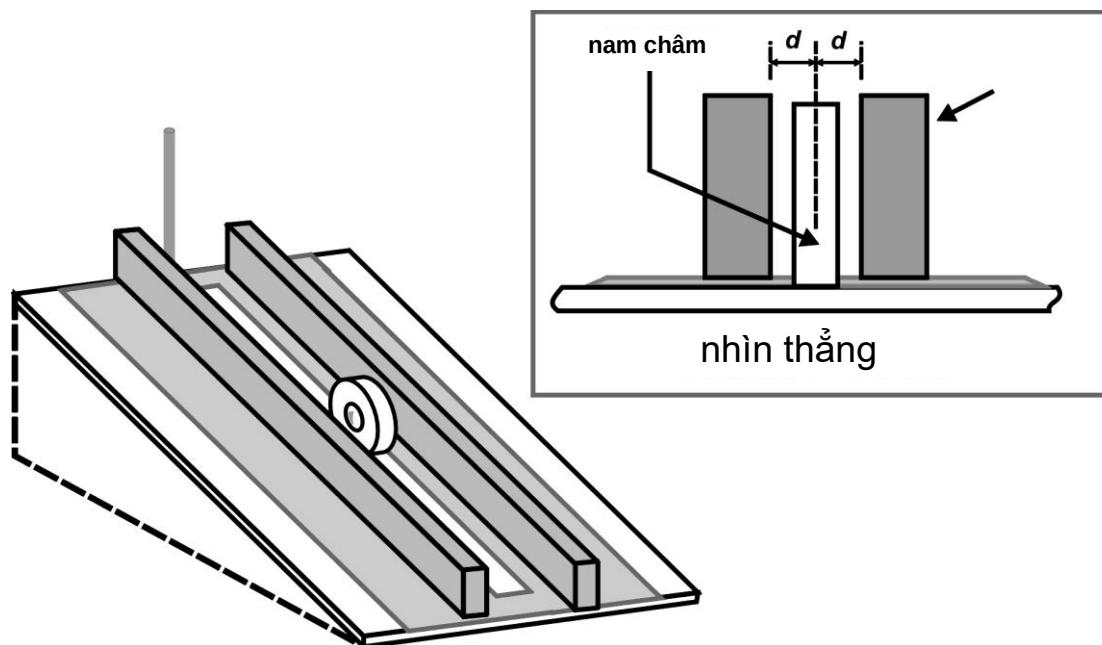


Hình 1. Mặt phẳng nghiêng chưa có các thanh nhôm

Thả cho nam châm lăn trong khe như trên Hình 1. Chọn góc nghiêng nhỏ một cách hợp lí để nam châm không lăn nhanh quá.

[1] Vì nam châm rất mạnh, nên nó có thể chịu ngẫu lực đáng kể do tương tác với từ trường Trái Đất. Do đó, nam châm sẽ bị xoay khi lăn và chạm vào thành khe, gây nên ma sát lớn. Em làm như thế nào để giảm đến mức tối thiểu ngẫu lực này? Hãy dùng hình vẽ để giải thích.

[1,0 điểm]



Hình 2. Hệ đo đã lắp đặt, cùng với hai thanh nhôm

Đặt hai thanh nhôm như thấy trên Hình 2, với khoảng cách cỡ $d=5\text{mm}$. **Nhớ rằng khoảng cách d được tính từ chính giữa nam châm như thấy ở hình đóng khung của Hình 2.**

Lại thả cho nam châm lăn. Em sẽ nhận thấy rằng nam châm lăn xuống dưới chậm hơn nhiều so với trong lần quan sát trước, do có lực hãm từ.

[2] Hãy vẽ các đường cảm ứng từ và các lực để giải thích cơ chế của sự hãm từ.

[1,0 điểm]

(B) Nghiên cứu lực hãm từ

Giữ nguyên thí nghiệm được lắp đặt như trên Hình 2, cũng với khoảng cách cỡ $d = 5 \text{ mm}$ (có một khe cỡ 2 mm giữa nam châm và mỗi thanh nhôm).

[1] Giữ khoảng cách d không đổi, nghiên cứu sự phụ thuộc của lực hãm từ vào vận tốc v . Hãy vẽ đồ thị thích hợp để xác định số mũ n trong phương trình (1) và giải thích cách làm của em.

[4,0 điểm]

Bây giờ, thay đổi khoảng cách thanh nhôm-nam châm (d) ở cả bên phải và bên trái. Chọn một góc nghiêng nhỏ hợp lý và giữ không đổi.

[2] Nghiên cứu sự phụ thuộc của lực hãm từ vào khoảng cách d . Hãy vẽ đồ thị thích hợp để xác định số mũ p trong phương trình (1) và giải thích cách làm của em.

[4,0 điểm]

APhO7 -2006 tại Kazakhstan

Đề thi lí thuyết

Bài toán lí thuyết số 1

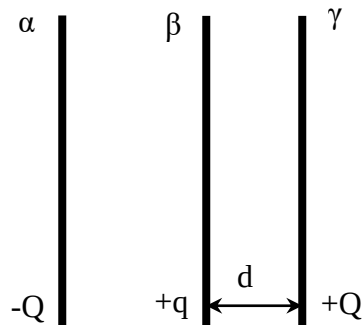
Bài này gồm bốn phần độc lập với nhau

A. [2,5 điểm] Hai tấm phẳng dẫn điện giống hệt nhau α và β có điện tích tương ứng là $-Q$ và $+q$ ($Q > q > 0$) được đặt song song, cách nhau một khoảng nhỏ. Một tấm phẳng khác là γ (giống hệt hai tấm kia) có khối lượng m , có điện tích $+Q$ được đặt song song với hai tấm lúc đầu và cách tấm β một khoảng d (xem Hình 1). Diện tích bề mặt của các tấm là S . Tấm γ được thả từ nghỉ và có thể dịch chuyển tự do, trong khi các tấm α và β được giữ cố định. Giả thiết rằng sự va chạm giữa β và γ là đàn hồi, bỏ qua lực trọng trường và các hiệu ứng biên. Giả thiết rằng có đủ thời gian để điện tích phân bố lại giữa tấm β và γ trong khi va chạm.

A1) Cường độ điện trường E_1 tác dụng lên tấm γ trước khi nó va chạm với tấm β bằng bao nhiêu?

A2) Điện tích Q_β và Q_γ của các tấm β và γ sau va chạm bằng bao nhiêu?

A3) Hãy xác định vận tốc v của tấm γ sau va chạm, khi nó cách tấm β khoảng d .



Hình 1

B. [2,5 điểm] Một pittông linh động, không có khối lượng chia một cái bình thành hai phần. Bình được cô lập với môi trường. Một phần của bình chứa một lượng $m_1 = 3,00 \text{ g}$ khí hydro ở nhiệt độ $T_{10} = 300 \text{ K}$, phần kia của bình chứa một lượng $m_2 = 16,00 \text{ g}$ khí ôxy ở nhiệt độ $T_{20} = 400 \text{ K}$. Khối lượng mol của hydro và ôxy tương ứng là $\mu_1 = 2,00 \text{ g/mol}$ và $\mu_2 = 32,00 \text{ g/mol}$, và $R = 8,31 \text{ J/(K.mol)}$. Pittông dẫn nhiệt

kém, và kết quả cuối cùng là nhiệt độ của hệ cân bằng. Tất cả các quá trình được coi là chuẩn dừng.

B1) Nhiệt độ cuối cùng của hệ là T bằng bao nhiêu?

B2) Tỷ số giữa áp suất cuối cùng P_f và áp suất ban đầu P_i bằng bao nhiêu?

B3) Tổng nhiệt lượng Q được truyền từ ôxy sang hydro bằng bao nhiêu?

C. [2,5 điểm] Vũng Mariana ở Thái Bình Dương có độ sâu $H = 10920$ m. Nước mặn ở bề mặt đại dương có khối lượng riêng $\rho_0 = 1025 \text{ kg/m}^3$, mô đun đàn hồi $K = 2,1 \cdot 10^9 \text{ Pa}$. Gia tốc trọng trường là $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Bỏ qua sự thay đổi nhiệt độ và gia tốc trọng trường theo độ sâu, đồng thời cũng bỏ qua áp suất khí quyển. Hãy tính giá trị bằng số của áp suất $P(H)$ ở đáy vũng Mariana. Em có thể dùng phương pháp chính xác hoặc phương pháp lặp. Trong trường hợp tính lặp, em có thể chỉ cần giữ lại số hạng khác không đầu tiên trong biểu thức của hệ số nén.

Ghi chú: Chất lỏng có hệ số nén rất nhỏ. Hệ số nén được định nghĩa bởi hệ thức

$$\alpha = -\frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dP} \right)_{T=\text{const}}$$

Mô đun đàn hồi K là nghịch đảo của α , tức là $K = 1/\alpha$.

D. [2,5 điểm] Hai thấu kính mỏng có độ tụ là D_1 và D_2 được đặt cách nhau một khoảng $L = 25 \text{ cm}$, trục chính trùng nhau. Độ tụ là nghịch đảo của tiêu cự. Hệ này tạo ra một ảnh thật cùng chiều của một vật đặt trên trục chính gần với thấu kính D_1 , với độ phóng đại $\Gamma' = 1$. Nếu đổi vị trí của hai thấu kính cho nhau, thì hệ cũng tạo một ảnh thật cùng chiều với vật nhưng với độ phóng đại $\Gamma'' = 4$.

D1) Các thấu kính thuộc loại nào? Trong Phiếu trả lời, em hãy ký hiệu thấu kính hội tụ là «+», và thấu kính phân kỳ là «-». Dùng hình vẽ để minh họa câu trả lời của em.

D2) Hiệu số của các độ tụ $\Delta D = D_1 - D_2$ của hai thấu kính bằng bao nhiêu?

Bài toán lí thuyết số 2

Dao động tử bị hãm bởi ma sát trượt

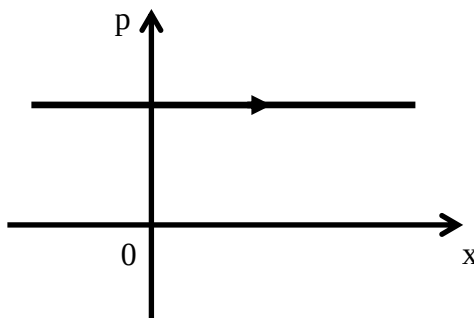
Mở đầu về lí thuyết

Trong cơ học, người ta thường dùng cái gọi là không gian pha (phase space), là một không gian tưởng tượng có các trục gồm các tọa độ và các động lượng (hoặc vận tốc) của tất cả các chất điểm của hệ. Các điểm của không gian pha được gọi là các điểm tạo ảnh. Mỗi điểm tạo ảnh xác định một trạng thái của hệ.

Khi hệ cơ học tiến triển, điểm tạo ảnh tương ứng đi theo một quỹ đạo trong không gian pha, mà ta gọi là quỹ đạo pha. Người ta vẽ một mũi tên trên quỹ đạo pha để chỉ chiều tiến triển. Một bộ của tất cả các quỹ đạo pha khả dĩ của một hệ cơ học được gọi là chân dung pha (phase portrait) của hệ. Sự phân tích chân dung pha cho phép người ta khảo sát các tính chất định tính quan trọng của động học của hệ, mà không cần giải các phương trình chuyển động của hệ dưới dạng tường minh. Trong nhiều trường hợp, việc dùng không gian pha là phương pháp thích hợp nhất để giải các bài toán về cơ học.

Trong bài toán này, chúng tôi đề nghị các em dùng không gian pha để phân tích một số hệ cơ học có một bậc tự do, tức là các hệ được mô tả bởi chỉ một tọa độ. Trong trường hợp này, không gian pha là mặt phẳng (hai chiều). Quỹ đạo pha là một đường cong trong mặt phẳng đó, nó được xác định bằng sự phụ thuộc của động lượng vào tọa độ của điểm, hoặc ngược lại, bằng sự phụ thuộc của tọa độ của điểm vào động lượng.

Để làm thí dụ, chúng tôi trình bày một quỹ đạo pha của một hạt tự do chuyển động dọc theo trục x , theo chiều dương (Hình 1).



Hình 1. Quỹ đạo pha của một hạt tự do

Bài toán

A. Chân dung pha (3,0 điểm)

A1. **[0,5 điểm]** Hãy vẽ quỹ đạo pha của một chất điểm tự do, chuyển động giữa hai bức tường song song, phản xạ tuyệt đối, đặt ở $x = -L/2$ và $x = L/2$.

A2. Hãy khảo sát quỹ đạo pha của dao động tử điều hoà, tức là của chất điểm có khối lượng m chịu tác dụng của lực Hook $F = -kx$:

a) **[0,5 điểm]** Hãy tìm phương trình của quỹ đạo pha và các thông số của nó.

b) **[0,5 điểm]** Hãy vẽ quỹ đạo pha của dao động tử điều hoà.

A3. **[1,5 điểm]** Xét chất điểm có khối lượng m gắn ở đầu của một thanh cứng không có khối lượng, có chiều dài L , một đầu thanh được cố định (gia tốc trọng trường là g). Để cho thuận tiện, ta dùng góc α giữa thanh và phương thẳng đứng làm tọa độ của hệ. Mặt phẳng pha chính là mặt phẳng với các tọa độ $(\alpha, d\alpha/dt)$. Hãy nghiên cứu và vẽ chân dung pha của con lắc này với góc α bất kì. Hỏi hệ này có thể có bao nhiêu loại quỹ đạo pha khác nhau về tính chất? (gọi số các loại quỹ đạo này là K). Hãy vẽ ít nhất một quỹ đạo pha điển hình cho mỗi loại. Các loại quỹ đạo pha khác nhau này được xác định từ một số điều kiện, hãy tìm các điều kiện đó. (Đừng lấy các điểm cân bằng làm các quỹ đạo pha). Bỏ qua lực cản của không khí.

B. Dao động tử bị hãm bởi ma sát trượt (7,0 điểm)

Khi xét lực cản đối với một chuyển động, ta thường kể đến hai loại lực ma sát. Loại thứ nhất là lực ma sát phụ thuộc vào vận tốc (ma sát nhớt), và được xác định bởi $F = -\gamma v$. Có thể lấy thí dụ về trường hợp chuyển động của một vật rắn trong chất khí hoặc trong chất lỏng. Loại thứ hai là lực ma sát không phụ thuộc vào độ lớn của vận tốc. Nó được xác định bởi giá trị $F = \mu N$ và có chiều ngược với chiều của vận tốc tương đối của các vật tiếp xúc với nhau (ma sát trượt). Có thể lấy thí dụ về trường hợp chuyển động của một vật rắn trên bề mặt của một vật rắn khác.

Để làm một thí dụ đặc trưng cho loại thứ hai, ta xét một vật rắn trên một mặt phẳng nằm ngang, gắn ở đầu một lò xo; đầu kia của lò xo được giữ cố định. Khối lượng của vật là m , hệ số đàn hồi của lò xo là k , hệ số ma sát giữa vật và bề mặt là μ . Giả thiết rằng vật chuyển động dọc theo một đường thẳng với tọa độ x ($x = 0$ ứng

với lò xo không bị kéo dãn). Giả thiết rằng hệ số ma sát nghỉ và hệ số ma sát trượt là như nhau. Lúc đầu, vật có vị trí $x=A_0$ ($A_0>0$) và có vận tốc bằng không.

B1. **[1,0 điểm]** Viết phương trình chuyển động của dao động tử điều hòa bị hãm bởi ma sát trượt.

B2. **[2,0 điểm]** Vẽ quỹ đạo pha của dao động tử này và tìm các điểm cân bằng.

B3. **[1,0 điểm]** Hỏi vật có dừng hẳn ở vị trí mà lò xo không bị kéo dãn không? Nếu không, hãy xác định độ dài của khu vực mà trong đó vật có thể dừng hẳn.

B4. **[2,0 điểm]** Hãy tìm độ giảm ΔA của độ lệch cực đại của dao động tử theo chiều dương của x trong một dao động. Thời gian giữa hai độ lệch cực đại liên tiếp theo chiều dương là bao nhiêu? Hãy tìm sự phụ thuộc $A(t_n)$ của độ lệch cực đại này, trong đó t_n là thời gian của lần lệch cực đại thứ n theo chiều dương.

B5. **[1,0 điểm]** Hãy vẽ sự phụ thuộc của tọa độ vào thời gian, $x(t)$, và ước tính số dao động N của vật.

Ghi chú:

Phương trình của đường elip với các bán trục a và b , với tâm ở gốc tọa độ, có dạng:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Bài toán lí thuyết số 3

Làm lạnh nguyên tử bằng laser

Trong bài toán này, các em được yêu cầu xét cơ chế của việc làm lạnh nguyên tử với sự hỗ trợ của bức xạ laser. Những nghiên cứu trong lĩnh vực này dẫn đến sự tiến bộ đáng kể trong hiểu biết về những tính chất của các khí lượng tử gồm các nguyên tử lạnh. Những nghiên cứu này đã được trao giải Nobel năm 1997 và 2001.

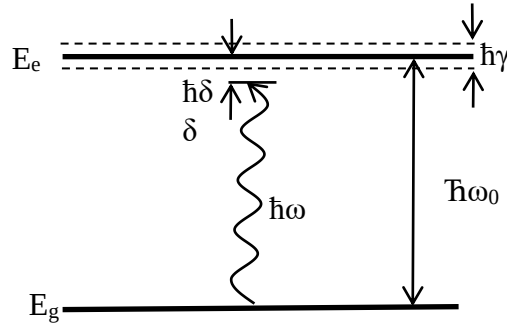
Mở đầu về lí thuyết

Xét một mô hình nguyên tử đơn giản với hai mức năng lượng, mức năng lượng ở trạng thái cơ bản là E_g và mức năng lượng ở trạng thái kích thích là E_e . Hiệu năng lượng là $E_g - E_e = \hbar\omega_0$, tần số góc của laser là ω , độ chênh lệch tần số của laser so với ω_0 là $\delta = \omega - \omega_0 \ll \omega_0$. Giả thiết rằng mọi vận tốc của nguyên tử thỏa mãn $v \ll c$, trong đó c là vận tốc ánh sáng. Em có thể chỉ cần lấy đến gần đúng bậc một với các tham số nhỏ v/c và δ/ω_0 . Độ rộng tự nhiên của trạng thái kích thích E_e do sự suy giảm tự phát là $\gamma \ll \omega_0$, nghĩa là với một nguyên tử ở trạng thái kích thích, thì xác suất trở về trạng thái cơ bản trong một đơn vị thời gian bằng γ . Khi một nguyên tử trở về trạng thái cơ bản, nó phát xạ một photon có tần số gần bằng ω_0 theo hướng ngẫu nhiên.

Trong cơ học lượng tử, có thể chỉ ra rằng khi một nguyên tử bị chiếu bởi một bức xạ laser có cường độ yếu, thì xác suất kích thích nguyên tử trong một đơn vị thời gian phụ thuộc vào tần số ω_a của bức xạ, xét trong hệ quy chiếu gắn với nguyên tử, được tính theo công thức

$$\gamma_p = s_0 \frac{\gamma/2}{1 + 4(\omega_a - \omega_0)^2 / \gamma^2} \ll \gamma,$$

trong đó $s_0 \ll 1$ là một tham số phụ thuộc vào các tính chất của nguyên tử và cường độ của laser.



Hình 1. Chú ý rằng các thông số trong hình không theo đúng tỷ lệ

Trong bài toán này, khi xét các tính chất của khí gồm các nguyên tử natri, ta bỏ qua tương tác giữa các nguyên tử. Cường độ laser đủ nhỏ, sao cho số nguyên tử ở trạng thái kích thích luôn luôn nhỏ hơn nhiều so với số nguyên tử ở trạng thái cơ bản. Ta cũng có thể bỏ qua ảnh hưởng của trọng trường (trong các thí nghiệm thực tế, thì tác dụng của trọng trường đã được bù trừ bởi tác dụng của một từ trường phụ).

Các giá trị bằng số:

Hằng số Planck	$\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Hằng số Boltzmann	$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Khối lượng của nguyên tử natri	$m = 3,81 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
Tần số nêu trong bài toán	$\omega_0 = 2\pi \cdot 5,08 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
Độ rộng của trạng thái kích thích	$\gamma = 2\pi \cdot 9,80 \cdot 10^6 \text{ Hz}$
Mật độ nguyên tử	$n = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$

Bài toán

a) [1 điểm] Giả sử nguyên tử chuyển động theo chiều dương của trục x với vận tốc v_x , và bức xạ laser có tần số ω truyền theo chiều âm của trục x . Tần số của bức xạ trong hệ quy chiếu gắn với nguyên tử bằng bao nhiêu?

b) [2,5 điểm] Giả sử nguyên tử chuyển động theo chiều dương của trục x với vận tốc v_x , và hai chùm tia laser giống hệt nhau chiếu dọc phương x từ hai chiều khác nhau. Tần số của hai laser là ω , tham số cường độ là s_0 . Hãy tìm biểu thức của lực trung bình $F(v_x)$ tác dụng lên một nguyên tử. Với v_x nhỏ, lực này có thể được viết

dưới dạng $F(v_x) = -\beta v_x$. Hãy tìm biểu thức của β . Nếu giá trị tuyệt đối của vận tốc nguyên tử giảm, hãy xác định dấu của đại lượng $\delta = \omega - \omega_0$. Giả thiết rằng động lượng của một nguyên tử rất lớn hơn động lượng của một photon.

Sau đây, chúng ta sẽ giả thiết rằng vận tốc của nguyên tử đủ nhỏ để có thể sử dụng công thức tuyến tính cho lực trung bình ở trên.

c) [2,0 điểm] Nếu sử dụng 6 chùm tia laser dọc theo các trục x , y và z , theo các hướng dương và âm, thì khi $\beta > 0$ sẽ có lực tiêu tán tác dụng lên các nguyên tử, làm năng lượng trung bình của nguyên tử giảm đi. Điều đó có nghĩa là nhiệt độ của khí, được xác định qua năng lượng trung bình, cũng giảm. Sử dụng mật độ nguyên tử đã cho ở trên, hãy ước tính giá trị bằng số của nhiệt độ T_Q , mà ở đó ta không thể coi nguyên tử như những chất điểm, do có các hiệu ứng lượng tử.

Sau đây, chúng ta sẽ giả thiết rằng nhiệt độ rất lớn hơn T_Q , và 6 laser dọc theo các phương x , y và z được sử dụng như đã giải thích ở phần c).

Trong phần b) em đã tính lực trung bình tác dụng lên nguyên tử. Tuy nhiên, vì bản chất lượng tử của photon, trong mỗi quá trình hấp thụ hoặc bức xạ, động lượng của nguyên tử thay đổi với các giá trị rời rạc và theo hướng ngẫu nhiên, do có các quá trình giạt lùi.

d) [0,5 điểm] Hãy xác định giá trị bằng số của bình phương độ biến đổi của động lượng của nguyên tử, $(\Delta p)^2$, do kết quả của một lần hấp thụ hoặc bức xạ.

e) [3,5 điểm] Do có hiệu ứng giạt lùi, nên nhiệt độ trung bình của khí sau thời gian dài không phải là không độ tuyệt đối, mà tiến đến một giá trị hữu hạn nào đó. Sự tiến triển của động lượng của nguyên tử có thể được miêu tả như sự di chuyển ngẫu nhiên trong không gian động lượng với mỗi bước trung bình là $\sqrt{(\Delta p)^2}$, và như sự làm lạnh do lực tiêu tán. Nhiệt độ ở trạng thái dừng được xác định bởi tác dụng tổng hợp của hai quá trình khác nhau này. Hãy chứng tỏ rằng nhiệt độ của trạng thái dừng T_d có dạng: $T_d = \hbar \gamma (x + \frac{1}{x}) / (4k_B)$. Hãy xác định x . Giả thiết rằng T_d rất lớn so với $(\Delta p)^2 / (2k_B m)$.

Ghi chú: Nếu các véc tơ $\mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2, \dots, \mathbf{P}_n$ không tương quan thống kê với nhau, thì giá trị trung bình của bình phương tổng của chúng là

$$\langle (\mathbf{P}_1 + \mathbf{P}_2 + \dots + \mathbf{P}_n)^2 \rangle = \langle \mathbf{P}_1^2 \rangle + \langle \mathbf{P}_2^2 \rangle + \dots + \langle \mathbf{P}_n^2 \rangle$$

f) [0,5 điểm] Hãy tìm giá trị bằng số nhỏ nhất có thể có của nhiệt độ do hiệu ứng giật lùi. Điều này đạt được khi tỉ số δ/γ bằng bao nhiêu?

Đề thi thí nghiệm

Bài thi thí nghiệm này có hai phần liên quan với nhau

Phần 1

Đo nhiệt dung riêng của nhôm trong khoảng nhiệt độ từ 45°C đến 65°C. (10 điểm)

Trong phần này, em CHỈ có thể sử dụng các dụng cụ sau:

1. Một cốc nhựa có nắp đậy với một lỗ cắm nhiệt kế;
2. Một nhiệt kế hiển số với độ chính xác đến 0,1°C; nhiệt độ của **sensor (10)** được hiển ra ở phía trên của màn hình, phía dưới là nhiệt độ phòng. Em không được ấn nút max/min: khi ấn nút max/min sẽ làm thay đổi số chỉ trên màn hình giữa các giá trị hiện tại, giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất. Nếu nhiệt độ của nước vượt quá 70°C, thì nhiệt kế chỉ "H", để báo rằng nó vượt quá giới hạn đo. **CHÚ Ý: KHÔNG ĐƯỢC DÙNG NHIỆT KẾ NÀY ĐỂ ĐO NHIỆT ĐỘ CỦA NITƠ LỎNG! NHIỆT KẾ CHỈ CÓ THỂ SỬ DỤNG TRONG PHẦN 1.**
3. Một khối nhôm hình trụ có lỗ;
4. Một cân điện tử với độ chính xác 1 g; khi sử dụng hãy đặt cân trên mặt phẳng nằm ngang. Nút Tare/Zero chính là nút bật tắt (On/Off) đồng thời đặt cho số chỉ của cân về không. Em đừng ấn vào bất kỳ nút nào khác. Ghi chú: cân tự động tắt (OFF) sau một khoảng thời gian, em cần bật nó trở lại (ON) và chỉnh số không của cân. Cứ khoảng 50 giây, em hãy ấn lên bàn cân một lần để cho cân không tự động tắt.
5. Một đồng hồ đo thời gian hiển số; ấn nút bên trái của đồng hồ để thay đổi từ chế độ đồng hồ (Clock) sang chế độ đo thời gian (Stopwatch). Trong chế độ đo thời gian (Stopwatch), nút ở giữa là nút Dừng/Bắt đầu (Stop/Start), nút bên phải là nút đặt lại (Reset);
6. Một phích đựng nước nóng;
7. Một cốc đựng nước đã sử dụng;
8. Giấy vẽ đồ thị (2 tờ);
9. Một vài sợi chỉ.

Các kết quả đo nhiệt dung riêng của nhôm sẽ được sử dụng trong Phần 2 của bài thí nghiệm.

Nhiệt dung riêng của nhôm cần phải được xác định từ sự so sánh hai đường cong thực nghiệm:

1) đường cong biểu diễn quá trình nguội đi của nước nóng trong cốc nhựa không có miếng nhôm (thí nghiệm thứ nhất);

2) đường cong biểu diễn quá trình nguội đi của nước nóng trong cốc nhựa có miếng nhôm nhúng ngập trong đó (thí nghiệm thứ hai);

Nhiệt dung riêng của nước được cho là $c_w = 4,20 \text{ kJ/(kg K)}$.

Khối lượng riêng của nước là $\rho_w = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Khối lượng riêng của nhôm là $\rho_{Al} = 2,70 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Chú ý: Hãy rất cẩn thận với nước nóng. Em hãy nhớ rằng nước ở nhiệt độ $T > 50^\circ \text{C}$ có thể gây bỏng. KHÔNG ĐƯỢC SỬ DỤNG NITƠ LỎNG TRONG PHẦN NÀY!

Nhiệm vụ

1a) [1 điểm] Xây dựng bằng lý thuyết một công thức tính nhiệt dung riêng của nhôm c_{Al} từ các đại lượng đo được trong thí nghiệm: khối lượng m_1 của nước nóng trong thí nghiệm thứ nhất, khối lượng m_2 của nước nóng trong thí nghiệm thứ hai, khối lượng m của khối nhôm và tỉ số của các nhiệt dung $K = C_1/C_2$, trong đó C_1 là nhiệt dung của nước trong thí nghiệm thứ nhất, C_2 là nhiệt dung tổng hợp của nước và khối nhôm trong thí nghiệm thứ hai.

Trong phần 1b) và 1c) em sẽ tiến hành phép đo để xác định K . Phần 1b) và 1c) phải được tiến hành với các nắp được đậy kín. Giả thiết rằng trong trường hợp này sự trao đổi nhiệt giữa phần đựng trong cốc và môi trường phụ thuộc tuyến tính vào hiệu nhiệt độ của cốc và môi trường. Hệ số tỉ lệ chỉ phụ thuộc vào mực nước trong cốc. Hãy đảm bảo chắc chắn là miếng nhôm ngập hoàn toàn trong nước ở phần 1c). Em có thể bỏ qua nhiệt dung của cái cốc.

- 1b) **[1,5 điểm]** Tiến hành thí nghiệm thứ nhất - khảo sát sự liên hệ giữa nhiệt độ T_1 của nước với thời gian t , trong khoảng nhiệt độ từ 45°C đến 65°C . Lập và nộp bảng số liệu. Viết giá trị của m_1 vào Phiếu trả lời (answer sheet).
- 1c) **[1,5 điểm]** Tiến hành thí nghiệm thứ hai - khảo sát sự liên hệ giữa nhiệt độ T_2 của nước cùng với miếng nhôm với thời gian t , trong khoảng nhiệt độ từ 45°C đến 65°C . Lập và nộp bảng số liệu. Viết giá trị của m_2 và m vào Phiếu trả lời (answer sheet).
- 1d) **[4 điểm]** Hãy dùng đồ thị để xác định tỉ số giữa các nhiệt dung $K = C_1 / C_2$ và sai số ΔK . Hãy viết các giá trị của K và ΔK vào Phiếu trả lời (answer sheet).
- 1e) **[2 điểm]** Hãy xác định giá trị bằng số của c_{Al} và ước tính sai số Δc_{Al} của phép đo. Hãy viết các giá trị của c_{Al} và Δc_{Al} vào Phiếu trả lời (answer sheet).

Phần 2

Đo ẩn nhiệt hóa hơi riêng của nitơ lỏng

(10 điểm)

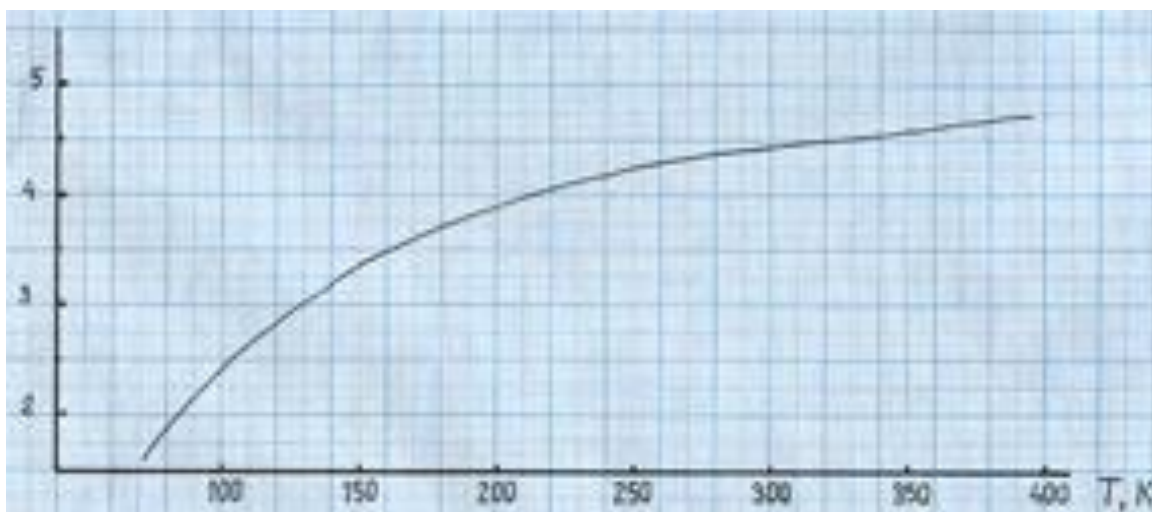
Trong phần này em có thể sử dụng các dụng cụ sau đây:

1. Một cốc bằng nhựa xốp có nắp;
2. Một phích đựng nitơ lỏng;
3. Một khối nhôm hình trụ có lỗ (mục 3, Phần 1);
4. Một chiếc cân điện tử có độ chính xác đến 1g (mục 4, Phần 1);
5. Một đồng hồ đo thời gian hiện số (mục 5, phần 1);
6. Giấy vẽ đồ thị (2 tờ)
7. Một vài sợi chỉ.

Ẩn nhiệt hóa hơi riêng (ta vẫn gọi là nhiệt hoá hơi) của nước thì đã được biết, trong khi chúng ta lại ít đề cập đến một thành phần chính của khí quyển là nitơ, trong trạng thái lỏng của nó. Nhiệt độ sôi của nitơ lỏng ở áp suất bình thường là rất thấp, $T_N = 77\text{K} = -196^{\circ}\text{C}$.

Trong thí nghiệm này em được yêu cầu đo ẩn nhiệt hóa hơi riêng của nitơ. Do có sự trao đổi nhiệt với môi trường nên nitơ lỏng trong cốc nhựa xốp bay hơi, và khối lượng của nitơ lỏng giảm với một tốc độ nào đó. Khi một khối nhôm, ban đầu có nhiệt độ phòng, được nhúng ngập trong nitơ lỏng, nitơ sẽ sôi dữ dội cho đến khi nhiệt độ của khối nhôm bằng nhiệt độ của nitơ lỏng. Khi có một lượng hơi nitơ phụt nhanh ra khỏi cốc, thì tức là miếng nhôm không lạnh thêm nữa - sự phụt ra này được gây nên bởi sự biến mất của lớp hơi ở giữa nhôm và nitơ lỏng. Sau khi nhiệt độ của miếng nhôm bằng nhiệt độ của nitơ lỏng, thì quá trình bay hơi của nitơ lại tiếp tục.

Khi xét trong một khoảng nhiệt độ rộng, người ta thấy rằng nhiệt dung riêng c_{Al} của nhôm phụ thuộc vào nhiệt độ tuyệt đối. Đồ thị của nhiệt dung riêng của nhôm, đo theo đơn vị tùy ý, phụ thuộc nhiệt độ như trên Hình 1. Hãy sử dụng kết quả đo nhiệt dung riêng của nhôm trong khoảng $45^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$ thu được ở Phần 1 để chuẩn hóa đường cong này theo đơn vị nhiệt dung riêng xác định.



Hình 1. Sự phụ thuộc của nhiệt dung riêng của nhôm, đo theo đơn vị tùy ý, vào nhiệt độ.

Chú ý

1) Nitơ lỏng có nhiệt độ $T_N = -196^{\circ}\text{C}$. Để tránh bị bỏng lạnh, em đừng chạm vào nitơ lỏng và cũng đừng chạm vào các vật đã tiếp xúc với nitơ lỏng. Chú ý để xa các đồ dùng cá nhân bằng kim loại như đồ trang sức, đồng hồ đeo tay v.v...

2) Không được cho bất kì vật gì (trừ khối nhôm) vào nitơ lỏng.

3) Cần thận khi cho miếng nhôm vào nitơ lỏng để tránh làm bắn hoặc làm tràn ra ngoài.

Nhiệm vụ

2a) **[3 điểm]** Đo tốc độ bay hơi của nitơ trong một cốc nhựa xốp có nắp đậy, và đo khối lượng nitơ bay hơi trong quá trình làm lạnh khối nhôm (khối nhôm được thả vào cốc qua một cái lỗ ở nắp cốc).

Tiến hành thí nghiệm như sau. Đặt cốc nhựa xốp lên mặt cân, rót vào đó khoảng 250 g nitơ lỏng, đợi khoảng 5 phút và sau đó bắt đầu tiến hành đo. Sau khi một lượng nitơ bay hơi, nhúng khối nhôm vào cốc - khi đó xảy ra sự sôi mãnh liệt. Sau khi khối nhôm lạnh đi đến nhiệt độ của nitơ lỏng, sự bay hơi êm dịu trở lại. Em cần đo tiếp ở chế độ này trong khoảng 5 phút nữa, để cho một lượng nitơ nữa bay hơi tiếp. Trong suốt cả quá trình này, cần ghi số chỉ $M(t)$ của cân theo thời gian.

TRONG BẤT KÌ TRƯỜNG HỢP NÀO CŨNG KHÔNG ĐƯỢC SỜ VÀO KHỐI NHÔM SAU KHI NÓ ĐÃ ĐƯỢC NHÚNG VÀO NITƠ LỎNG

Trong báo cáo, em cần có bảng giá trị $M(t)$ và $m_N(t)$, trong đó $m_N(t)$ là khối lượng của nitơ đã bay hơi.

2b) **[1 điểm]** Dùng các kết quả của các phép đo $M(t)$ trong 2a), hãy vẽ đồ thị của khối lượng nitơ bay hơi m_N theo thời gian t . Đồ thị cần thể hiện rõ ba giai đoạn của quá trình: giai đoạn êm dịu trước và sau khi nhúng khối nhôm vào, và giai đoạn sôi dữ dội.

2c) **[3,0 điểm]** Từ đồ thị, hãy xác định khối lượng m_N^{Al} của nitơ bay hơi chỉ do trao đổi nhiệt với khối nhôm, vì khối nhôm được làm lạnh từ nhiệt độ phòng đến nhiệt độ nitơ lỏng. Muốn vậy, em cần tính đến sự trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh qua thành của cốc trước, trong và sau khi khối nhôm được làm nguội. Hãy viết giá trị m_N^{Al} và sai số của nó Δm_N^{Al} vào phiếu trả lời.

2d) **[0,5 điểm]** Dùng kết quả của phép đo nhiệt dung riêng của nhôm trong khoảng nhiệt độ 45°C - 65°C (Phần 1), hãy chuẩn hoá đồ thị mô tả mối quan hệ giữa nhiệt dung riêng của nhôm và nhiệt độ, bằng cách chuyển từ đơn vị tùy ý (arbitrary units, viết tắt là *arb. units*) sang đơn vị nhiệt dung riêng xác định.

Trong phiếu trả lời, hãy viết giá trị của hệ số chuyển đổi β từ đơn vị tùy ý sang đơn vị nhiệt dung riêng xác định:

$$c_{Al} (J/(kg \cdot K)) = \beta \cdot c_{Al} (arb.units)$$

- 2e) **[2,5 điểm]** Dùng các kết quả của phép đo khối lượng nitơ bay hơi do làm lạnh khối nhôm và đồ thị đã chuẩn hoá của nhiệt dung riêng theo nhiệt độ, hãy xác định ẩn nhiệt hoá hơi riêng λ của nitơ. Hãy viết giá trị của λ và sai số của nó vào phiếu trả lời.

Bài thí lí thuyết

Bài toán lí thuyết số 1

Quả cầu chứa đầy chất lỏng lăn qua lăn lại (10 điểm)

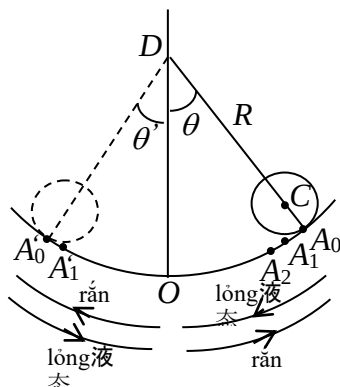
Xét một quả cầu chứa đầy chất lỏng, lăn qua lăn lại ở đáy của một cái bát hình cầu. Nghĩa là quả cầu thay đổi một cách tuần hoàn hướng chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay. Do ma sát nhớt của chất lỏng trong quả cầu, chuyển động của quả cầu rất phức tạp và rất khó khảo sát. Tuy nhiên, mô hình đơn giản hoá nêu ở đây sẽ giúp ích cho việc giải bài toán này.

Giả sử một vỏ cầu mỏng, cứng, có bán kính r và khối lượng m , được chứa đầy một chất lỏng với khối lượng M , được gọi là chất lỏng **W**. **W** có một tính chất đặc biệt là, bình thường thì nó là một chất lỏng lí tưởng (tức là không có sự nhớt), nhưng dưới tác dụng của một nguyên nhân đặc biệt nào đó từ bên ngoài (chẳng hạn điện trường), thì nó chuyển lập tức sang trạng thái rắn với cùng một thể tích; và khi nguyên nhân bên ngoài bị ngắt bỏ, thì trạng thái lỏng lại lập tức được phục hồi. Ngoài ra, tác động của nguyên nhân từ bên ngoài không gây nên bất kì một lực hay một mômen lực nào lên quả cầu. Vỏ cầu được chứa đầy chất lỏng (từ đây về sau gọi là ‘quả cầu’, cho tiện) được giả thiết là lăn qua lăn lại ở đáy của một cái bát hình cầu, bán kính R ($R > r$), mà không trượt, như thấy ở hình vẽ. Giả thiết quả cầu chuyển động chỉ trong mặt phẳng thẳng đứng (cũng chính là mặt phẳng hình vẽ), hãy khảo sát chuyển động của quả cầu trong ba trường hợp sau đây:

1. **W** giống như một vật rắn lí tưởng, đồng thời, **W** tiếp xúc với thành trong của vỏ cầu rất chặt chẽ, sao cho có thể coi cả hệ như một quả cầu cứng với bán kính r , trong đó khối lượng riêng thay đổi một cách đột ngột ở chỗ tiếp giáp giữa mặt trong của vỏ cầu với **W**.

(1) Hãy tính mômen quán tính I của quả cầu đối với trục đi qua tâm C của nó. (Em cần chỉ ra các bước tính toán chi tiết). (1.0 điểm)

(2) Hãy tính chu kì T_1 của chuyển động lăn qua lăn lại của quả cầu với biên độ nhỏ, mà không trượt, ở đáy của cái bát hình cầu. (2.5 điểm)



2. **W** giống như một chất lỏng lí tưởng, không có ma sát giữa **W** và vỏ cầu. Hãy tính chu kì T_2 của chuyển động lăn qua lăn lại của quả cầu, với biên độ nhỏ, mà không trượt, ở đáy của cái bát hình cầu.

(2.5 điểm)

3. **W** chuyển giữa trạng thái rắn lí tưởng và trạng thái lỏng lí tưởng. Giả sử ở thời điểm $t = 0$, quả cầu được giữ đứng yên, với đường CD lập một góc θ_0 ($\theta_0 \ll 1 \text{ rad}$) với đường thẳng đứng OD , trong đó D là tâm của cái bát hình cầu. Quả cầu tiếp xúc với thành trong của cái bát ở điểm A_0 , như thấy trên hình vẽ. Thả quả cầu ra, nó bắt đầu lăn về bên trái từ trạng thái nghỉ. Trong quá trình quả cầu chuyển động từ A_0 đến vị trí cân bằng O của nó, **W** giống như một chất lỏng lí tưởng. Lúc quả cầu đi qua điểm O , **W** chuyển đột ngột sang trạng thái rắn và dính chặt vào thành trong của vỏ cầu, cho đến lúc quả cầu đi đến vị trí cao nhất của nó A_1 . Khi quả cầu đến A_1 , **W** chuyển đột ngột trở lại trạng thái lỏng. Tiếp theo, quả cầu lăn sang phải; và **W** chuyển đột ngột sang trạng thái rắn và dính chặt vào thành trong của vỏ cầu khi quả cầu đi qua vị trí cân bằng O . Khi quả cầu đạt đến vị trí cao nhất ở bên phải A_2 , **W** lại chuyển sang trạng thái lỏng. Sau đó quá trình được lặp đi lặp lại như vậy. Quả cầu lăn sang phải, rồi sang trái, một cách tuần hoàn, nhưng biên độ góc của nó giảm dần. Chiều chuyển động của quả cầu được mô tả bằng các mũi tên cong trên hình vẽ, cùng với các chữ “rắn” và “lỏng”, cho biết trạng thái tương ứng của **W**. Ta giả thiết rằng trong quá trình lăn qua lăn lại, không có sự trượt tương đối giữa quả cầu và thành trong của cái bát (hoặc có thể giả thiết là đáy của cái bát có thể cung cấp đủ ma sát cần thiết). Hãy tính chu kì T_3 của sự lăn phải lăn trái của quả cầu, và biên độ góc θ_n của

tâm quả cầu, tức là góc mà đường CD lập với đường thẳng đứng OD khi quả cầu đạt được vị trí cao nhất A_n bên phải ở lần thứ n , (trên hình, chỉ vẽ vị trí A_2).

(4.0 điểm)

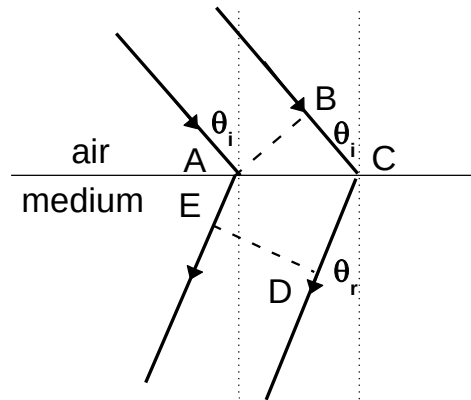
Bài toán lí thuyết số 2

2A. Các tính chất quang học của một vật liệu bất thường (7 điểm)

Các tính chất quang học của một môi trường được quyết định bởi hằng số điện môi tương đối (ϵ_r) và độ từ thẩm tương đối (μ_r) của nó. Với các vật liệu quen thuộc như nước, thủy tinh, là những chất trong suốt, cả ϵ_r và μ_r của chúng đều dương, và hiện tượng khúc xạ tuân theo định luật Snell xảy ra khi ánh sáng từ không khí đi đến không vuông góc với bề mặt của vật liệu. Năm 1964, Nhà khoa học Nga là V. Veselago đã chứng minh một cách chặt chẽ rằng một vật liệu với cả ϵ_r và μ_r đồng thời âm sẽ thể hiện nhiều tính chất quang học kì lạ và thậm chí không thể tin được. Những năm đầu của thế kỉ 21, những vật liệu quang học bất thường như vậy đã được trình bày ở một số phòng thí nghiệm. Gần đây, những nghiên cứu về các vật liệu quang học bất thường này đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu khoa học tiên tiến. Thông qua việc giải một vài bài toán sau đây, em có thể thu được những hiểu biết nền tảng về các tính chất quang học cơ bản của những vật liệu bất thường này. **Cần lưu ý rằng một vật liệu với cả ϵ_r và μ_r đồng thời âm có tính chất quan trọng sau đây. Khi sóng ánh sáng truyền về phía trước được quãng đường Δ trong một môi trường như vậy, thì pha của sóng ánh sáng sẽ giảm đi một lượng bằng $\sqrt{\epsilon_r \mu_r} k \Delta$, chứ không tăng lên như ở các vật liệu thông thường, trong đó cả ϵ_r và μ_r đều dương. Ở đây, ta vẫn chỉ lấy giá trị căn dương khi tính căn bậc hai, còn k là vectơ sóng của ánh sáng.** Trong các câu hỏi dưới đây, ta giả thiết rằng cả hằng số điện môi và độ từ thẩm tương đối của không khí đều bằng 1.

1. (1) Theo các tính chất đã mô tả trên đây, giả thiết một chùm sáng đi từ không khí đập vào bề mặt của một vật liệu không bình thường có hằng số điện môi tương đối $\epsilon_r < 0$ và độ từ thẩm tương đối $\mu_r < 0$, hãy chứng minh rằng hướng của chùm tia khúc xạ vẽ trên Hình 2-1 là hợp lí. (1.2 điểm)

(Trên hình vẽ **air** là không khí, **medium** là môi trường (bất thường))



Hình 2-1

(2) Với Hình 2-1, hãy chỉ ra mối liên hệ giữa góc khúc xạ θ_r (góc mà tia khúc xạ lập với pháp tuyến của mặt phân cách giữa không khí và vật liệu) và góc tới θ_i .

(0.8

điểm)

(3) Giả thiết rằng một chùm sáng đi từ vật liệu bất thường đập vào mặt phân cách giữa vật liệu này và không khí, hãy chứng minh rằng hướng của chùm tia khúc xạ được vẽ trên Hình 2-2 là hợp lí.

(1.2 điểm)

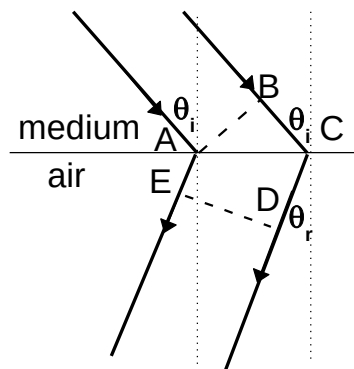


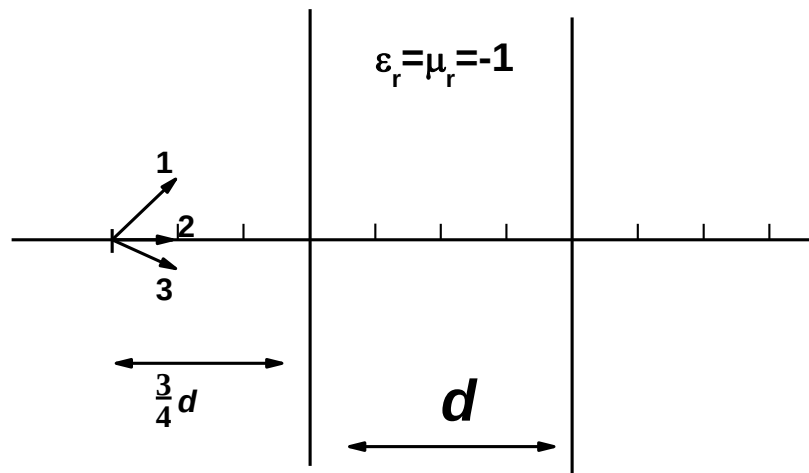
Fig. 2-2

(4) Với Hình 2-2, hãy chỉ ra mối liên hệ giữa góc khúc xạ θ_r (góc mà chùm tia khúc xạ lập với pháp tuyến của mặt phân cách giữa hai môi trường) và góc tới θ_i .

(0.8 points)

2. Như thấy trên Hình 2-3, một tấm có chiều dày d , làm bằng vật liệu quang học bất thường với $\epsilon_r = \mu_r = -1$, được đặt trong không khí. Có một nguồn sáng điểm đặt ở phía trước tấm vật liệu, cách tấm này một khoảng bằng $\frac{3}{4}d$. Hãy vẽ chính xác đường đi của ba tia sáng phát ra từ nguồn. (Gợi ý: với các điều kiện cho trong bài, không có sự phản xạ ở mặt phân cách giữa không khí và vật liệu bất thường).

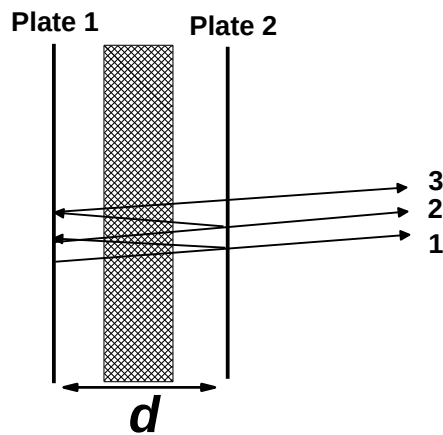
(1.0 điểm)



Hình 2-3

3. Như thấy trên Hình 2-4, một hốc cộng hưởng bản mặt song song được tạo nên từ hai bản đặt song song với nhau, cách nhau một khoảng d . Về mặt quang học thì một trong hai bản, trên Hình 2-4 là bản được gọi là Plate 1 (Bản 1), là phản xạ lí tưởng (độ phản xạ 100%), còn bản kia, gọi là Plate 2 (Bản 2), phản xạ không hoàn toàn (nhưng độ phản xạ vẫn cao). Giả sử sóng ánh sáng phẳng được phát ra từ một nguồn ở gần Plate 1, thì sóng ánh sáng này phản xạ nhiều lần giữa hai bản bên trong hốc cộng hưởng. Vì về mặt quang học, Plate 2 phản xạ *không* lí tưởng,

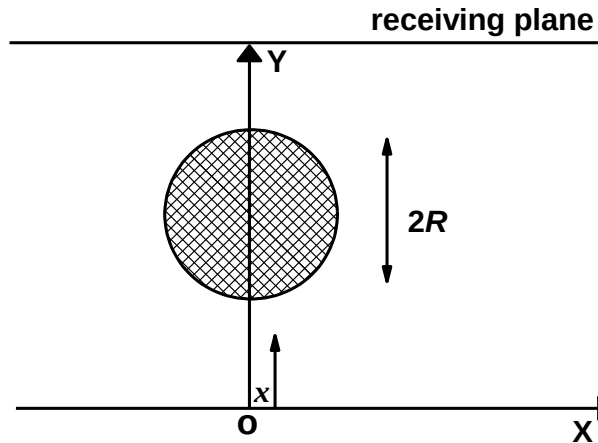
nên một số sóng ánh sáng sẽ lọt qua Plate 2 mỗi lần chùm sáng đi đến nó (tia 1, 2, 3, như thấy trên Hình 2-4), một số sóng ánh sáng khác bị phản xạ trên bản. Nếu các sóng này cùng pha với nhau, chúng sẽ giao thoa với nhau, tạo nên cực đại giao thoa, và dẫn đến cộng hưởng. Ta giả thiết rằng sóng ánh sáng thu được độ dịch pha bằng π mỗi lần phản xạ trên một trong hai bản. Bây giờ, ta đưa một tấm có chiều dày $0.4d$ (vùng màu xám trên Hình 2-4), làm bằng một vật liệu quang học bất thường có $\varepsilon_r = \mu_r = -0.5$, vào trong hốc cộng hưởng sao cho tấm này song song với hai bản. Khoảng không gian còn lại trong hốc cộng hưởng được không khí chiếm đầy. Ta chỉ xét tình huống trong đó ánh sáng đi theo hướng vuông góc với các tấm (sơ đồ tia sáng vẽ trên Hình 2-4 chỉ có tính minh hoạ); hãy tính tất cả các bước sóng thoả mãn điều kiện cộng hưởng của hốc cộng hưởng này. (Gợi ý: với điều kiện cho ở đây, không có sự phản xạ ở mặt phân cách giữa không khí và vật liệu bất thường). (1.0 điểm)



Hình 2-4

4. Một hình trụ dài vô hạn, bán kính R , làm bằng một vật liệu quang học bất thường với $\varepsilon_r = \mu_r = -1$, được đặt trong không khí, tiết diện thẳng của nó trong mặt phẳng XOY được vẽ trên Hình 2-5, với tâm nằm trên trục Y. Giả sử có một nguồn laser đặt trên trục X (vị trí của nguồn được xác định bởi toạ độ x của nó) phát ra một chùm tia laser hẹp dọc theo hướng Y. Hãy xác định phạm vi của x , mà trong đó tín hiệu ánh sáng từ nguồn sáng phát ra *không* đi đến được mặt phẳng nhận rộng vô hạn đặt ở phía bên kia của hình trụ. (1.0 điểm)

(Trên Hình 2-5, **receiving plane** là mặt phẳng nhận)



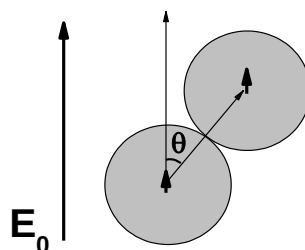
Hình 2-5

2B. Quả cầu điện môi trong điện trường ngoài (3 điểm)

Nhúng một số hạt điện môi nhỏ vào một chất lỏng có độ nhớt thấp, em có thể thu được một hệ ở dạng huyền phù. Khi một điện trường ngoài được đặt vào hệ, các hạt điện môi huyền phù sẽ bị phân cực, với mô men lưỡng cực điện thu được, gọi là mô men lưỡng cực điện cảm ứng. Trong một khoảng thời gian rất ngắn, các hạt bị phân cực này kết tụ lại với nhau do tương tác lưỡng cực, làm cho độ nhớt hiệu dụng của cả hệ tăng lên đáng kể (hệ thu được có thể được coi gần đúng như một vật rắn). Loại chuyển pha này được gọi là hiệu ứng “điện lưu biến”, còn hệ như vậy được gọi là chất lỏng “điện lưu biến”. Hiệu ứng này có thể được ứng dụng để chế tạo các thiết bị hãm (cái phanh) dùng trong thực tế, vì rằng thời gian đáp ứng của sự chuyển pha loại này ngắn hơn các cơ chế hãm thông thường hàng trăm lần. Thông qua việc giải một số bài toán dưới đây, em sẽ được cung cấp một hình ảnh đơn giản hoá để hiểu được cơ chế của sự chuyển pha điện lưu biến.

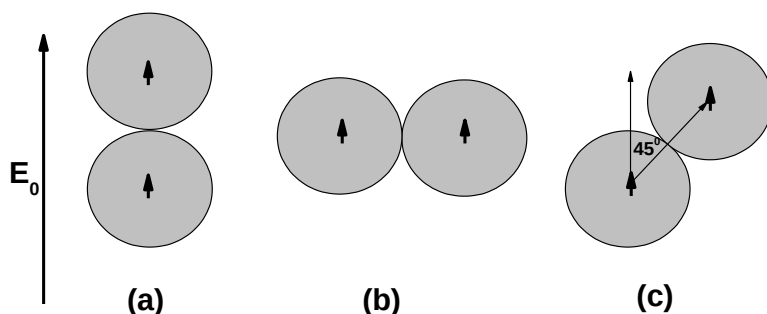
1. Khi có nhiều quả cầu điện môi giống hệt nhau, có bán kính a , nhúng trong chất lỏng, ta giả thiết rằng mô men lưỡng cực $\vec{p}$ của mỗi quả cầu *chỉ* do điện trường ngoài $\vec{E}_0$ gây nên, không phụ thuộc vào các quả cầu khác. (**Chú ý:** $\vec{p} \parallel \vec{E}_0$).
(1) Khi hai quả cầu nhỏ giống hệt nhau nằm trong chất lỏng và chạm vào nhau, nếu đường nối các tâm của chúng lập góc θ với hướng của điện trường ngoài (xem Hình 2-6), hãy viết biểu thức của năng lượng tương tác lưỡng cực-lưỡng

cực giữa hai quả cầu điện môi nhỏ theo p , a và θ . (**Chú ý:** Trong các phép tính của em, mỗi quả cầu điện môi bị phân cực có thể được coi như một lưỡng cực điện nằm ở tâm của quả cầu). (0.5 điểm)



Hình 2-6

(2) Hãy tính các năng lượng tương tác lưỡng cực - lưỡng cực cho ba cách sắp xếp (cấu hình) ở trên Hình 2-7. (0.75 điểm)



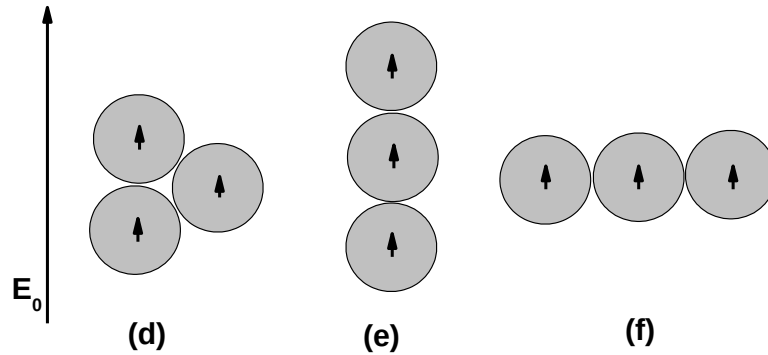
Hình 2-7

(3) Hãy xác định xem cấu hình nào của hệ là cấu hình ổn định nhất. (0.25 điểm)

(**Chú ý:** Trong các phép tính của em, mỗi quả cầu điện môi bị phân cực có thể được coi như một lưỡng cực điện đặt ở tâm quả cầu, và năng lượng tương tác lưỡng cực-lưỡng cực có thể được biểu thị theo p và a).

2. Trong trường hợp có ba quả cầu trong chất lỏng, dựa trên các giả thiết như ở câu hỏi 1, (1) hãy tính các năng lượng tương tác lưỡng cực-lưỡng cực cho ba cấu hình vẽ trên Hình 2-8; (0.9 điểm)

- (2) hãy xác định xem cấu hình nào là cấu hình ổn định nhất; (0.3 điểm)
- (3) hãy xác định xem cấu hình nào là cấu hình kém ổn định nhất. (0.3 điểm)
- (Chú ý:** Trong các phép tính của em, mỗi quả cầu điện môi bị phân cực có thể được coi như một lưỡng cực điện đặt ở tâm quả cầu, và năng lượng tương tác lưỡng cực-lưỡng cực có thể được biểu thị theo p và a)



Hình 2-8

Bài toán lí thuyết 3

3A. Đóng góp trung bình của mỗi electron vào nhiệt dung riêng của khí electron tự do ở thể tích không đổi (5 điểm)

1. Theo vật lí cổ điển, các electron dẫn trong kim loại tạo thành khí electron tự do giống như một khí lí tưởng. Trong điều kiện cân bằng nhiệt, năng lượng trung bình của các electron có quan hệ với nhiệt độ, vì vậy electron đóng góp vào nhiệt dung riêng. Đóng góp trung bình của mỗi electron vào nhiệt dung riêng của khí electron tự do ở thể tích không đổi được xác định là

$$c_v = \frac{d\bar{E}}{dT}, \quad (1)$$

trong đó $\bar{E}$ là năng lượng trung bình của mỗi electron. Tuy nhiên giá trị của nhiệt dung riêng ở thể tích không đổi là một hằng số, không phụ thuộc vào nhiệt độ. Hãy tính phần đóng góp trung bình của mỗi electron vào năng lượng $\bar{E}$ và nhiệt dung riêng c_v ở thể tích không đổi.

(1.0

điểm)

2. Người ta đã chứng minh được bằng thực nghiệm, rằng nhiệt dung riêng của các electron dẫn ở thể tích không đổi trong kim loại phụ thuộc vào nhiệt độ, và giá trị thực nghiệm ở nhiệt độ phòng nhỏ hơn giá trị thu được từ lí thuyết cổ điển vào khoảng hai bậc độ lớn (tức là vài phần trăm). Đó là vì các electron tuân theo thống kê lượng tử mà không tuân theo thống kê cổ điển. Theo lí thuyết lượng tử, với một vật liệu kim loại, mật độ trạng thái của các electron dẫn (số các trạng thái điện tử trong một đơn vị thể tích và trên một đơn vị năng lượng) thì tỉ lệ với căn bậc hai của năng lượng electron E , nên số các trạng thái nằm trong khoảng năng lượng dE với một mẫu kim loại có thể tích V có thể được viết dưới dạng

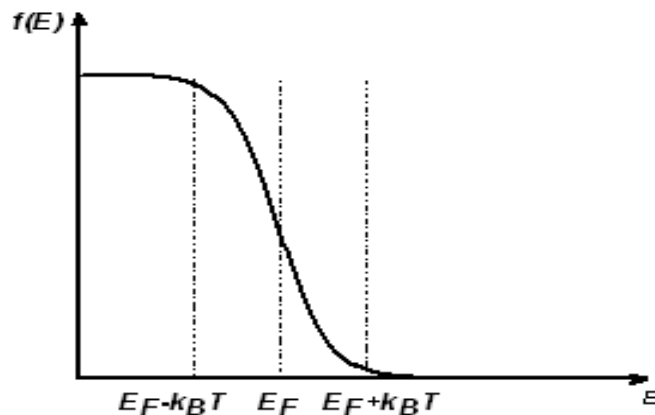
$$dS = C V E^{1/2} dE \quad (2)$$

trong đó C là hằng số chuẩn hoá, được xác định từ tổng số electron của hệ.

Xác suất để trạng thái có năng lượng E bị chiếm bởi electron là

$$f(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{k_B T}\right)}, \quad (3)$$

trong đó $k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ là hằng số Boltzmann và T là nhiệt độ tuyệt đối, còn E_F được gọi là mức Fermi. Thông thường, ở nhiệt độ phòng, E_F có giá trị vào khoảng vài eV đối với các vật liệu kim loại ($1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$). $f(E)$ được gọi là hàm phân bố Fermi, và được biểu diễn một cách sơ lược ở hình dưới đây.



(1) Hãy tính c_v ở nhiệt độ phòng theo $f(E)$ (3.5 điểm)

(2) Hãy cho một lời giải thích hợp lí cho sự sai lệch của lí thuyết cổ điển so với lí thuyết lượng tử. (0.5 điểm)

Chú ý: Trong phép tính của em, sự thay đổi của mức Fermi E_F theo nhiệt độ có thể được bỏ qua, tức là ta giả thiết $E_F = E_F^0$, với E_F^0 là mức Fermi ở 0 K. Đồng thời, hàm phân bố Fermi có thể được đơn giản hoá thành một hàm giảm bậc nhất trong khoảng năng lượng $2 k_B T$ quanh E_F , ngoài khoảng đó ra, thì nó bằng 0 hoặc bằng 1, tức là

$$f(E) = \begin{cases} 1 & E < E_F - k_B T \\ \text{linearly descending function} & E_F - k_B T < E < E_F + k_B T \\ 0 & E > E_F + k_B T \end{cases}$$

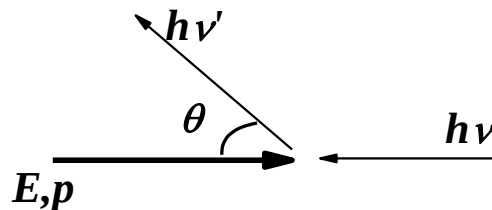
(Trong đẳng thức trên, ở dòng giữa, **linearly descending function** có nghĩa là *hàm giảm bậc nhất*)

Ở nhiệt độ phòng, $k_B T \ll E_F$, nên phép tính có thể được đơn giản hoá một cách tương ứng. Đồng thời, tổng số electron có thể được tính ở 0 K.

3B. Tán xạ Compton ngược (5 điểm)

Khi va chạm với electron năng lượng cao tương đối tính, một photon có thể thu được năng lượng từ electron năng lượng cao, tức là năng lượng và tần số của photon tăng lên nhờ va chạm. Đó chính là tán xạ Compton ngược. Loại hiện tượng này rất quan trọng trong vật lý thiên văn, chẳng hạn, nó cung cấp một cơ chế quan trọng để giải thích sự sinh ra các tia X và tia γ trong vũ trụ.

1. Một electron năng lượng cao có năng lượng toàn phần E (động năng của nó cao hơn năng lượng tĩnh) và một photon năng lượng thấp (năng lượng của nó nhỏ hơn năng lượng tĩnh của electron) có tần số ν chuyển động ngược hướng với nhau, và va chạm với nhau. Như thấy ở hình dưới đây, sự va chạm làm tán xạ photon, làm cho photon bị tán xạ chuyển động theo một hướng lập một góc θ với hướng tới ban đầu (electron bị tán xạ không được vẽ trên hình). Hãy tính năng lượng của photon bị tán xạ, biểu thị theo E, ν, θ , và năng lượng tĩnh E_0 của electron. Hãy chỉ ra giá trị của θ , mà ở đó photon bị tán xạ có năng lượng lớn nhất, và giá trị của năng lượng lớn nhất đó. (2.4 điểm)



2. Giả sử rằng năng lượng E của electron tới lớn hơn rất nhiều so với năng lượng tĩnh của nó, mà ta có thể viết $E = \gamma E_0, \gamma \gg 1$, và rằng năng lượng của photon tới nhỏ hơn E_0 / γ rất nhiều, hãy cho biểu thức gần đúng của năng lượng của electron bị tán xạ. Lấy $\gamma = 200$ và bước sóng của photon tới thuộc vùng ánh sáng khả kiến, $\lambda = 500\text{nm}$, hãy tính gần đúng giá trị của năng lượng cực đại và bước sóng tương ứng của photon bị tán xạ.

Các tham số: Năng lượng tĩnh của electron là $E_0 = 0.511\text{MeV}$, hằng số Planck $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, và $hc = 1.24 \times 10^3 \text{ eV}\cdot\text{nm}$, với c là tốc độ ánh sáng trong chân không. (1.2 điểm)

3. (1) Một electron năng lượng cao, tương đối tính, có năng lượng toàn phần E và một photon chuyển động ngược hướng nhau, và va chạm với nhau. Hãy chỉ ra năng lượng của photon tới, sao cho photon có thể thu được nhiều năng lượng nhất từ electron tới. Hãy tính năng lượng của photon bị tán xạ trong trường hợp này.

(0.7 điểm)

- (2) Một electron năng lượng cao, tương đối tính, có năng lượng toàn phần E và một photon chuyển động theo hướng vuông góc với nhau, và va chạm với nhau. Hãy chỉ ra năng lượng của photon tới, sao cho photon có thể thu được nhiều năng lượng nhất từ electron tới. Hãy tính năng lượng của photon bị tán xạ trong trường hợp này.

(0.7 điểm)

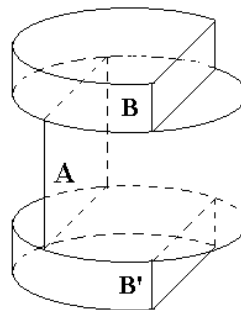
Phần thi thực hành

Bài thực hành số 1

Đo hệ số dẫn nở nhiệt và hệ số nhiệt của chiết suất thủy tinh(10 điểm)

(1) Hướng dẫn

Các dụng cụ quang học thường được dùng ở nhiệt độ cao hoặc nhiệt độ thấp. Khi các dụng cụ quang học được dùng ở những nhiệt độ khác nhau, các tính chất nhiệt của vật liệu dùng để chế tạo các linh kiện quang học, trong đó có sự dẫn nở nhiệt và sự thay đổi của chiết suất theo nhiệt độ, sẽ ảnh hưởng trực tiếp các tính chất quang học của chúng. Hai tham số, là hệ số dẫn nở nhiệt β và hệ số nhiệt của chiết suất γ , được định nghĩa lần lượt là $\beta = \frac{1}{L} \frac{dL}{dT}$ và $\gamma = \frac{dn}{dT}$, mô tả các tính chất đó, trong đó L là chiều dài của vật, T là nhiệt độ, và n là chiết suất. Mục đích của thí nghiệm này là đo β và γ của một vật bằng thủy tinh.

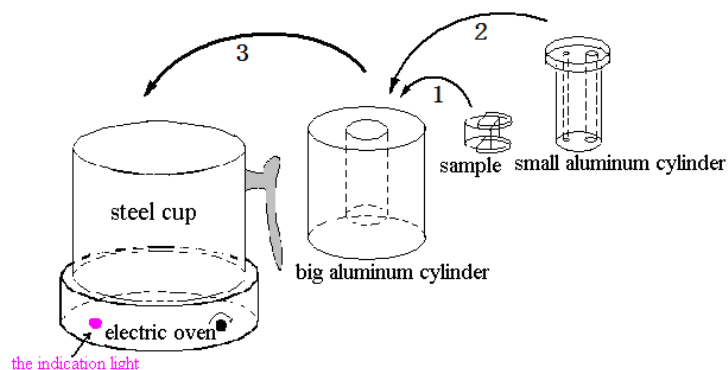


Hình 1

(2) Dụng cụ, thiết bị và vật liệu thí nghiệm

1. Mẫu: Mẫu được dùng trong thí nghiệm này có dạng hình trụ, được làm bằng thủy tinh đồng chất và đẳng hướng, như thấy trên Hình 1, trong đó A là một hình trụ thủy tinh bị cắt bớt một phần song song với trục; mặt trên và mặt dưới của của hình trụ gần như song song với nhau. B và B' là hai đĩa tròn làm bằng cùng vật liệu thủy tinh, cả hai đĩa đều có một phần song song với trục bị cắt bớt. Mặt trên và mặt dưới của mỗi tấm không song song với nhau. A, B, và B' được dán vào thành một khối, như thấy trên Hình 1. Chiết suất của chất kết dính giống như của thủy tinh, và độ dày của lớp kết dính có thể bỏ qua.

2. Bộ phận làm nóng: Bộ phận làm nóng được dùng trong thí nghiệm này được mô tả sơ lược trên Hình 2. Một núm vặn ở phía bên phải của bếp điện được dùng để điều khiển nhiệt độ của bếp điện. Một hình trụ nhôm to, đã bị khoan thành một cái hốc hình trụ đồng trục, dùng để chứa mẫu. Mẫu thí nghiệm có thể được đặt vào đáy của cái hốc đó. Ngoài ra, còn có một hình trụ nhôm nhỏ, có khoan hai lỗ hình trụ có bán kính khác nhau. Lỗ nhỏ dùng để, cho ánh sáng đi qua, còn lỗ to hơn dùng để cắm đầu đo của nhiệt kế. Nếu muốn đốt nóng mẫu, trước hết, em cần cho mẫu trượt nhẹ nhàng vào trong hốc ở hình trụ nhôm lớn trước khi hình trụ bị đốt nóng (muốn vậy, cần đặt nghiêng hình trụ nhôm lớn, rồi thả mẫu vào để không làm vỡ mẫu). Tiếp sau đó, đặt hình trụ nhôm nhỏ lên trên mẫu đã được đặt vào trong hốc. Sau đó, cho cả hình trụ nhôm lớn vào trong cái nồi bằng sắt trên bếp điện. (Để đốt nóng mẫu, em không được đổ nước vào nồi sắt, và em cũng không được bỏ nồi đi và đặt hình trụ nhôm trực tiếp lên bếp)

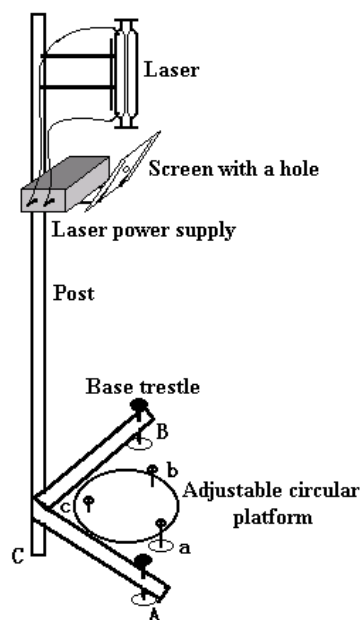


Hình 2

(Trong Hình 2: steel cup: nồi sắt, sample: mẫu, small aluminum cylinder: hình trụ nhôm nhỏ, big aluminum cylinder: hình trụ nhôm lớn, electric oven: bếp điện, the indication light: đèn chỉ thị)

3. Giá đỡ nguồn sáng. Như thấy trên Hình 3, một bộ giá đỡ gồm một cột thẳng đứng và một chân đế được dùng để đỡ nguồn sáng laser. Cột và chân đế được cố định vào với nhau ở C, và có hai vít điều chỉnh A và B được gắn vào chân đế. Một

laser He-Ne cùng với nguồn nuôi nó được giữ ở phần trên của cột, như thấy trên Hình 3. Ngay phía dưới laser, có hai thanh đỡ nghiêng gắn với nguồn nuôi laser, bên trên đặt một tấm nhôm có khon một lỗ nhỏ. Một tờ giấy vẽ đồ thị được dính vào tấm nhôm; tờ giấy này được dùng làm màn quan sát.



Hình 3

(Trên Hình 3: screen with a hole: màn quan sát có lỗ, laser power supply: nguồn nuôi laser, post: cột, base trestle: chân đế, adjustable circular platform: bộ đỡ tròn có thể chỉnh được)

4. Bộ đỡ mẫu: Một bộ đỡ tròn với ba vít điều chỉnh a , b , và c được dùng để đặt bếp điện, hoặc đặt hình trụ nhôm lớn có mẫu và hình trụ nhôm nhỏ ở bên trong. Bộ đỡ được đặt trên bàn thí nghiệm, gần với chân đế, ngay phía dưới nguồn sáng laser, như thấy trên Hình 3.

5. Nhiệt kế hiện số

6. Một thước thẳng

7. Một cái chậu (chứa nước lạnh)

8. Một cá khăn

9. Một mảnh giấy vẽ đồ thị

10. Một máy tính

11. Một bút mực và một bút chì

[Chú ý]

a. Đừng bao giờ nhìn vào nguồn sáng laser theo chiều ngược với tia sáng tới. Tia laser có thể làm hỏng mắt.

b. Không bao giờ chạm vào mặt của mẫu. Cầm mẫu nhẹ nhàng để tránh làm hỏng nó.

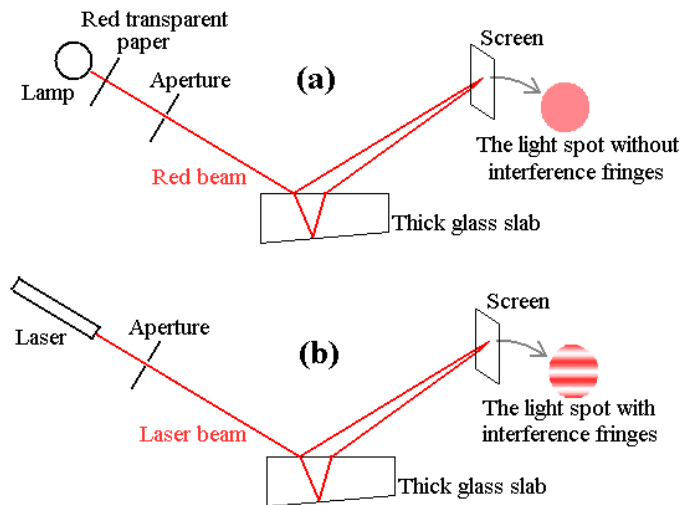
(3) Nội dung thí nghiệm

1. Trả lời các câu hỏi

(2.4 điểm)

1.1 Khi một chùm tia ánh sáng trắng tự nhiên từ một ngọn đèn phát ra, đi qua một tờ giấy màu đỏ, trong suốt, rồi đập vào một tấm thủy tinh dày khoảng 2 cm, thì chùm tia phản xạ từ mặt trên và chùm tia phản xạ từ mặt dưới của tấm thủy tinh đi đến gặp nhau ở màn quan sát, tạo thành một vết sáng trên màn, không có vân giao thoa, như thấy trên Hình 4 (a). Tuy nhiên, khi một chùm tia laser đập vào cùng tấm thủy tinh đó, thì các chùm tia phản xạ đi đến gặp nhau ở cùng màn quan sát đó tạo nên một vết sáng có vân giao thoa, như thấy trên Hình 4 (b). Vì lý do gì mà hai hiện tượng này lại khác nhau? (Hãy chọn lý do đúng)

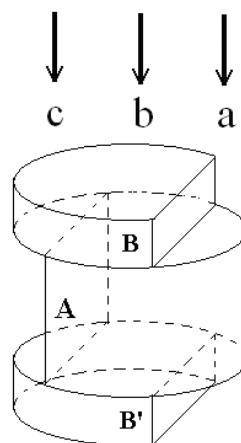
- A. Chùm tia laser mạnh hơn chùm tia màu đỏ
- B. Chùm tia laser song song hơn chùm tia màu đỏ
- C. Chùm tia laser đơn sắc hơn chùm tia màu đỏ
- D. Bước sóng của chùm tia laser ngắn hơn của chùm tia màu đỏ



Hình 4

(Trên Hình 4, Red transparent paper:giấy trong suốt màu đỏ, lamp: đèn, screen: màn quan sát, red beam: tia sáng màu đỏ, thick glass slab: tấm thủy tinh dày, the light spot without interference fringes : vết sáng màu đỏ không có vân giao thoa, aperture: khe, the light spot with interference fringes: vết sáng màu đỏ có vân giao thoa)

1.2 a Như thấy trên Hình 5, nếu một tia laser đập gần vuông góc lần lượt vào các khu vực *a*, *b*, và *c* của mẫu, thì trong mỗi trường hợp có bao nhiêu ánh sáng phản xạ được quan sát thấy (không cần xét sự phản xạ nhiều lần)? Hỏi hình ảnh các vết sáng phản xạ (sự phân bố độ sáng trên mỗi vết sáng) có giống hoàn toàn với hình ảnh vết sáng của ánh sáng tới không?



Hình 5

1.2 b Nếu hình ảnh của một số vết sáng phản xạ khác với hình ảnh của vết sáng ánh sáng tới, hãy cho biết lí do vì sao?

2. Thí nghiệm: Đo β và γ của thủy tinh (7.6 điểm)

Với bước sóng của ánh sáng laser là $\lambda = 632.8\text{nm}$, chiều cao của hình trụ thủy tinh A là $L = 10.12 \pm 0.05\text{mm}$, và chiết suất trung bình của thủy tinh ứng với bước sóng này và trong khoảng nhiệt độ của phép đo là $n = 1.515$, hãy đo hệ số dẫn nở nhiệt β và hệ số nhiệt của chiết suất γ của mẫu thủy tinh trong khoảng nhiệt độ từ 40°C đến 90°C . (Trong khoảng nhiệt độ này β và γ có thể được coi như không đổi.)

2.1 Hãy thiết kế Thí nghiệm, vẽ sơ đồ đường đi tia sáng và rút ra các công thức liên quan đến phép đo. (3.2 điểm)

2.2 Hãy tiến hành thí nghiệm và ghi các số liệu đo đặc hệ số dẫn nở nhiệt β và hệ số nhiệt của chiết suất γ . (1.6 điểm)

2.3 Hãy tính β và γ của mẫu thủy tinh và xác định các sai số. (2.6 điểm)

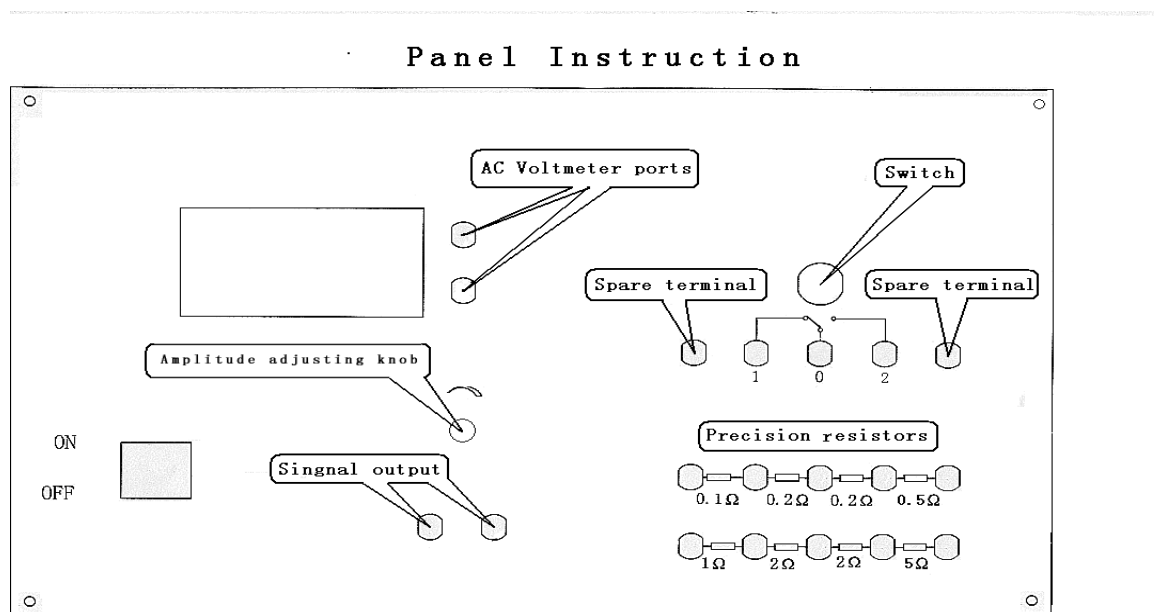
2.4 Hãy viết kết quả thí nghiệm cuối cùng. (0.2 điểm)

[Chú ý]

1. Khi đưa mẫu vào trong hốc ở hình trụ nhôm lớn, để tránh vỡ mẫu, hãy hơi nghiêng hình trụ lớn, và cho mẫu thủy tinh trượt xuống đáy hốc một cách chậm chạp và thận trọng.
2. Trong quá trình thí nghiệm, nhiệt độ có thể được tăng một cách liên tục. Để đảm bảo đủ thời gian, em nên đo các số liệu khi nhiệt độ đang trong quá trình tăng. Để đốt nóng mẫu, đầu tiên hãy vặn núm của bếp điện lên cực đại. Khi nhiệt độ gần đạt đến 90°C (khoảng 85°C), hãy vặn ngay núm xuống cực tiểu để ngừng đốt nóng. Trong quá trình đốt nóng, đèn chỉ thị ở bên trái của bếp điện có thể lúc bật lúc tắt. Điều đó chứng tỏ bếp đang tự điều chỉnh nhiệt độ một cách tự động. Em không cần quan tâm đến điều đó.

- Sau khi mẫu trong hốc của hình trụ nhôm lớn được đốt đủ nóng, nó sẽ rất lâu nguội nếu để nó nguội một cách tự nhiên. Để làm nguội nhanh, em có thể để cái nồi sắt nóng chứa hình trụ nhôm lớn, có hình trụ nhôm nhỏ ở trong, vào trong chậu chứa nước. Một lát sau (ít nhất 5 phút), hãy dùng cái khăn cẩn thận quấn quanh hình trụ nhôm lớn, rồi đặt nó trực tiếp vào nước lạnh để làm lạnh nhanh hơn. Hãy cẩn thận để tránh bỏng tay. Sau khi làm lạnh, hãy dùng khăn để lau khô hình trụ nhôm lớn, rồi lại đặt nó vào nồi sắt, và lại có thể đốt nóng nó tiếp. Để tránh đoản mạch, không bao giờ được đổ nước lên bếp điện.
- Khi làm xong thí nghiệm, hãy tắt bếp điện ngay lập tức để tránh nó nóng lên quá.

Chú ý: Hãy cẩn thận trong khi làm thí nghiệm! Nếu mẫu hay dụng cụ thí nghiệm bị vỡ, hỏng, em sẽ gặp khó khăn để làm thí nghiệm tiếp, vì chúng ta không có đủ đồ dự trữ để thay thế!



Chú ý: Chốt đen của Von kế xoay chiều đã được nối với hai đầu nối dự phòng

Giải thích các từ trên mặt máy đo:

Panel Instruction: chỉ dẫn mặt máy

AC Voltmeter ports: chốt của von kế xoay chiều

Switch: cái chuyển mạch

Spare terminal: Đầu nối dự phòng

Amplitude adjusting knob: núm điều chỉnh biên độ

Signal output: Lối ra tín hiệu

Precision resistors: Các điện trở chính xác (điện trở mẫu)

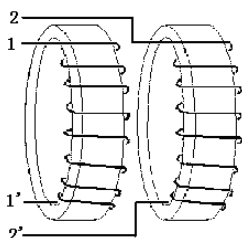
Bài thực hành số 2

Đo độ dẫn điện của chất lỏng (10 điểm)

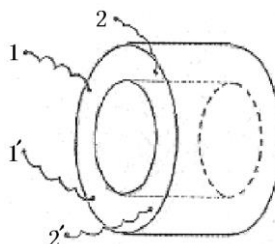
1. Hướng dẫn làm thí nghiệm

Trong bộ dụng cụ dùng cho thí nghiệm để đo độ dẫn điện của chất lỏng (nước pha muối), bộ phận cảm biến (sensor) làm việc với tín hiệu xoay chiều (*ac*), không có điện thế tiếp xúc làm ảnh hưởng đến các kết quả thí nghiệm. Đồng thời, vì cái cảm biến (cuộn dây đo) không tiếp xúc trực tiếp với chất lỏng cần đo, nên không có phản ứng hoá học nào xảy ra trong quá trình thí nghiệm có thể làm hỏng các bộ phận của dụng cụ. Do đó thiết bị có thể được dùng đi dùng lại nhiều lần.

Như thấy trên Hình 1, cảm biến dùng để đo độ dẫn điện của chất lỏng gồm hai vòng hình tròn có cùng bán kính, làm bằng hợp kim sắt non. Mỗi vòng tròn được cuộn dây, với số vòng dây trong hai vòng tròn bằng nhau. Hai vòng hợp kim sắt non được đặt đồng trục và đặt sát nhau trong một vỏ hình trụ rỗng gắn kín như thấy trên Hình 2.



Hình 1



Hình 2

Cái cảm biến được nhúng trong chất lỏng cần đo. Cuộn dây 11' được nối với một máy phát tín hiệu hình sin, có tần số khoảng 2.5kHz. Biên độ của tín hiệu ra từ máy phát có thể bị thay đổi chút ít theo thời gian. Nếu nó thay đổi quá một giá trị nào đó, thì ta cần chỉnh lại để giữ cho biên độ ở lõi ra có một giá trị nào đó. Cuộn dây 22' được nối với một vôn kế xoay chiều, để đo điện áp của tín hiệu cảm ứng trong cuộn này. Từ độ lớn của điện áp tín hiệu, ta có thể tính ra được độ dẫn điện của chất lỏng.

2. Nguyên tắc thí nghiệm

Nguyên tắc hoạt động của bộ thí nghiệm này có thể được giải thích một cách đơn giản như sau. Tín hiệu xoay chiều hình sin từ máy phát gây nên một từ trường xoay

chiều trong cuộn dây 11'. Đến lượt nó, từ trường này lại gây ra một dòng điện xoay chiều trong chất lỏng dẫn điện. Dòng điện cảm ứng này lại gây ra một từ trường thay đổi theo thời gian trong vòng tròn 22', và từ trường này lại gây một suất điện động cảm ứng trong chính cuộn dây 22'; suất điện động này là tín hiệu ở lõi ra của cái cảm biến.

Nếu bỏ qua hiện tượng từ trễ, thì điện áp ra V_o là một hàm đơn điệu của điện áp vào V_i . Khi điện áp vào V_i và điện dẫn suất σ của chất lỏng được đo trong một khoảng nào đó, thì có một quan hệ tỉ lệ giữa σ và tỉ số V_o/V_i :

$$\sigma = K \left(\frac{V_o}{V_i} \right), \quad (1)$$

trong đó K là hằng số tỉ lệ.

Trong thiết bị của bài này, bình chứa chất lỏng chứa đủ nhiều chất lỏng cần đo, do đó điện trở của chất lỏng ở bên ngoài cái cảm biến hình trụ có thể được bỏ qua. Vì vậy, điện áp ra V_o của cảm biến phụ thuộc chủ yếu vào “phần chất lỏng ở bên trong cảm biến hình trụ rỗng” (từ đây gọi là “hình trụ chất lỏng”). Như vậy, có thể dùng hình trụ chất lỏng để tính toán điện dẫn suất của chất lỏng. Điện trở của hình trụ chất lỏng là

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{S}, \quad \sigma = \frac{1}{R} \frac{L}{S} \quad (2)$$

trong đó, L là chiều dài của hình trụ chất lỏng dọc theo trục của nó, và S là diện tích tiết diện thẳng của nó. Kết hợp (1) và (2), ta có :

$$\frac{V_o}{V_i} = \left(\frac{1}{K} \frac{L}{S} \right) \frac{1}{R} = B \frac{1}{R} \quad (3)$$

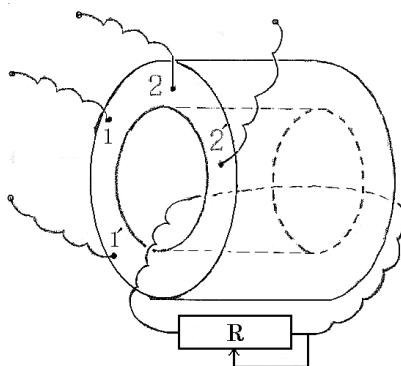
trong đó $B = \left(\frac{1}{K} \frac{L}{S} \right)$, hay $K = \frac{1}{B} \frac{L}{S}$.

Từ phương trình (2) và (3), ta thu được

$$\sigma = \left(\frac{1}{B} \frac{L}{S} \right) \frac{V_o}{V_i}. \quad (4)$$

Phương trình (4) cho thấy rằng, nếu ta dùng cái cảm biến này để đo điện dẫn suất của chất lỏng, thì σ liên hệ với L (chiều dài của hình trụ rỗng), S (diện tích tiết diện thẳng của nó), V_o/V_i , và cả B .

Chú ý : Trong thí nghiệm này, để thu được hằng số tỉ lệ K , và sau đó xác định B một cách chính xác, cần phải chuẩn bị nhiều loại chất lỏng với điện dẫn suất σ đã biết. Điều đó tất nhiên là khó khăn. Vì vậy, để vừa tiện lợi và chính xác, thay cho nhiều chất lỏng có σ khác nhau, ta dùng một số điện trở mẫu nối từ ngoài vào. Hai đầu của điện trở mẫu được mắc vào hai đầu một sợi dây điện xuyên qua hình trụ rỗng của bộ cảm biến, tạo thành một mạch điện trở, như thấy trên Hình 3.



Hình 3

3. Nội dung thí nghiệm

1. Hãy vẽ sơ đồ mạch thí nghiệm để chuẩn bộ cảm biến đo điện dẫn suất của chất lỏng (1.0 điểm), và hoàn thành việc nối mạch để đo cả điện áp ở lõi vào V_i ($< 2.000V$) và điện áp cảm ứng ở lõi ra V_o theo sơ đồ mạch ở trên (1.0 điểm).

2. Dựa vào dải các giá trị của các điện trở mẫu : $0—9.9\Omega$, hãy đo V_o/V_i với nhiều

giá trị của điện trở. Hãy ghi các số liệu vào Bảng số liệu do em tự thiết kế. (2.0 điểm)

Luôn điều chỉnh biên độ V_i để giữ cho giá trị hiệu dụng của nó nằm trong khoảng $[1.700V, 1.990V]$ và sự thay đổi của giá trị đó không lớn hơn $0.03V$. Em cũng có thể giữ cố định điện áp ở lõi vào tại một giá trị xác định trong khoảng này. (1.0 điểm)

3-1. Lấy giá trị V_o/V_i làm tung độ và nghịch đảo của giá trị điện trở R của điện trở mẫu $1/R$ làm hoành độ. Hãy vẽ đồ thị V_o/V_i theo $1/R$. Số các điểm đo phải nhiều hơn 20 trong toàn khoảng đo điện áp ở lõi ra, và em không cần phải vẽ các vạch sai số trên đồ thị, nhưng em cần ước lượng sai số từ sự phân tán của các điểm thực nghiệm.

(1.0 điểm)

3-2 Có thể thấy là ở vùng mà dòng điện cảm ứng có giá trị nhỏ, đồ thị có dạng đường thẳng (tuyến tính). Hãy vẽ phần tuyến tính đó và dùng phương pháp đồ thị để thu được độ dốc B của phần thẳng trên đồ thị, cũng như sai số tương đối của nó $u(B)$ hay $u(B)/B$ (tức là ΔB hay $\Delta B/B$).

(1.5 điểm)

4. Biết chiều dài theo trục của cái cảm biến $L = (30.500 \pm 0.025)$ mm và đường kính của hình trụ chất lỏng $d = (13.900 \pm 0.025)$ mm, hãy tính giá trị của K và $u(K)$ hay $u(K)/K$ (tức là ΔK hay $\Delta K/K$).

(1.0 điểm)

5. Tính điện dẫn suất của chất lỏng trong bình và viết kết quả. Từ sai số của L , d và B , hãy ước lượng sai số của điện dẫn suất. Phép đo điện dẫn suất cần phải làm sáu lần, trong mỗi lần đo, chất lỏng cần phải được khuấy lên.

(1.5 điểm)

4. Dụng cụ và vật liệu

1. Cái cảm biến độ dẫn điện của chất lỏng.

Cái cảm biến có bốn chốt nối ra: hai chốt nối với cuộn dây 11', hai chốt nối với cuộn dây 22'.

2. Bình chứa chất lỏng cần đo và que khuấy.

3. Dụng cụ đo độ dẫn điện của chất lỏng.

Ở mặt trên của dụng cụ, có:

- Máy phát tín hiệu:

Hai chốt lấy ra nối với máy phát tín hiệu, chốt đỏ lấy tín hiệu ra, chốt đen nối đất. Biên độ của tín hiệu ra có thể được điều chỉnh bằng cách vặn núm.

- Vôn kế xoay chiều hiện số .
- Hộp điện trở cắm chốt:
Ở mặt trên có nhiều chốt lấy ra, giữa hai chốt cạnh nhau có một điện trở với sai số tương đối của giá trị điện trở là 0.001. Các điện trở này có các giá trị 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, và 5Ω .
- Cái chuyển mạch 1×2 (một cực nối với một trong hai cực).

4 . Các dây dẫn điện

5. Hai miếng giấy vẽ đồ thị ($20\text{cm} \times 25\text{cm}$), máy tính, giấy ghi, thước, và bút.

APhO9 -2008 tại Ulaanbaatar, Mongolia

Bài thi lí thuyết

Bài toán lí thuyết 1.

Trà đạo và Vật lí về các Bong bóng

Trà đạo là một truyền thống của châu Á. Một bước quan trọng trong việc chuẩn bị chén trà là việc đun sôi nước khi các bong bóng nước xuất hiện bên trong. Bong bóng rất quen thuộc trong cuộc sống hàng ngày và đóng một vai trò quan trọng trong vật lí, hoá học, y học và kĩ thuật. Mặc dù vậy, tính chất của bong bóng đôi khi gây sự ngạc nhiên và bất ngờ, và trong nhiều trường hợp, còn chưa được hiểu rõ.

Ở nhiệt độ phòng, nước tinh khiết bão hoà khí. Khi nhiệt độ tăng lên, áp suất dư P_{ab} của khí tăng lên, không khí hoà tan được giải phóng và các bong bóng khí (air bubble-gọi tắt là AB) xuất hiện ở đáy và thành của bình đun (Hình 2). Với nước tinh khiết, độ dính ướt là đủ và một AB được biểu thị bằng một hình cầu bán kính R_{ab} bị cắt, với một cái đáy không bị dính ướt, có bán kính $r_{ab} \ll R_{ab}$. Khi bị đun nóng, các AB dần nở và khi đạt được kích thước nào đó, có thể bứt ra khỏi đáy bình (Hình 3), nổi lên trên mặt nước và vỡ ra tại đó. Các bong bóng hơi nước (vapor bubble-gọi tắt là VB) xuất hiện khi nhiệt độ của nước ở đáy bình đạt giá trị tới hạn $T_w^0 \approx T_{crit}^0 = 100^\circ C$ mà ở đó, áp suất của hơi bão hoà vượt quá áp suất bên ngoài. Sự tạo thành hơi tăng lên hàng chục lần, các VB dần nở ra và bứt ra khỏi đáy bình. Các VB có thể được coi như chỉ gồm toàn hơi nước. Nếu nước được đun đủ nóng, VB đi lên trên, tiếp tục nở ra, đạt đến mặt nước và vỡ ra. Trái lại, nước không đủ nóng ở các lớp phía bên trên, thì sẽ có một sự biến thiên nhiệt độ đáng kể theo chiều thẳng đứng. Khi các VB đi đến các lớp nước lạnh hơn, thể tích của chúng bị co lại đến thể tích của nước (Hình 4). Điều đó gây nên sự thoát khí cưỡng bức, tức là các dao động mạnh, và một lượng đáng kể không khí hoà tan trong nước thoát ra dưới dạng các bong bóng không khí rất nhỏ (microscopic air bubble-gọi tắt là MAB). Quá trình này có thể gây ra các dao động siêu âm.

Các giai đoạn chủ yếu của sự tiến triển của một cái bong bóng trong quá trình sôi là:

-sự xuất hiện và lớn lên của AB ở đáy và thành bình, sự chuyển hoá của chúng thành

các VB;

-sự bứt ra và đi lên của các VB, sự biến mất của chúng trong khối nước hay ở trên mặt;

-sự xuất hiện các MAB trong khối nước và sự đi lên của chúng đến bề mặt.

Sự mô tả lí thuyết này rất phù hợp với các thí nghiệm hiện đại. Nói riêng, một thí nghiệm phân tích tiếng động (hay tiếng ồn) (tức là noise analysis experiment-gọi tắt là NAE) lí thú, đối với nước sôi, đã được thực hiện ở Trường Đại học Quốc gia Ural, Ekaterinburg. Các micro nhạy, mắc vào các bộ khuếch đại dải rộng, đặt gần một bình đun nước bằng điện, đã phát hiện ra ba nguồn gốc chính của tiếng động:

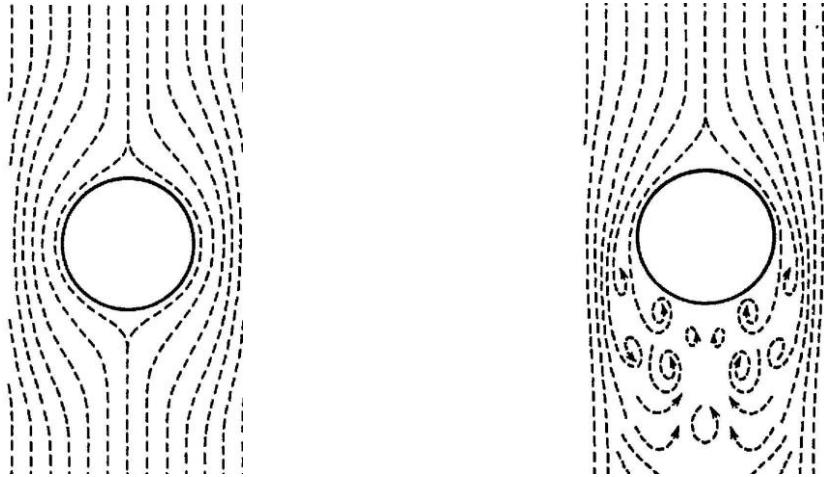
1. Sự bứt của AB khỏi đáy trước khi nước sôi (gây ra các dao động với $\nu_1 \sim 100$ Hz);
2. Sự co lại của các VB đến thể tích của nước (gây ra các dao động với $\nu_2 \sim 1$ kHz);
3. Sự xuất hiện các MAB ở phía bên dưới mặt nước (gây ra các dao động với $\nu_3 \sim 35$ kHz đến 60 kHz)

Gợi ý:

1) Người ta biết rằng một bong bóng nhỏ đi lên theo một đường thẳng và sự chảy thành lớp được quan sát thấy-nước chảy dễ dàng và thành từng lớp (xem Hình 1). Khi đó công thức Stokes mô tả lực tiêu tán (tức là một loại lực ma sát) cho một hạt chuyển động với tốc độ nhỏ v_{lam} :

$$F_A = 6\pi\eta_w R_b v_{lam}$$

Trái với hình ảnh đó, khi các bong bóng tương đối lớn đi lên bề mặt, chúng làm rối loạn nước ở xung quanh, có những khoảng trống được tạo thành phía sau bong bóng và sự chảy rối được quan sát thấy (xem Hình 1). Trong trường hợp này, một phần động năng của bong bóng đi lên trên chuyển thành công tiêu tán.



Hình 1. Các loại chảy thành lớp và chảy rối đối với một bong bóng không khí đi lên trong nước.

2) Khi bề mặt chất lỏng có dạng lồi (hoặc lõm), thì xuất hiện một lực căng bề mặt do tương tác phân tử ở gần mép. Áp suất này được cho bởi công thức

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$$

trong đó σ là hệ số căng bề mặt (đơn vị là N/m), là lực trên một đơn vị độ dài của bề mặt, R là bán kính cong của mặt.

3) Khi xét một quá trình ngắn với thời gian kéo dài đặc trưng " t ", thì người ta coi nghịch đảo của t là tần số đặc trưng $\nu = \frac{1}{t}$. Hãy dùng định nghĩa này để tính các tần số của tiếng động.

Các dữ liệu:

$P_0 = 1,016 \cdot 10^5 [Pa]$ - áp suất khí quyển,

$\rho_w = 10^3 [kg / m^3]$ - khối lượng riêng của nước,

$\rho_{vapor} = 0,017 [kg / m^3]$ - khối lượng riêng của hơi ở $T=293K$; ($= 0,596 [kg / m^3]$ ở $T=373K$)

$P_{vapor} = 0,023 \cdot 10^5 [Pa]$ - áp suất của hơi ở $T=293K$; ($= 1,016 \cdot 10^5 [Pa]$ ở $T=373K$)

$g = 9,81[m/s^2]$ - gia tốc trọng trường,

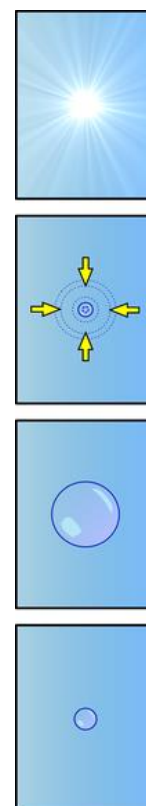
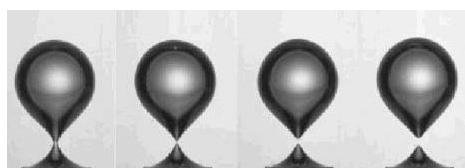
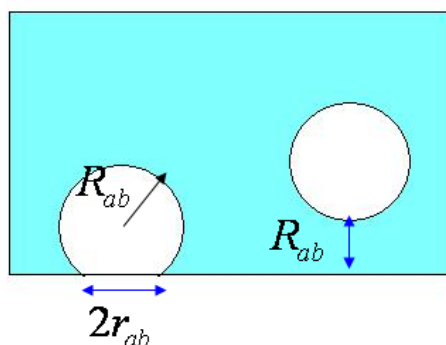
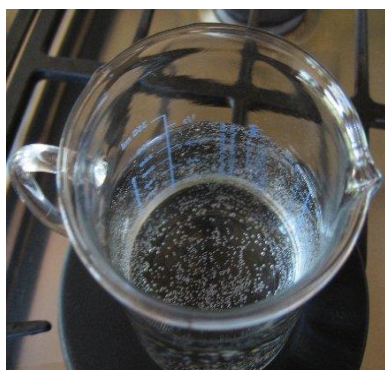
$\mu_{air} = 0,029[kg/mole]$ - khối lượng mol của không khí

$R = 8,31[J/mole/K]$ - hằng số các chất khí

$\sigma = 0,0725[N/m]$ - hệ số căng bề mặt của nước,

$\eta_w = 0,3 \cdot 10^{-3}[Pa \cdot s]$ - hệ số nhớt của nước

$H = 10\text{ cm}$ – chiều cao của nước trong bình



Hình 2. Bong bóng trong một bình đun nước

Hình 3. Bong bóng không khí bứt ra khỏi đáy bình

Hình 4. Bong bóng hơi bị co lại

Câu hỏi (tổng số 10 điểm):

Xét nước sôi trong một cái bình hình trụ đáy phẳng ở áp suất khí quyển bình thường. Đáy của bình được đốt nóng đều và có một sự biến thiên nhiệt độ theo phương thẳng đứng, các bong bóng xuất hiện và tiến hoá (Hình 3)

Q1. Hãy viết điều kiện về áp suất để cho một AB lớn lên trong khối nước ở độ

cao $h < H$, trong đó H là độ cao của mặt nước trong bình. Xét đến bất đẳng thức

$$2\pi\sigma r_{ab} \gg P_{\text{extern}}\pi r_{ab}^2 \cdot [theo P_{ab}, P_0, R_{ab}, \rho_w, g, \sigma, h, H]$$

(1,0 điểm)

Q2. Hãy viết cho một AB điều kiện để nó bứt ra khỏi đáy bình (Hình 3).

Xét đến hệ thức $r_{ab} \ll R_{ab}$. [theo $r_{ab}, R_{ab}, \rho_w, \sigma$] (1,5 điểm)

Q3. Xét một AB có bán kính R_b ở đáy của bình. Khi nước đã sôi, bong bóng bão hoà hơi nước và tăng bán kính. Hãy viết tỉ số $\xi \equiv m_{\text{air}} / m_{\text{vapor}}$ giữa khối lượng không khí và khối lượng hơi bão hoà bên trong bong bóng ở nhiệt độ T . Hãy tính tỉ số này ở nhiệt độ phòng $T=20^\circ\text{C}$ ($R_b=0,5\text{mm}$) và ở điểm sôi $T=100^\circ\text{C}$ ($R_b=1\text{mm}$). [theo $\mu_{\text{air}}, T, P_0, P_{\text{vapor}}, R_b, \rho_w, \rho_v, \sigma, H$] (1,5 điểm)

Q4. Dùng dữ liệu thí nghiệm phân tích tiếng động (NAE) và định luật Newton, hãy ước tính bán kính của AB bứt ra khỏi đáy và đi lên trên một khoảng R_{ab} (Hình 4). Giả thiết rằng khối lượng cộng thêm (khi kể đến lớp nước ở xung quanh) của AB bằng một nửa khối lượng của bong bóng chứa nước có cùng kích thước.

(1,0 điểm)

Q5. Hãy viết bán kính của đáy của một AB ngay trước khi nó đi lên, khi cài "vòi" của nó đã rất hẹp (xem Hình 3). [theo R_{ab}, ρ_w, σ]. Hãy tính bán kính này bằng cách dùng bán kính đã tìm được ở Q4.

(1,5 điểm)

Q6. Bằng cách dung các dữ liệu NAE, hãy ước tính bán kính của VB bị co lại (Hình 4) bằng cách giả thiết rằng áp suất theo phương bán kính vào khoảng **3kPa** trong suốt quá trình.

(1,2 điểm)

Q7. Bằng cách sử dụng các kết quả trước cho VB, hãy tính bán kính của MAB được tạo ra trong quá trình thoát khí cưỡng bức.

(0,5 điểm)

Q8. Hãy viết tốc độ đi lên của một AB điển hình bằng cách sử dụng định luật Stokes cho sự chảy thành lớp. $[theo R_{ab}, \rho_w, \eta_w]$. Hãy ước tính thời gian đi lên cho $H=10\text{cm}$. (0.6 điểm)

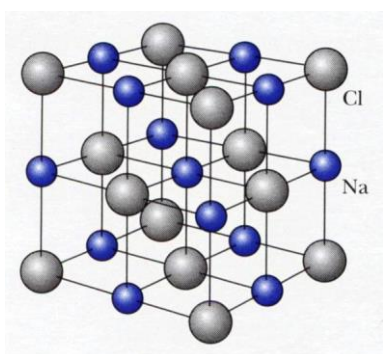
Q9. Hãy viết tốc độ đi lên trung bình cho VB với sự chảy rối. $[theo R_{ab}, \rho_w, \eta_w]$.

Hãy ước tính thời gian đi lên cho $H=10\text{ cm}$. (1,2 điểm)

Bài toán lý thuyết 2

Tinh thể ion, thế Yukawa và Nguyên lý Pauli

Nguyên tử của nhiều nguyên tố hóa học có năng lượng ion hóa rất thấp và dễ dàng mất các electron lớp ngoài. Ngược lại, nguyên tử của các nguyên tố khác lại dễ dàng nhận các electron. Điều đó dẫn đến là, các ion dương và âm này kết hợp với nhau thành các cấu trúc ion bền vững. Nhiều chất rắn có cấu trúc tinh thể, trong các tinh thể đó các nguyên tử được sắp xếp một cách đều đặn, tuần hoàn. Trong một tinh thể lý tưởng, đơn vị cấu trúc cơ sở được lặp lại trong không gian.



Hình 1

Mạng lập phương tâm mặt của tinh thể muối ăn (NaCl). Khoảng cách giữa các tâm nguyên tử trong mạng là hằng số và được cho bởi thông số r_0 .

Phần đóng góp chính vào năng lượng liên kết của một tinh thể ion là thế năng tĩnh điện của các ion.

Tương tác điện giữa hai điện tích điểm q_1 và q_2 nằm cách nhau một khoảng R được xác định bởi thế năng Coulomb:

$$V_C(R) = k \frac{q_1 q_2}{R}$$

trong đó $k = 1/4\pi\epsilon_0 \approx 9 \cdot 10^9 [N \cdot m^2 / C^2]$ là hằng số Coulomb. Nếu là lực hút, lực mang dấu âm. Hướng của lực là hướng dọc theo đường thẳng nối hai điện tích điểm. Đối với trường hợp tinh thể NaCl, hai loại ion có điện tích $\pm e$, và một ion tương tác với rất nhiều ion khác xung quanh nó. Nếu xét tinh thể có kích thước lớn vô hạn và kể đến tất cả các ion dương và âm, thì thế năng tương tác là thế năng **hút** $V_{att}(r) = \alpha \cdot V_C(r)$, với r là khoảng cách giữa các ion lân cận gần nhất và $\alpha = 1,74756$ là hằng số Madelung [E.Madelung, Phys. Zs, 19 (1918) p542], được sử dụng để xác định năng lượng của một ion trong tinh thể.

Cùng với thế năng hút, còn có thế năng đẩy do Nguyên lý Loại trừ Pauli và sự phủ

nhau của các lớp vỏ electron trong mạng tinh thể. Ngược lại với thế năng hút liên quan đến tương tác Coulomb, thế năng đẩy có tầm tác dụng rất ngắn.

Có hai mô hình khác nhau để mô tả thế năng đẩy

Mô hình #1. Một phép gần đúng hợp lí là coi thế năng đẩy có dạng hàm mũ:

$$V_{rep1}(r) = \lambda \cdot e^{-r/\rho}, \quad (\lambda, \rho > 0)$$

hàm này mô tả tương tác đẩy của ion đang xét với toàn bộ mạng tinh thể. Ở đây λ là cường độ liên kết và ρ là thông số tầm tác dụng.

Mô hình #2. Một phép gần đúng tốt khác là coi thế năng đẩy có dạng hàm lũy thừa nghịch đảo

$$V_{rep2}(r) = b / r^n, \quad (b > 0)$$

trong đó b là cường độ liên kết và n là một số nguyên lớn hơn 2 (gọi là số mũ Born). Các thông số này kể đến sự đẩy của toàn bộ tinh thể.

Rõ ràng là các thông số vật lý và mô hình thế năng phụ thuộc vào loại mạng tinh thể.

Số liệu thực nghiệm cho hằng số mạng r_0 và năng lượng phân li E_{dis} (năng lượng cần thiết để phá vỡ mạng tinh thể thành những ion riêng rẽ) được cho ở Bảng 1 đối với một vài tinh thể ion ở nhiệt độ và áp suất chuẩn.

Crystal	r_0 [nm]	E_{dis} [kJ / mole]
NaCl	0,282	764,4
LiF	0,214	1014,0
RbBr	0,345	638,8

Bảng 1

Tính chất của tinh thể muối với cấu trúc NaCl [C.Kittel, "Introduction to Solid State Physics", N.Y., Wiley (1976) p.92] (trong một mol có số Avogadro cặp ion hoặc nguyên tử).

Câu hỏi (tổng số 10 điểm):

Q1. Hãy viết biểu thức của thế năng Coulomb $V_{co}(r)$ cho một ion nằm ở tâm của mạng lập phương trong Hình 1. Giả sử nó chỉ tương tác với các ion lân cận gần nhất (trong khu vực cách nó nhiều nhất $r = \sqrt{3}r_0$). Hãy tìm hằng số Madelung α_0 ứng với

phép gần đúng này.

(1,5 điểm)

Q2. Sử dụng Mô hình #1, hãy viết biểu thức thế năng tổng cộng $V_1(r)$ cho mỗi ion. Hãy xác định phương trình cho thế năng ở vị trí cân bằng $r = r_0$ và viết thế năng tổng cộng $V_1(r_0)$ theo α, r_0, ρ . Hãy sử dụng giá trị chính xác của hằng số Madelung α .

(1,5 điểm)

Q3. Hãy sử dụng giá trị thực nghiệm để ước lượng thông số tầm tác dụng ρ . Lấy $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} [1/mol]$.

(2,0 điểm)

Q4. Sử dụng Mô hình #2, hãy viết biểu thức thế năng tổng cộng $V_2(r)$ cho mỗi ion. Hãy xác định vị trí cân bằng của nó $r = r_0$ và viết thế năng tổng cộng $V_2(r_0)$ theo α, r, r_0, n . Hãy sử dụng giá trị chính xác của hằng số Madelung α .

(2,0 điểm)

Q5. Sử dụng giá trị thực nghiệm (từ Bảng 1) để ước lượng số mũ Born n cho NaCl. Ước tính tỉ lệ giữa tương tác Coulomb và loại trừ Pauli (phản ứng với lực đẩy) trong toàn bộ thế năng tổng cộng ở trạng thái cân bằng?

(1,5 điểm)

Q6. Năng lượng ion hóa (năng lượng cần để bứt một electron từ nguyên tử) của nguyên tử Na là **+5,14 eV**, ái lực electron (năng lượng cần để nhận một electron vào nguyên tử) của nguyên tử Cl là **-3,61 eV**. Hãy ước lượng năng lượng liên kết toàn phần (năng lượng để giữ một nguyên tử trong mạng) trên mỗi nguyên tử trong tinh thể NaCl. Kết quả thực nghiệm là $E_{\text{exp}} \approx -3,28 \text{ eV}$. Cho $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

(1,5 điểm)

Mã nước	Mã học sinh	Answer sheet

Bài toán lí thuyết 2 (tổng số 10 điểm)

Q	Mục	Trả lời	Điểm
1.	Thế Coulomb gần đúng	$V_{C0}(r) =$	0.5
	Hằng số Madelung gần đúng	$\alpha_0 =$	1.0
2.	Phương trình cho vị trí cân bằng		0.5
	Thế năng liên kết tổng cộng	$V_1(r_0) =$	1.0
3.	Năng lượng kết cặp		0.2
	Phương trình cho thế năng		0.9
	Phương trình cho thông số tầm tác dụng		0.8
	Giá trị bằng số của thông số tầm tác dụng		0.1
4.	Phương trình cho		0.5

	vị trí cân bằng		
	Phương trình cho r_0		0.5
	Thế năng liên kết tổng cộng	$V_2(r_0) =$	1.0
5.	Tính giá trị của số mũ Born	$n =$	1.2
	Tỉ lệ giữa phần thế năng Coulomb và phần loại trừ Pauli		0.3
6.	Năng lượng chuyển electron tính cho mỗi nguyên tử		0.5
	Năng lượng liên kết tổng cộng tính cho mỗi nguyên tử		1.0

Bài toán lí thuyết 3

Một vật nhanh hơn ánh sáng được thấy như thế nào?

Liệu một vật thể có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng được không? Câu trả lời là "Không" nếu vật chuyển động trong chân không. Nhưng câu trả lời là "Có" nếu ta xét tốc độ pha của ánh sáng trong một môi trường đậm đặc quang học có chiết suất n ($n = c/u$, trong đó u là tốc độ ánh sáng trong môi trường, và c là tốc độ ánh sáng trong chân không)

Ta nói một vật nhanh hơn ánh sáng (superluminal), nếu $u < v < c$, trong đó v là tốc độ của vật. Một trong các thí dụ quen biết về vật thể nhanh hơn ánh sáng là hạt mang điện phát ra bức xạ Cherenkov.

Trong bài toán này ta sẽ xét vật thể nhanh hơn ánh sáng, có vận tốc không đổi v trong một môi trường không có sự tán sắc. u là vận tốc của ánh sáng trong môi trường.

Để cho đơn giản, ta đưa vào kí hiệu $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ và một góc θ được cho bởi

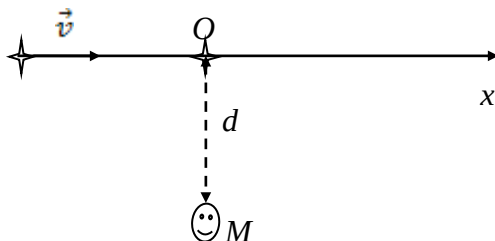
$$\cos \theta = u/v \text{ và } \tan \theta = \sqrt{\frac{v^2}{u^2} - 1}.$$

1. Hạt nhanh hơn ánh sáng đang bức xạ

Như thấy trên Hình 1, một hạt đang bức xạ chuyển động dọc theo trục x với vận tốc không đổi v ($v > u$).

Một quan sát viên M ở cách trục x một khoảng d .

Ta chọn điểm gần nhất với người quan sát làm điểm O , gốc của trục x . Thời điểm mà hạt thực sự đi qua điểm $x=0$ được lấy làm $t=0$.



Hình 1

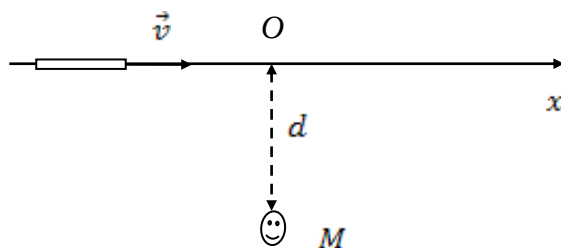
- (1) Giả thiết ánh sáng được phát ra ở thời điểm t' được quan sát thấy ở thời điểm t . Hãy biểu thị t theo d, t', u và v .
- (2) Ở thời điểm $t = t_0$, quan sát viên lần đầu nhìn thấy hạt ở vị trí x'_0 . Hãy tìm vị trí biểu kiến x'_0 và thời điểm quan sát t_0 cho sự xuất hiện lần đầu tiên này theo d, v và θ .
- (3) Hãy tìm (các) vị trí biểu kiến x' của hạt ở một thời điểm bất kì t . Hãy viết câu trả lời của em theo v, θ, t và t_0 .
- (4) Hãy tìm (các) vận tốc biểu kiến $v'(t)$ của hạt ở một thời điểm bất kì t . Hãy viết câu trả lời của em theo v, θ, t và t_0 .
- (5) Hãy tìm (các) vận tốc biểu kiến v' của hạt ở lần xuất hiện đầu tiên.
- (6) Hãy tìm (các) vận tốc biểu kiến v' của hạt ở các khoảng cách vô cùng so với gốc O . Hãy viết câu trả lời của em theo v và u .
- (7) Phác thảo đồ thị của vận tốc biểu kiến v' theo thời gian t , và chỉ rõ các giá trị tiệm cận của vận tốc biểu kiến.
- (8) Vận tốc biểu kiến có thể lớn hơn tốc độ ánh sáng trong chân không, tức là $v' > c$ được không ?

1. Vật có dạng đoạn thẳng đang bức xạ

Xét một vật có dạng đoạn thẳng, bức xạ ra ánh sáng và chuyển động dọc theo trục x . Độ dài của vật là L trong hệ quy chiếu đứng yên đối với vật.

A. Chuyển động song song

Trong mục này, ta giả thiết vật đang bức xạ chuyển động dọc theo trục x như thấy trên Hình 2.

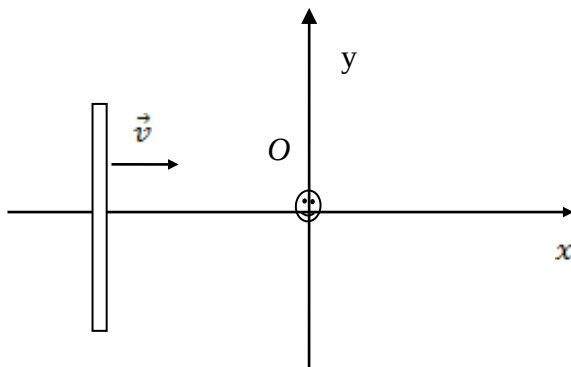


Hình 2

- (9) Hãy xác định khoảng thời gian xuất hiện đầy đủ của toàn bộ vật kể từ lần xuất hiện đầu tiên của điểm đầu của vật. Hãy viết câu trả lời của em theo L, γ và v .
- (10) Hãy xác định (các) độ dài biểu kiến của vật ở thời điểm nó xuất hiện hoàn toàn. Hãy viết câu trả lời của em theo d, L, θ và γ .

B. Chuyển động vuông góc

Trong mục này, ta giả thiết vật có dạng đoạn thẳng đang bức xạ, chuyển động vuông góc dọc theo trục x như thấy trên Hình 3. Giả sử quan sát viên ở gốc của trục x , tức là ($d = 0$). Vật được bố trí đối xứng đối với trục x .



Hình 3

- (11) Hãy chỉ ra rằng ở thời điểm t , hình dạng biểu kiến của vật này là một hình elip hay (các) phần của một hình elip.

Hãy tìm các đại lượng sau đây và biểu thị chúng theo v, θ và t .

- (12) Hãy tìm vị trí x_c của tâm đối xứng của hình elip ở một thời điểm t theo v, θ và t .
- (13) Hãy xác định các độ dài của bán trục lớn và bán trục nhỏ của elip ở thời điểm t theo v, θ và t .

Bài thực nghiệm

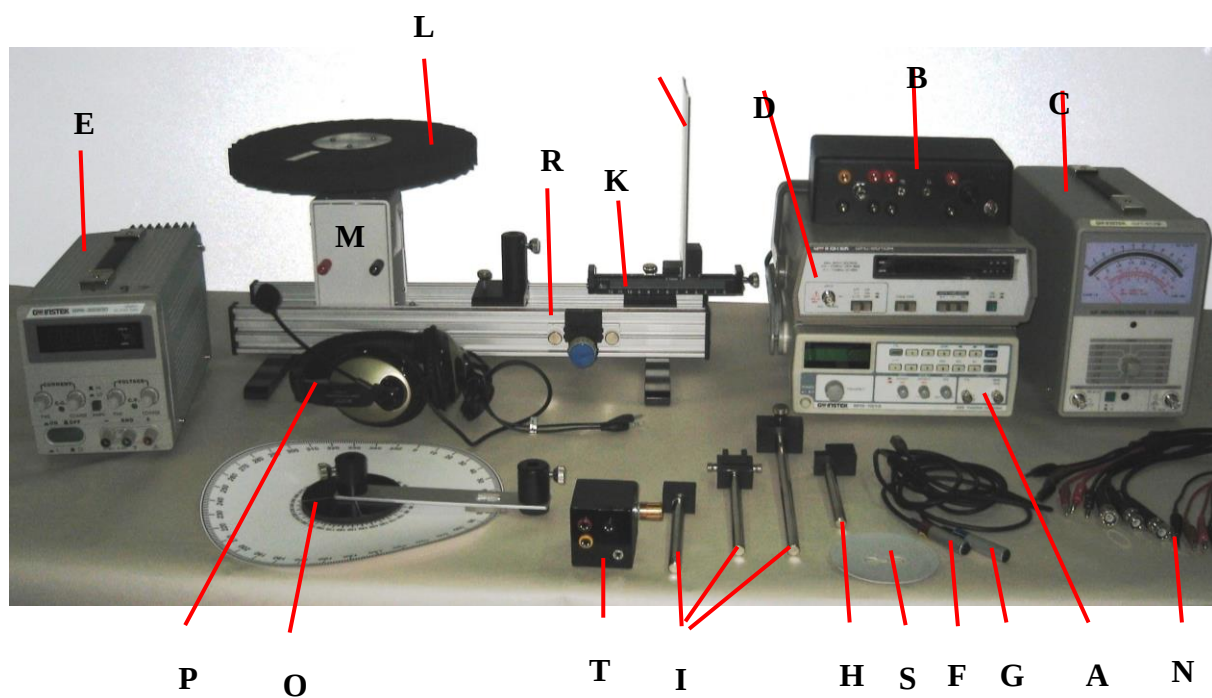
VẬT LÝ CỦA SÓNG ÂM

Môi trường sống của chúng ta chứa đầy âm thanh và các tác dụng của âm thanh. Bài thực nghiệm này liên quan đến các tác dụng của âm và siêu âm và gồm có bốn phần. Trong phần 1, cần xác định các đặc trưng của hệ microphôn (đầu thu) siêu âm. Sau đó, ta sẽ quan sát và giải thích hiện tượng giao thoa, rồi nghiên cứu Hiệu ứng Doppler, và cuối cùng sẽ xác định ngưỡng nghe của con người và năng suất phân giải.

Danh mục dụng cụ và vật liệu

Kí hiệu	Dụng cụ	Số lượng	Kí hiệu	Dụng cụ	Số lượng
A	Máy phát hàm số	1	K	Gai đỡ gương coa từ tính kèm theo thước	1
B	Bộ khuếch đại siêu âm	1	L	Đĩa quay	
C	Milivon kế xoay chiều (AC Millivoltmeter)	1	M	Động cơ gắn với bàn quang học	1
D	Máy đếm tần số	1	N	Cáp nối đồng trục	4
E	Nguồn điện một chiều có thể điều chỉnh (variable DC Power Supply)	1	O	Giá đỡ quay có thước đo góc	1
F	Đầu phát siêu âm, dùng làm nguồn phát (S, đánh dấu Đỏ)	1	P	Ống nghe stereo	1

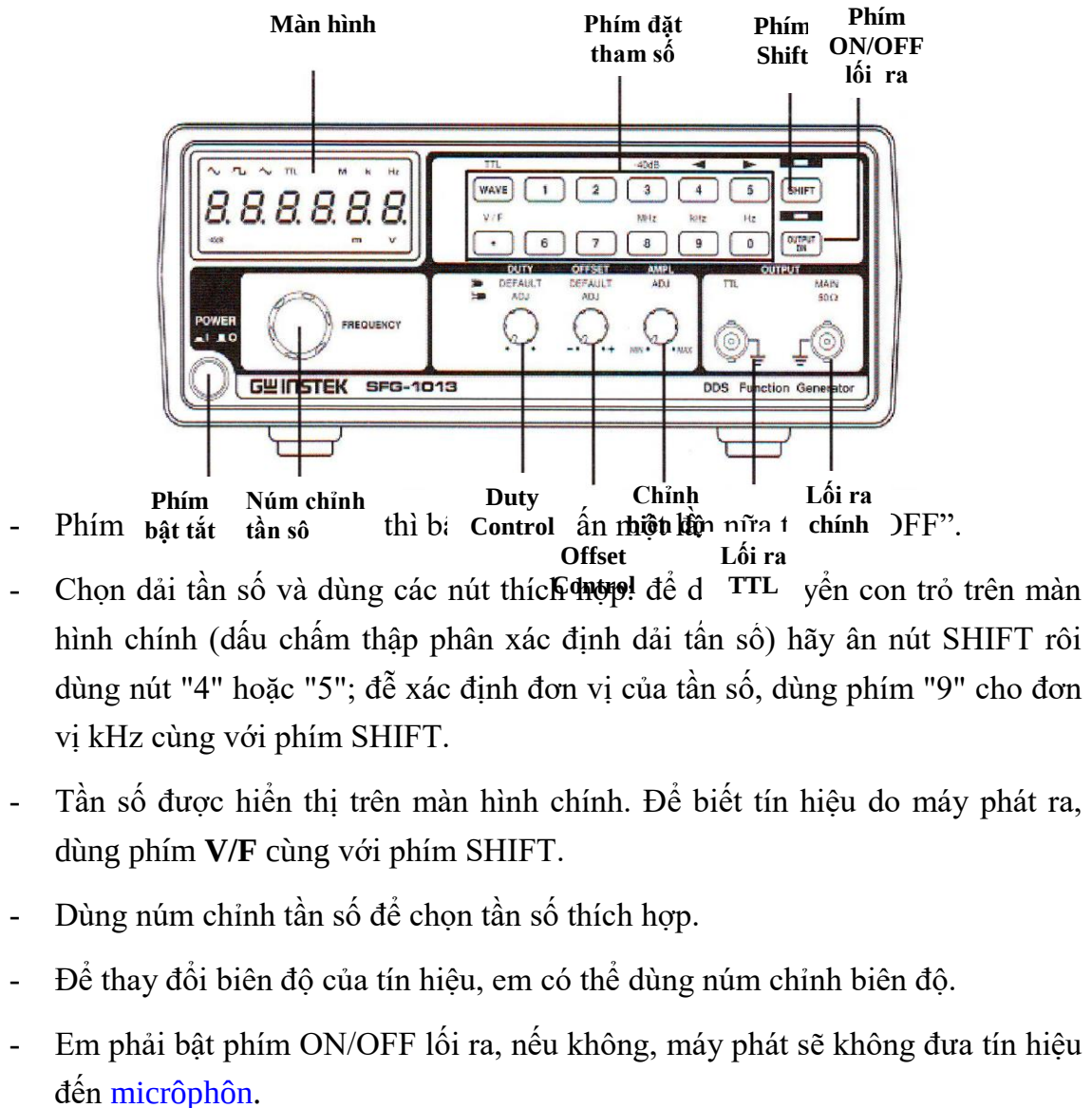
G	Đầu phát siêu âm, dùng làm đầu thu (D, đánh dấu Xanh)	1	R	Bàn quang học	1
H	Giá đỡ nguồn phát	1	S	Gương lõm	1
I	Giá đỡ đầu thu	1	T	Biến trở	1
J	Gương kim loại/tấm phản xạ	1			



Hình 1. Dụng cụ và vật liệu

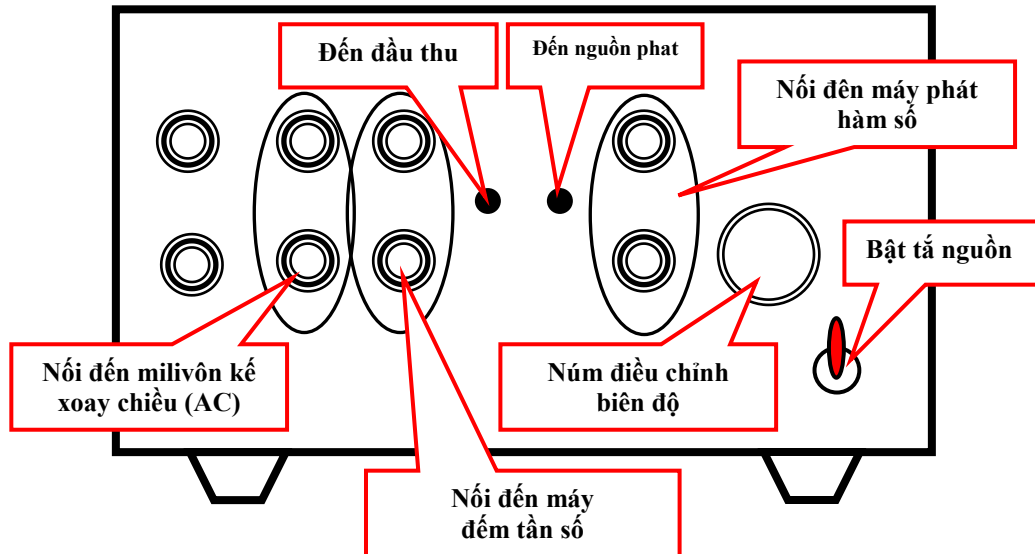
Dụng cụ và vật liệu (tiếp)

1. Hướng dẫn cho máy phát hàm số (Dụng cụ A)

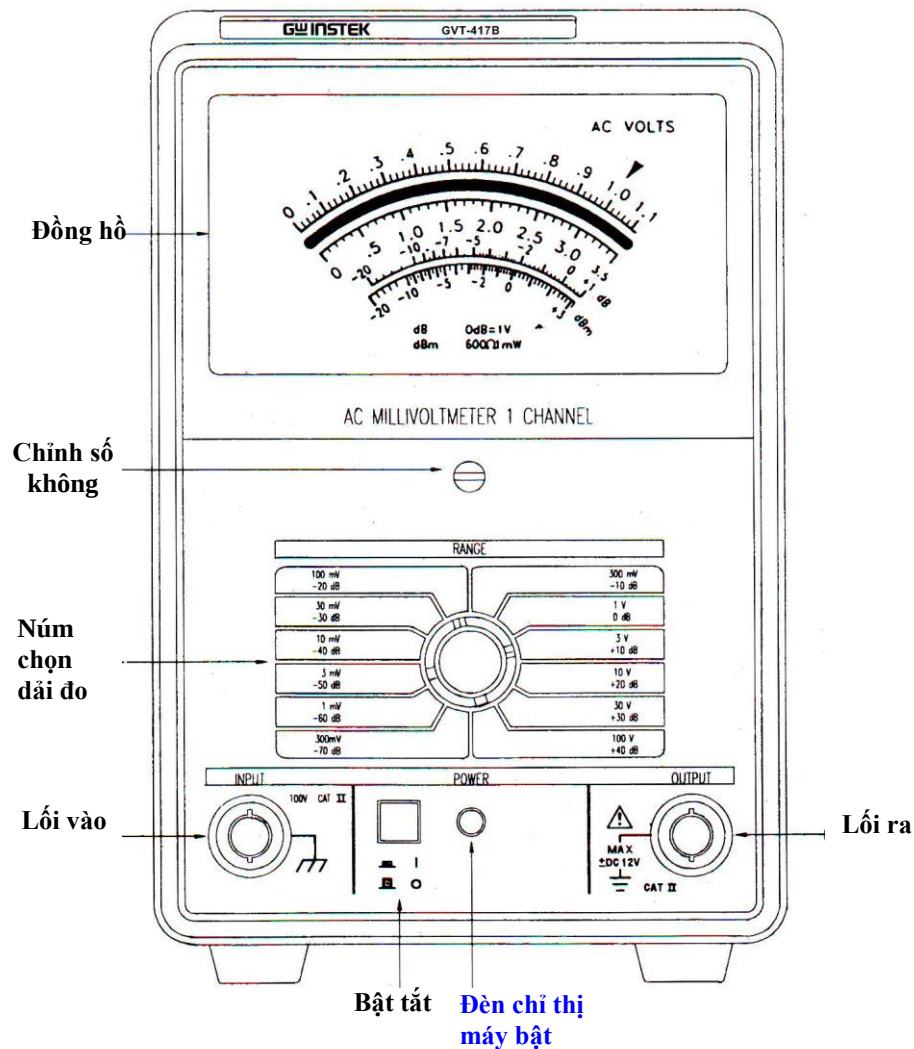


2. Bộ khuếch đại (Dụng cụ B)

Bộ khuếch đại **đại bản thân nó không** làm gì. Nó được dùng chỉ để kết nối các phích cắm, nếu không, chúng không phù hợp với nhau.

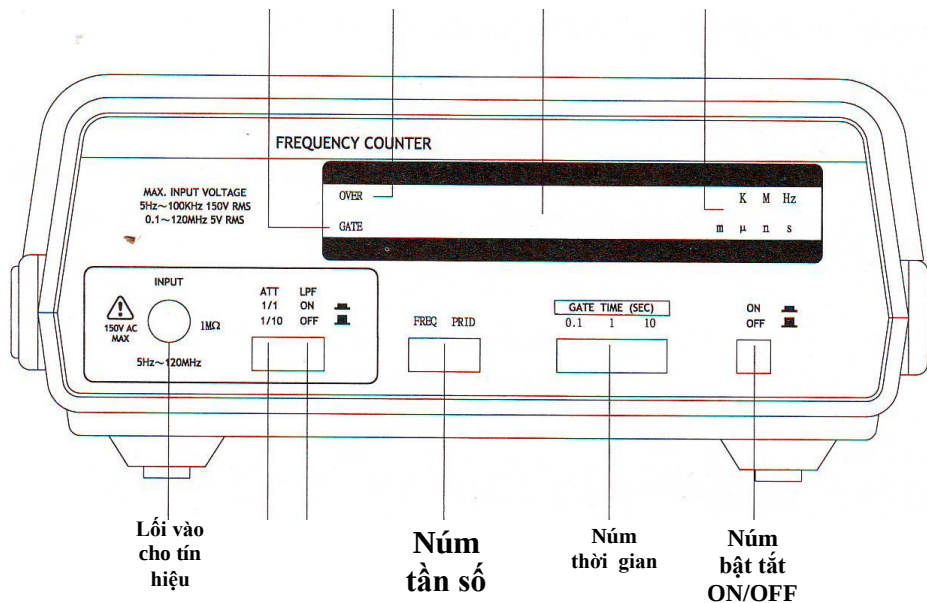


3. Milivôn kế xoay chiều AC (Dụng cụ C)



- Nối dây cáp loại BNC từ Bộ khuếch đại đến lối vào INPUT .
- Chỉnh dải đo (RANGE) đến 100 V và bật máy.
- Lựa chọn dải đo (RANGE) bằng cách dùng Núm chọn dải đo sao cho kim trên đồng hồ nằm ở vị trí $\geq 1/3$ toàn thang đo, khi đó dễ đọc số chỉ trên thang đo. Con số trên thang của núm chọn dải đo cho ta giới hạn đo (giá trị cực đại có thể đo được) của thang.

4. Máy đếm tần số (Dụng cụ D)



- Nối cáp tín hiệu với "Lối vào cho tín hiệu" .
- Bật máy đếm tần số ON the frequency counter
- Ấn "Núm tần số" và "Núm thời gian"

Máy đếm tần số sẵn sàng cho các phép đo.

PHẦN 1. Các đặc trưng của hệ microphôn

Mở đầu

Tính chất áp điện tạo ra khả năng thuận lợi để kết hợp giữa các dao động cơ học của tinh thể, xảy ra ở một tần số rất xác định, với các tính chất điện của một mạch, mà tinh thể là một bộ phận. Các vật liệu áp điện được dùng để chuyển đổi giữa các tín hiệu điện và âm thanh với nhau. Tuy nhiên các vật liệu này khác nhau ở chỗ mỗi vật liệu có dải tần số làm việc đặc trưng riêng. Vì vậy, trong phần thí nghiệm này, ta cần xác định các tính chất vật lý của microphôn được làm bằng vật liệu áp điện, trước khi dùng nó.

Danh mục dụng cụ

1.	Máy phát hàm số (A)	5.	Đầu phát siêu âm, dùng làm nguồn phát (F) cùng với giá đỡ (H)
2.	Bộ khuếch đại siêu âm (B)	6.	Đầu phát siêu âm, dùng làm đầu thu (G) cùng với giá đỡ (I)
3.	Milivôn kế xoay chiều (C)	7.	Hai cáp đồng trục (N)
4.	Giá đỡ quay có thước đo góc (O)	8.	Máy tính (X)

Thí nghiệm và các bước tiến hành

Ta sẽ dùng hai microphôn, một cái được dùng làm nguồn phát tín hiệu (đánh dấu đỏ), còn cái kia được dùng làm đầu thu tín hiệu (đánh dấu xanh). Nguồn phát lấy tín hiệu từ máy phát hàm số (FG) thông qua bộ khuếch đại, và chuyển tín hiệu đó thành sóng âm. Đầu thu tín hiệu được nối với bộ **tiền khuếch đại**. Nó nhận sóng âm từ nguồn phát đi ra, rồi chuyển thành tín hiệu điện. Biên độ của tín hiệu ra được đo bằng milivôn kế xoay chiều.

Gợi ý: Biên độ tín hiệu cấp cho đầu thu (D) cần có giá trị khoảng 1V. Nếu tín hiệu lớn hơn giá trị này, sóng siêu âm sẽ bị bão hoà, và kết quả của em sẽ bị ảnh hưởng.

Các microphôn được đặt trên giá đỡ quay và nối vào mạch điện có bộ khuếch đại. **Khoảng cách giữa nguồn phát và đầu thu cần được giữ không thay đổi trong suốt thí nghiệm này. Ngoài ra, các em cần chắc chắn rằng các microphôn được đặt song song với đế giá đỡ, và hai cái nằm trên cùng một đường thẳng.**

1a. Bằng cách thay đổi tần số của tín hiệu từ máy phát hàm số FG, hãy đo biên độ của tín hiệu ra sau khi nó được chuyển đổi bởi đầu thu. Hãy đo trong khoảng tần số ở lõi vào từ 30 kHz đến 50 kHz, và **chắc chắn rằng khoảng tần số của tín hiệu gửi đến nguồn phát nằm trong khoảng đã cho. Nếu không, microphôn sẽ bị hỏng hoặc không làm việc.** Đặt biên độ của tín hiệu từ máy phát hàm số FG khoảng 1V. Các dữ liệu đo được cần được ghi vào bảng 1A. Vẽ đồ thị bằng cách dùng các dữ liệu đo được. **Hãy tìm khoảng tần số Δf mà trong đó biên độ của tín hiệu ra lớn hơn giá trị biên độ cực đại chia cho căn bậc hai của 2.** Từ các kết quả thu được, hãy xác định tần số làm việc f_w , là tần số mà ở đó biên độ của tín hiệu từ đầu thu là cực đại. Set the amplitude of the signal from the FG around 1V. Measured data will be filled into

table 1A. Plot the graph using measured data. Find the frequency interval Δf that the amplitude of the output signal to be more than its *rms* (root-mean-square) value of the amplitude (it equals to $amplitude/\sqrt{2}$). Determine the working frequency f_w (at which the amplitude of the signal from the detector will be maximum) from the obtained results.

1b. Đặt tần số từ máy phát hàm số FG ở tần số làm việc. Hãy xác định sự phụ thuộc góc của cường độ tín hiệu ra vào vị trí của đầu thu đối với với nguồn phát (hãy xác định sự phụ thuộc của tín hiệu ra vào góc giữa đầu thu và nguồn phát). Ghi các dữ liệu đo được vào Bảng 1B. Vẽ đồ thị của tỉ số biên độ $A(\varphi)/A(0)$ theo góc φ , trong đó $A(\varphi)$ và $A(0)$ là các biên độ của tín hiệu ở lối ra lần lượt tại các góc φ và 0° . Hướng $\varphi = 0^\circ$ là hướng tín hiệu thu được mạnh nhất, và được gọi là trục của nguồn phát. Hãy tìm giá trị các góc mà ở đó biên độ tín hiệu thu được giảm đi 2 lần và 3 lần.

PART 2. Giao thoa của các sóng

Mở đầu

Sóng dừng là một trạng thái dao động được tạo ra trong một môi trường khi sóng phản xạ từ gương giao thoa với sóng tới từ nguồn. các sóng giao thoa với nhau sao cho có những điểm mà ở đó không có dịch chuyển. các điểm đó trong một trường gọc là các **nút**. Có những điểm khác trong môi trường mà ở đó dao động ứng với độ dịch chuyển lớn. Các điểm đó gọi là các **bụng**. The waves are interfering in such a manner that there are points of no displacement produced at the same positions along the medium. These points along the medium are known as **nodes**. There are other points along the medium which undergo vibrations between a large positive and large negative displacement. These points are known as **antinodes**.

Danh mục dụng cụ

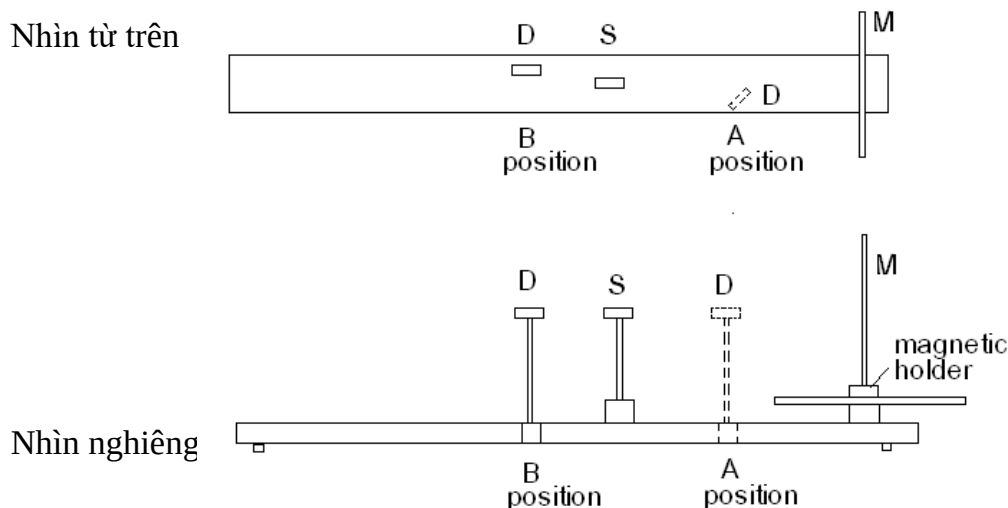
1.	Máy phát hàm số (A)	6.	Gương kim loại (J) và giá đỡ có từ tính cùng với thước (K)
2.	Bộ khuếch đại siêu âm (B)	7.	Bàn quang học (R)

3.	Milivôn kế xoay chiều (C)	8.	Hai cáp đồng trục (N)
4.	Đầu phát siêu âm, dùng làm nguồn phát (F) cùng với giá đỡ (H)	9.	Máy tính (X)
5.	Đầu phát siêu âm, dùng làm đầu thu (G) cùng với giá đỡ (I)		

Mô tả thí nghiệm

2a. Nghiên cứu sự giao thoa sóng

Dùng các dụng cụ 1-8 có trong danh mục trên, hãy lắp bộ thí nghiệm trên Hình 2.1 và nghiên cứu sự giao thoa của sóng. Chú ý rằng đĩa quay và các dụng cụ khác cần được cách li để tránh sự giao thoa có thể xảy ra, vì vậy không nên đứng hoặc di chuyển gần thiết bị, nếu không kết quả đo sẽ bị ảnh hưởng. Mắc máy phát hàm số vào Nguồn phát và đặt tần số ở 40 kHz.



Hình 2.1. Nghiên cứu sự giao thoa sóng.

Position A (Vị trí A): Đầu thu được đặt giữa Nguồn phát và Gương.

Position B(Vị trí B): Đầu thu được đặt sau nguồn phát.

S- Nguồn phát, M-Gương, D-Đầu thu

2a.1. Đặt đầu thu ở Vị trí A như thấy trên Hình 2.1 và quan sát sự phụ thuộc của độ lớn tín hiệu thu được vào vị trí của S, M và D. Khi đầu thu ở gần nguồn phát quá, các hiện tượng xảy ra không rõ ràng, vì vậy không nên đo ở gần nguồn phát quá.

2a.2. Đặt đầu thu ở Vị trí B như thấy trên Hình 2.1 và quan sát sự phụ thuộc của độ lớn tín hiệu thu được vào các vị trí của M và D. Vị trí của S được giữ cố định.

2a.3. Bằng cách dùng kết quả ở trên, hãy tìm các câu trả lời đúng.

- Sóng dừng sẽ được quan sát thấy giữa S và M. Sóng dừng này xảy ra cho mọi giá trị của khoảng cách giữa S và M.
- Sóng dừng sẽ được quan sát thấy giữa S và M. Sóng dừng này sẽ chỉ xảy ra khi khoảng cách giữa S và M bằng $n\lambda/2$, trong đó n là số nguyên.
- Ở cả hai vị trí A và B, đầu thu sẽ phát hiện được nút và bụng của sóng dừng. Điều này có thể kiểm tra được bằng cách dịch chuyển các vị trí của S và M.
- Sóng dừng sẽ xảy ra cho mọi giá trị của khoảng cách giữa S và M. Điều này có thể quan sát thấy bằng thực nghiệm bằng cách dịch chuyển vị trí của D. Ở vị trí B, đầu thu sẽ thu được tín hiệu mạnh khi khoảng cách giữa S và M là $SM=n\lambda/4$, trong đó n là số nguyên lẻ.
- Vị trí của các nút và các bụng không dịch chuyển khi S và M bị dịch chuyển.
- Khi khoảng cách giữa S và M tăng lên, cường độ sóng phản xạ sẽ giảm một cách tuần hoàn ở vị trí B.
- Sóng dừng sẽ chỉ xảy ra giữa S và M, nhưng đằng sau nguồn phát, sự giao thoa của các sóng phản xạ có thể quan sát thấy.

Hãy ghi “√” cho các câu trả lời đúng hoặc “X” cho các câu trả lời sai ở dưới kí hiệu của câu được lựa chọn trong Answer sheet.

2b. Đo bước sóng.

Như em đã làm trong thí nghiệm 2a.1, bằng cách cố định vị trí của S và D, và dịch chuyển M, hãy xác định bằng thực nghiệm bước sóng λ của sóng siêu âm.

2c. Khảo sát sóng dừng

Lắp hệ thí nghiệm như em đã làm ở thí nghiệm 2a.2., hãy xác định bằng thực nghiệm loại dao động ở trên mặt gương và nguồn.

Loại dao động	Trên mặt gương	Trên mặt nguồn
Khi D thu được cực đại		
Khi D thu được cực tiểu		

Em có thể dùng các giá trị bằng số đã thu được ở thí nghiệm 2b. Hãy viết các giá trị đo được và các bước tính toán chính vào Answer sheet.

PHẦN 3. Hiệu ứng Doppler

Tần số quan sát được và đo được của một tín hiệu thay đổi theo chuyển động tương đối giữa nguồn và người quan sát. Đó là hiệu ứng Doppler.

Tần số quan sát được được cho bởi các công thức

$$f = f_o \frac{c-v_d}{c+v_s} \quad (\text{Nguồn phát và Đầu thu ra xa nhau}) \quad (1)$$

$$f = f_o \frac{c+v_d}{c-v_s} \quad (\text{Nguồn phát và Đầu thu lại gần nhau}) \quad (2)$$

trong đó

f_o là tần số của sóng do Nguồn phát phát ra

c tốc độ âm trong không khí

v_d vận tốc của Đầu thu

v_s vận tốc của Nguồn phát

Danh mục dụng cụ

1.	Máy phát hàm số (A)	7.	Động cơ(M)
2.	Bộ khuếch đại siêu âm (B)	8.	Đĩa quay (L)
3.	Milivôn kế xoay chiều (C)	9.	Nguồn nuôi một chiều DC (E)

4.	Máy đếm tần số (D)	10.	Bàn quang học (R)
5.	Đầu phát siêu âm dùng làm nguồn phát (F) cùng với giá đỡ (H)	11.	Cáp đồng trục (N)
6.	Micrôphôn siêu âm dùng làm đầu thu (G) cùng với giá đỡ (I)	12.	Gương lõm (U)

Mô tả thí nghiệm

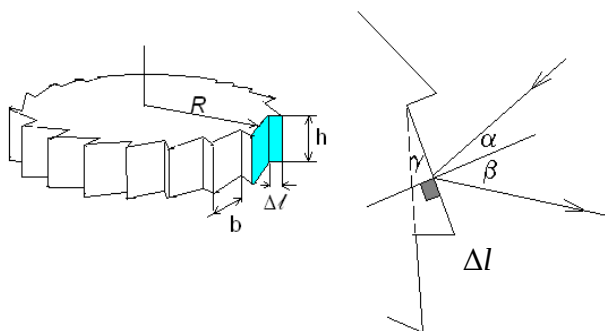
Nguồn phát (S) được đặt sao cho sóng siêu âm đập vào các chỗ nghiêng ở cạnh của một đĩa quay, và đầu thu được đặt sao cho sóng siêu âm bị phản xạ được thu một cách tốt nhất. Nguồn phát được nối với lối ra của máy phát hàm số, và đầu thu được mắc với milivôn kế để đo cường độ âm, như đã giải thích trong Phần 1. Trước khi bắt đầu thí nghiệm, em cần kiểm tra sự thay đổi cường độ âm bằng cách dùng tay quay cho đĩa tiến hoặc lùi. Nếu sự biến đổi cường độ âm là nhỏ, thì em phải chỉnh vị trí của nguồn phát và đầu thu một cách thích hợp. **Nếu dụng cụ không được điều chỉnh thích hợp, thì có thể xảy ra sai số trong các phép đo cường độ và tần số của âm.**

- Bật động cơ quay đĩa
- Hãy quan sát sự thay đổi tần số âm bằng cách nhẹ nhàng tăng dần điện áp đặt vào động cơ quay đĩa.
- Cần chuẩn bị dụng cụ cho phép đo ở Phần 3, em nên dùng các kết quả từ Phần 1 và Phần 2. Thí dụ, để đặt tần số làm việc v.v... Nếu em không xác định được tần số làm việc, thì hãy dùng tần số 40 kHz làm tần số làm việc. Hãy chắc chắn rằng biên độ của tín hiệu từ máy phát hàm số FG không bị bão hoà.

3a. Các công thức cho độ dịch Doppler của âm do đĩa quay gây ra.

- Một sóng âm từ Nguồn phát phản xạ trên răng cưa ở đĩa quay (Hình 1) và hiệu ứng Doppler xảy ra. Nếu ta gọi v là vận tốc chuyển động của răng cưa theo phương R, hãy viết công thức cho f theo f_0 , c và v , cho trường hợp này.

- Từ biểu thức thu được, hãy viết một công thức đơn giản bằng cách dùng kí hiệu $\Delta f = |f - f_0|$, cho trường hợp $v \ll c$, trong đó f_0 là tần số làm việc. Toàn bộ quá trình tính toán cần được viết vào Answer sheet.



Hình 1. Răng cưa trên đĩa quay

3b. Tính toán hiệu ứng Doppler do đĩa quay gây ra

Viết công thức cho tốc độ v của răng cưa và tần số quay δ của đĩa quay. (Độ cao của răng cưa là $\Delta l = 4.37 \pm 0.05$ mm, để dùng cho các tính toán sau này).

3c. Hiệu ứng Doppler phụ thuộc vào điện áp trên động cơ

Hãy đo tần số theo điện áp trên động cơ. Hãy vẽ đồ thị $\Delta f/f_0$ theo U . Từ đồ thị, hãy xác định giá trị của điện áp U_0 mà ở đó đĩa bắt đầu quay, và độ dốc của đồ thị cùng với sai số.

Gợi ý: Cho động cơ quay theo chiều kim đồng hồ, và sau đó không thay đổi nữa. Chọn vị trí của đầu thu sao cho nó đo một cách ổn định và có hiệu quả nhất. Để tiết kiệm thời gian, em có thể đo cường độ dòng điện trong Nhiệm vụ 3d đồng thời với phép đo điện áp trên động cơ.

Equipments you use in Experimental part, are calibrated and measured very well before using them. Each two microphone system has own specification which is given on special sheet. You can find there many parameters for your system. Using necessary parameters you should calibrate your system.

3d. Động học của động cơ

- Đo sự phụ thuộc của cường độ dòng điện vào điện áp trên động cơ.

- Vẽ đồ thị của tỉ số ($Z=U/I$) theo công suất ($P=UI$) của động cơ. Biểu diễn sự phụ thuộc này Express this dependence by equation, when the voltage has lower and higher value.

3e. Hệ thức giữa tần số quay δ và điện áp trên động cơ : δ theo U

- Từ sự phụ thuộc $Z(P)$, hãy tìm biểu thức của δ theo U cho khu vực điện áp cao và khu vực điện áp thấp. Coi như khi động cơ quay đều với tần số không đổi δ , thì công suất điện do động cơ sinh ra sẽ cân bằng với công suất của sức cản không khí tiêu tán vào không khí.
- Từ tờ giấy ghi các đặc trưng dán vào bản quang học, hãy xác định tần số quay δ , điện áp U và dòng điện I cùng với các sai số của chúng (theo chiều quay thuận chiều kim đồng hồ) và tính toán bằng số các hệ số và sai số của sự phụ thuộc tuyến tính δ theo U . Em cần viết các giá trị thu được từ tờ giấy ghi các đặc trưng vào Answer Sheet.

3f. Tốc độ của âm trong không khí từ hiệu ứng Doppler

Hãy kết hợp các quan hệ hàm số $|\Delta f|/f_0$ theo v và $|\Delta f|/f_0$ theo U , và từ đó tìm ra tốc độ của âm trong không khí và sai số. Dùng các giá trị thực nghiệm và lí thuyết (theor) của tốc độ âm trong không khí, hãy tìm sai số tỉ đối của thí nghiệm: $\frac{c_{exp} - c_{theor}}{c_{theor}} * 100 \%$, trong đó exp biểu thị thí nghiệm, $theor$ biểu thị lí thuyết.

PHẦN 4: Ngưỡng nghe và năng suất phân giải.

Ngưỡng nghe là cường độ âm tính ra W/m^2 nhỏ nhất mà tai ta còn nghe được. Ngưỡng này phụ thuộc vào tần số âm. Ngưỡng nghe ở khoảng 2000 Hz thì bằng $10^{-12} W/m^2$. Đại lượng $\log_{10}(I/I_0)$ được gọi là mức cường độ âm và được đo bằng đơn vị Bell, kí hiệu là B. Trong thực tế, để thuận tiện hơn, người ta hay dùng đại lượng β (đo bằng dB) = $10 \log_{10}(I/I_0)$, với dB là deciBel. tai người có thể nghe được âm thanh từ khoảng 20 Hz đến khoảng 20 000 Hz. Đó là khoảng nghe thấy.

Danh mục dụng cụ và phụ tùng

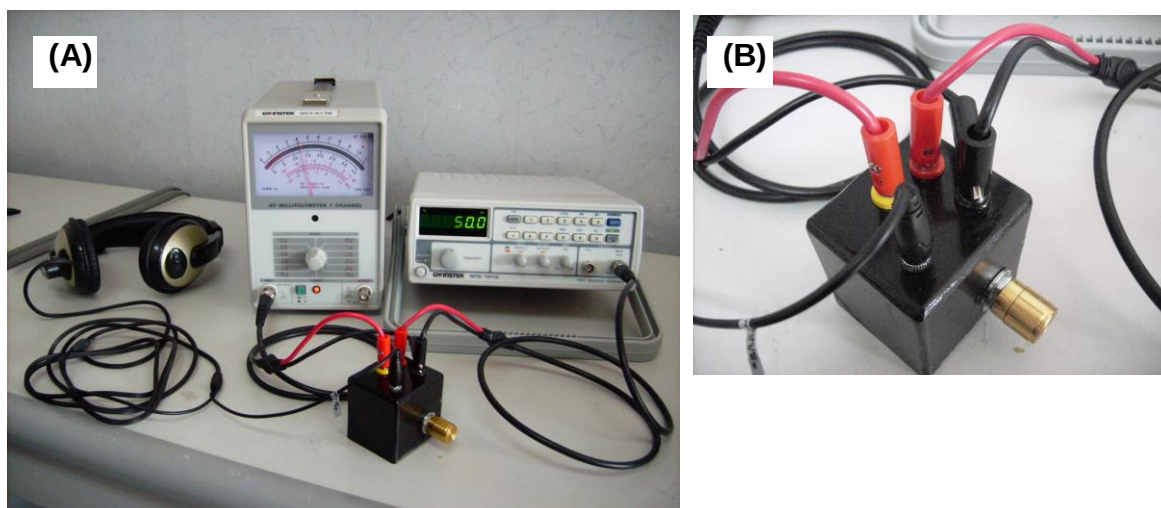
Các dụng cụ sau đây là cần thiết cho thí nghiệm này (Hình 4.1)

1) Máy phát hàm số (A)

- 2) Milivôn kế xoay chiều (**B**)
- 3) Cáp nối (**N**)
- 4) Biến trở (**T**)
- 5) Tai nghe (**P**)

Chuẩn bị

1. Mắc thiết bị thí nghiệm như thấy trên Hình 4.2.
2. Bật milivôn kế xoay chiều và máy phát hàm số.
3. Quay núm ADJ và đặt nó ở vị trí giữa.



Hình 1 (A). Mắc các dụng cụ. (B) Mắc các dây nối vào biến trở: mắc dây nối đỏ từ máy phát hàm số vào ổ màu đỏ trên biến trở, và dây màu đen vào ổ màu đen; mắc dây đỏ của milivôn kế xoay chiều vào ổ màu vàng và dây đen vào ổ đen, rồi cắm dây tai nghe vào ổ tai nghe.

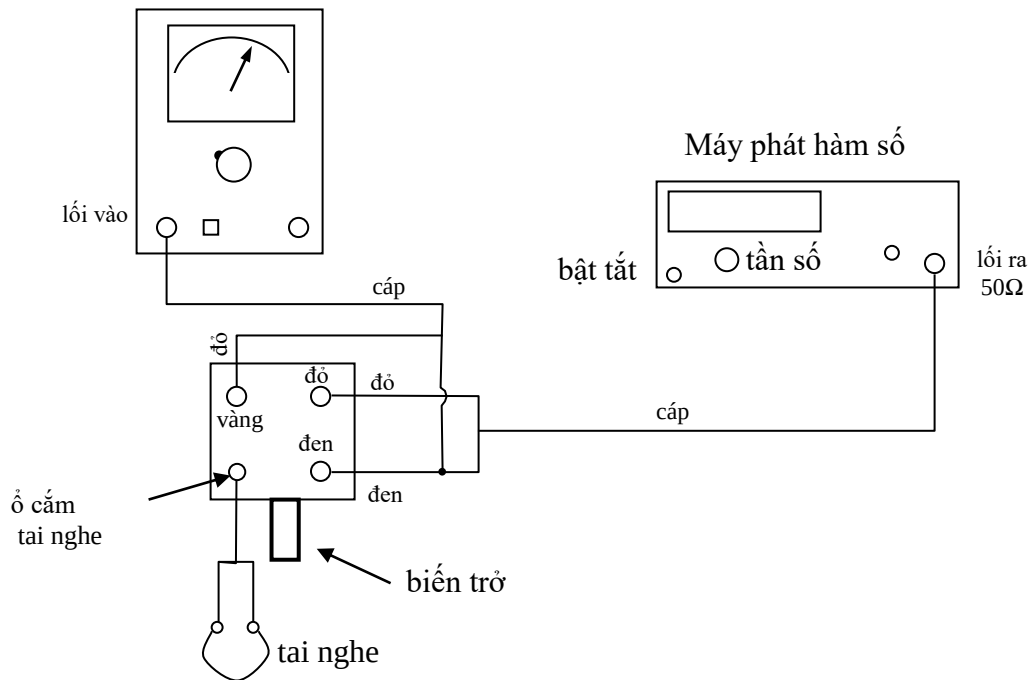


Figure 4. 2. Sơ đồ mắc dây.

Các phép đo

4a. Khoảng tần số nghe thấy (0,5 điểm)

A. Xác định tần số thấp nhất nghe thấy được, f_{low} ; và **B.** Xác định tần số cao nhất nghe thấy được, f_{high}

1. Đặt mức độ to của tai nghe ở độ to lớn nhất bằng cách dùng bộ phận điều chỉnh độ to của biến trở.
2. Tìm tần số thấp nhất, f_{low} , còn nghe thấy được. Để làm việc này, em cần thay đổi cả tần số và mức âm. Để thay đổi tần số, hãy dùng núm tần số của máy phát hàm số. Để thay đổi mức âm, em có thể dùng biến trở và núm AMPL ADJ của máy phát hàm số.
3. Làm tương tự để tìm f_{high}

4b. Khoảng tần số nghe tốt nhất (1 điểm)

1. Hạ thấp cường độ âm từng bước một. Với mỗi bước, tìm f_{low} và f_{high} . Hãy tìm khoảng tần số mà ở đó em còn nghe được mức cường độ âm thấp nhất có thể được. Giới hạn dưới của khoảng này là tần số thấp nhất của khoảng tần số nghe tốt nhất,

f_{th1} , và giới hạn trên của của khoảng đó là tần số cao nhất của khoảng tần số nghe tốt nhất, f_{th2} .

Trung bình của hai giới hạn đó, hay tần số nghe nhạy nhất, là

$$f_{th} = \frac{f_{th1} + f_{th2}}{2} =$$

4c. Năng suất phân giải (R) của tai với các tần số âm khác nhau. (1,0 điểm)

Năng suất phân giải của tai là khả năng phân biệt hai tần số gần nhau.

1. Đặt tần số của máy phát ở f_{th} .
2. Khi nghe bằng tai nghe, hãy thay đổi cường độ âm đến mức em nghe tốt.
3. Thay đổi tần số đi một ít. Nếu em không nghe thấy sự khác nhau giữa tần số f_{th} và tần số đã thay đổi, thì hãy thay đổi thêm một chút nữa. Hãy tìm tần số mà em nghe thấy nó khác với f_{th} . Hiệu số giữa f_{th} và tần số đã thay đổi này là khoảng phân biệt tần số của tai em ở tần số f_{th} .
4. Hãy tính khoảng phân biệt tần số (Δf) và năng suất phân giải $R = f / \Delta f$ cho tần số f_{th} .

4d. Hãy tìm tốc độ nhỏ nhất của gương để có hiệu ứng Doppler mà tai người có thể phát hiện được ở khu vực tần số nói trên. (0,5 điểm)

Hãy ước tính tốc độ của gương và sai số của nó bằng cách dùng công thức sau:

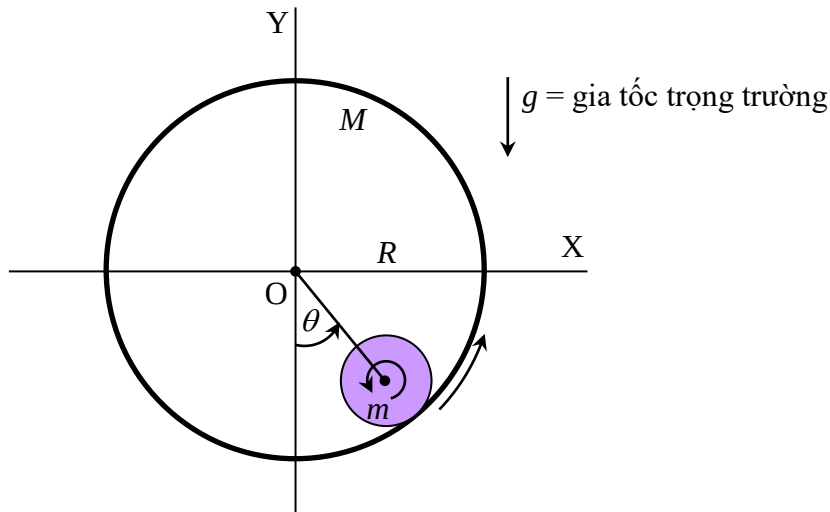
$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{2v}{c}$$

trong đó $c=344$ m/s là tốc độ của âm trong không khí trong khoảng nghe thấy ở 20°

C. Em chỉ được dùng giá trị này ở trong phần này của bài.

Hai hình trụ lăn

Một hình trụ có thành mỏng, có khối lượng M và mặt trong nhám với bán kính R có thể quay quanh trục nằm ngang OZ cố định. Trục Z vuông góc với trang giấy và đi ra ngoài trang giấy. Một hình trụ khác, nhỏ hơn, đồng chất, có khối lượng m và bán kính r lăn không trượt (trừ ở câu 1.8) quanh trục riêng của nó trên bề mặt trong của M ; trục này song song với OZ .



- 1.1) M bắt đầu quay từ nghỉ ở thời điểm $t = 0$, khi m đang nằm yên ở điểm thấp nhất. Ở thời điểm t sau đó, vị trí góc của khối tâm của m là θ , và khi đó M đã quay được một góc ϕ radian. Hỏi hình trụ m đã quay được góc ψ bằng bao nhiêu radian quanh trục của nó, so với một đường thẳng cố định (chẳng hạn, phân âm của trục Y)? Viết kết quả theo θ, ϕ, R và r .

(0.8 điểm)

- 1.2) Xác định gia tốc góc $\frac{d^2}{dt^2}\psi$ của m quanh trục riêng của nó, đi qua khối tâm.

Viết kết quả theo R, r , và các đạo hàm của θ và ϕ .

(0.2 điểm)

1.3) Hãy tìm phương trình cho gia tốc góc $\frac{d^2}{dt^2}\theta$ của khối tâm của m theo

$m, g, R, r, \theta, \frac{d^2}{dt^2}\phi$, và mômen quán tính I_{CM} của m đối với trục của nó.

(1.8 điểm)

1.4) Hãy xác định chu kì dao động nhỏ của m khi M bị bắt buộc quay với tốc độ góc không đổi. Viết kết quả chỉ theo R, r , và g .

(1.3 điểm)

1.5) Hãy cho biết giá trị của θ cho vị trí cân bằng của m trong câu hỏi 1.4? (0.2 điểm)

1.6) Hãy xác định vị trí cân bằng của m khi M đang quay với gia tốc góc không đổi α ? Viết kết quả theo R, g , và α . (0.7 điểm)

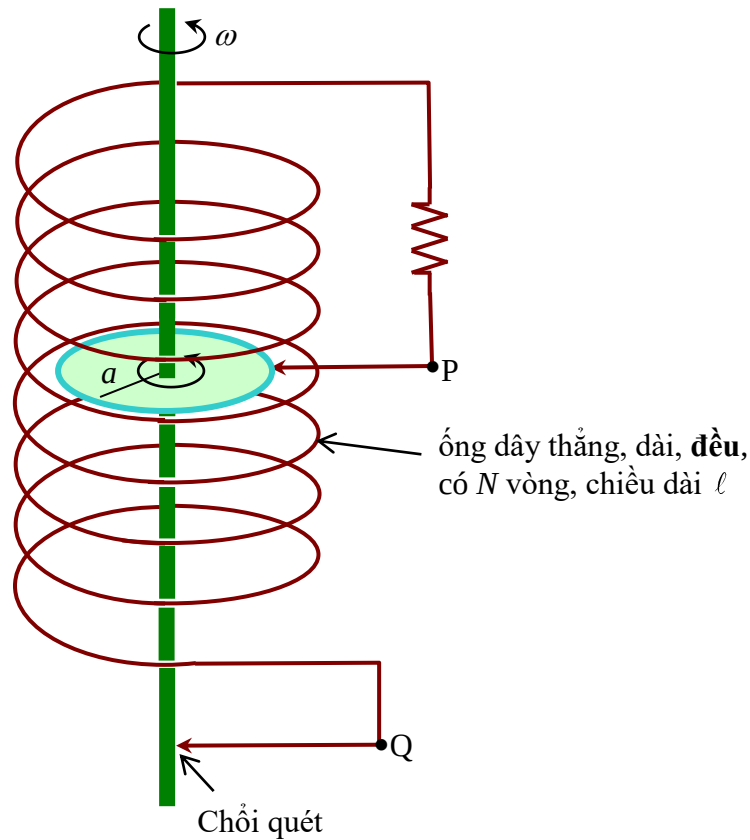
1.7) Bây giờ M được để cho quay (dao động) tự do, không bị bắt buộc, quanh trục OZ của nó, trong khi m thực hiện dao động với biên độ nhỏ bằng cách lăn trên bề mặt trong của M . Hãy tìm chu kì của dao động này. (2.5 điểm)

1.8) Xét tình huống trong đó M đang quay đều với tốc độ góc Ω và m đang quay (lăn) quanh khối tâm dừng của nó, ở vị trí cân bằng tìm thấy ở câu hỏi 1.5. M được làm cho dừng lại đột ngột. Hãy tìm giá trị nhỏ nhất của Ω sao cho m lăn lên phía trên và đạt đến điểm cao nhất của bề mặt hình trụ của M . Hệ số ma sát giữa m và M được giả thiết là đủ lớn để ngay sau khi M bị dừng lại, m trượt một đoạn ngắn rồi sau đó bắt đầu lăn không trượt. (2.5 điểm)

Bài toán 2

Máy phát điện tự kích thích

Một đĩa kim loại có bán kính a , gắn vào một trục mảnh, quay với tốc độ góc không đổi ω trong lòng một ống dây thẳng, dài, có độ tự cảm L ; hai đầu cuộn dây được mắc thành mạch điện với đĩa quay nhờ hai chổi quét như trên hình. Điện trở toàn phần của cả mạch là R . Một sự nhiễu loạn từ trường nhỏ có thể khơi mào cho một suất điện động cảm ứng tăng dần giữa hai đầu P,Q.



- 2.1) Hãy viết phương trình vi phân cho dòng điện $i(t)$ chạy trong mạch. Viết kết quả theo L, R , và suất điện động cảm ứng ($\mathcal{E}$) giữa hai đầu P và Q. (1.0 điểm)
- 2.2) Hãy xác định cảm ứng từ (B) theo i, N, ℓ , và μ_0 ? Bỏ qua từ trường gây nên bởi đĩa và trục quay. (1.5 điểm)
- 2.3) Hãy tìm biểu thức của suất điện động cảm ứng ($\mathcal{E}$) theo μ_0, N, a, ℓ, i , và tốc độ góc ω ?

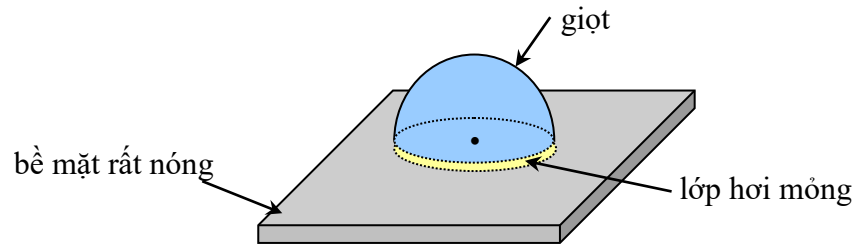
(2.0 điểm)

- 2.4) Giải phương trình ở câu 2.1 cho giá trị dòng điện ở một thời điểm bất kì t theo giá trị dòng điện ở thời điểm ban đầu $i(0)$ và các tham số khác. (1.5 điểm)
- 2.5) Hãy cho biết giá trị tối thiểu của tốc độ góc để cho dòng điện mạnh lên dần. Viết kết quả theo R, μ_0, N, a , và ℓ . (2.0 điểm)
- 2.6) Để giữ giá trị tốc độ góc ω không đổi, cần phải tác dụng vào trục quay một momen lực bằng bao nhiêu ở thời điểm t ? (2.0 điểm)

Bài toán 3

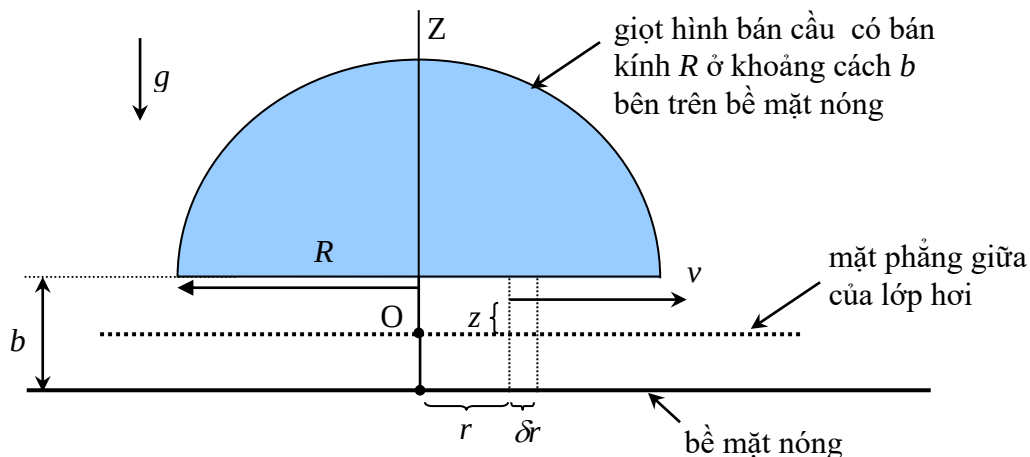
Hiện tượng Leidenfrost

Mục đích là ước lượng thời gian sống của một giọt chất lỏng hình bán cầu nằm ở trên một lớp hơi rất mỏng có tác dụng cách li nhiệt giọt chất lỏng khỏi một tấm rất nóng ở phía dưới.



Hình 1

Ở đây, giả thiết rằng luồng hơi bên dưới giọt chất lỏng chảy thành lớp và có tính chất như một chất lỏng Newton với hệ số nhớt η và độ dẫn nhiệt $\mathcal{K}$. Ẩn nhiệt hoá hơi riêng của chất lỏng là ℓ . Đối với một chất lỏng Newton, ta có ứng suất trượt $\frac{F}{A} = \eta \times$ suất trượt $\frac{dv}{dz}$, trong đó v là vận tốc dòng chảy và z là khoảng cách theo phương vuông góc với dòng chảy, và phương của F tiếp tuyến với bề mặt A .



Hình 2

v là vận tốc của hơi theo phương bán kính, ở độ cao z bên trên mặt phẳng giữa. Áp suất P bên trong hơi phải tăng dần về phía tâm O . Kết quả là có luồng hơi đi ra và

có lực giữ cho giọt chất lỏng không bị trọng lực kéo xuống. Độ dày của lớp hơi trong điều kiện cân bằng nhiệt động và cân bằng cơ học là b .

Đối với luồng hơi Newton, ta có thể cho gần đúng là

$$\frac{d}{dz}v = \frac{z}{\eta} \frac{d}{dr}P$$

3.1) Hãy chứng tỏ rằng $v(z) = \frac{z^2}{2\eta} \frac{d}{dr}P + C$

trong đó, C là một hằng số tích phân tùy ý. (0.5 điểm)

3.2) Dựa vào Hình 2, hãy tìm giá trị của C theo $\eta, \frac{d}{dr}P$, và b bằng cách sử dụng

điều kiện biên $v=0$ ở $z=\pm\frac{b}{2}$. (0.5 điểm)

3.3) Hãy tính lưu lượng thể tích của luồng hơi đi qua bề mặt hình trụ xác định bởi r . (Gợi ý: hình trụ có bán kính r và độ cao b ở phía dưới giọt chất lỏng).

(1.0 điểm)

3.4) Bằng cách giả thiết rằng lượng hơi được tạo ra với khối lượng riêng ρ_v là do dòng nhiệt đi từ bề mặt nóng đến giọt chất lỏng, hãy tìm biểu thức cho áp suất $P(r)$. Dùng P_a để biểu thị áp suất khí quyển, và dùng ΔT để chỉ độ chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt nóng và giọt chất lỏng. Giả thiết rằng hệ đã đạt tới trạng thái ổn định.

(2.0 điểm)

3.5) Hãy tính giá trị của b bằng cách làm cân bằng trọng lượng của giọt chất lỏng với lực tổng hợp do chênh lệch áp suất giữa đáy và đỉnh giọt chất lỏng. Khối lượng riêng của chất lỏng là ρ_0 .

(2.0 điểm)

3.6) Bây giờ, hãy xác định tốc độ bay hơi toàn phần tính theo khối lượng? (2.0 điểm)

3.7) Giả thiết rằng giọt chất lỏng luôn có dạng bán cầu, hãy tính thời gian sống của giọt chất lỏng.

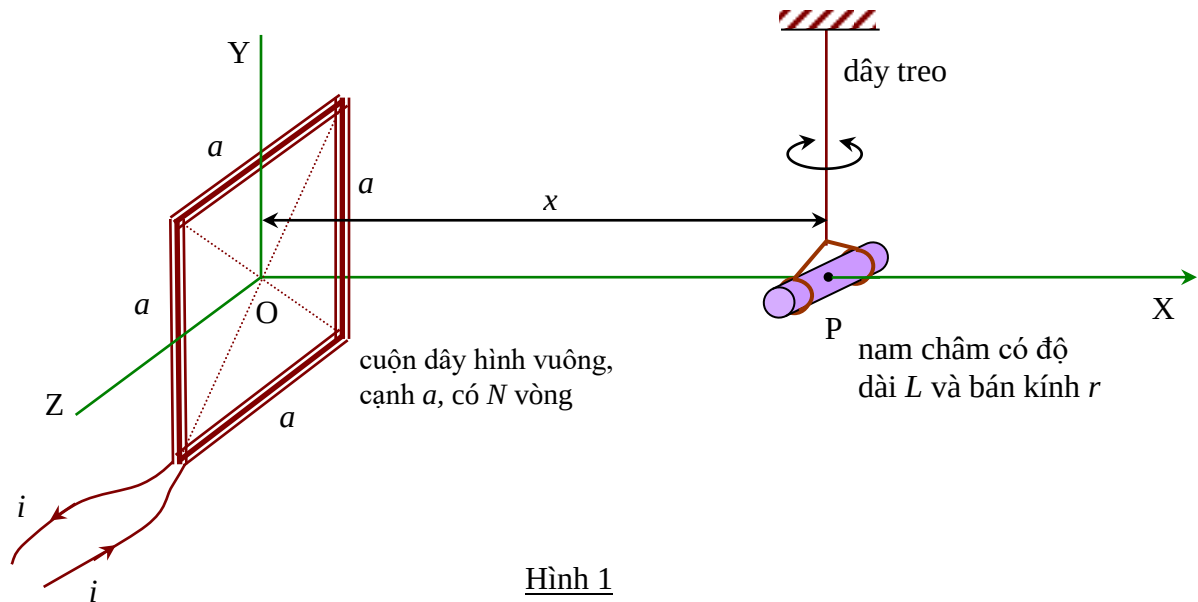
(2.0 điểm)

Bài thi thực nghiệm

Bài số 1

Bài 1: Thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất

Ta cần xác định thành phần nằm ngang B_H của từ trường Trái Đất bằng cách dùng dao động có biên độ nhỏ của một thanh nam châm hình trụ. Thanh nam châm dao động trong từ trường tổng hợp của Trái Đất và của một cuộn dây hình vuông.



Hình 1

Thí nghiệm được thực hiện trong ba phần, trong đó Phần I là để đưa ra các công thức dùng trong Phần III.

Dụng cụ

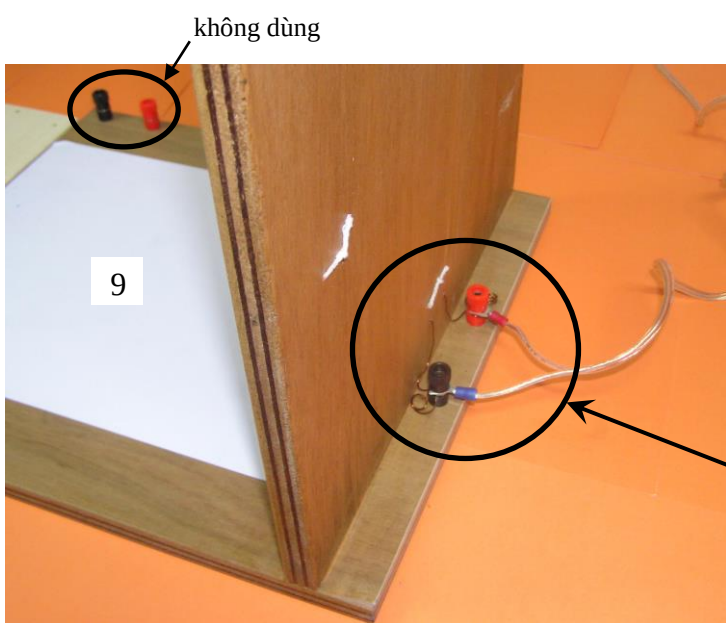
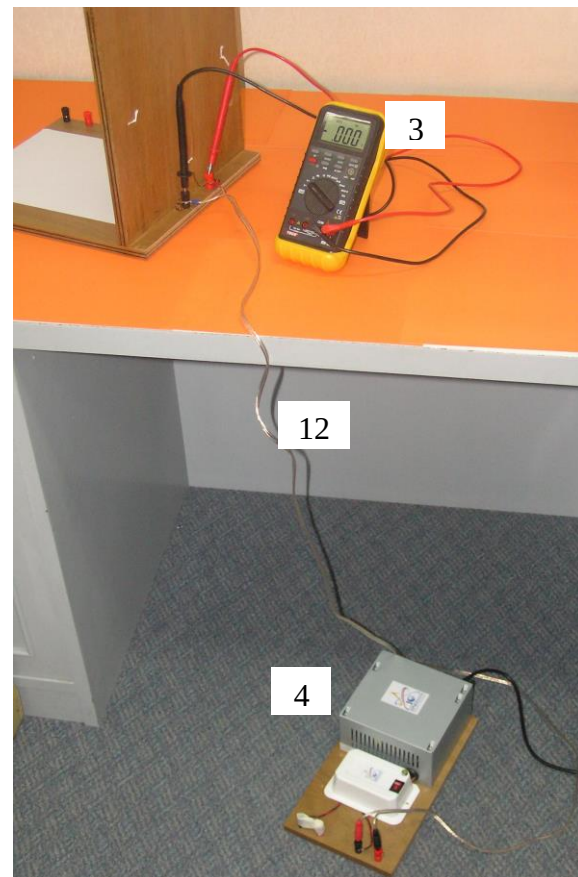
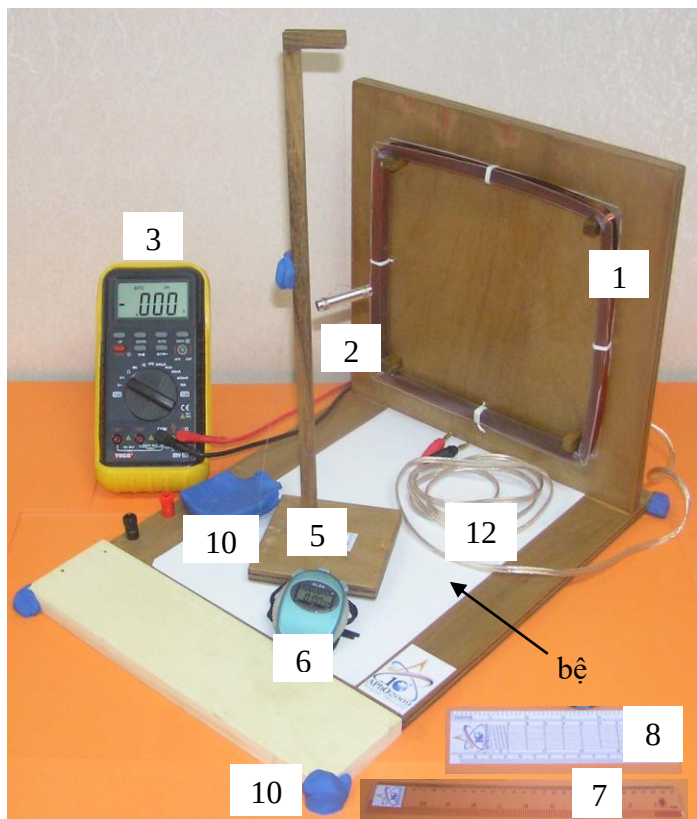
Mỗi học sinh được cung cấp các dụng cụ như thấy trên Hình 2:

1. một cuộn dây hình vuông có điện trở $5.2 \pm 0.2 \, \Omega$ và có 130 vòng
2. một nam châm nhỏ hình trụ có khối lượng $15.0 \pm 0.2 \, \text{g}$ với các sợi dây nylon
3. một vôn kế (chỉ dùng để đo hiệu điện thế ở hai đầu cuộn dây)
4. một nguồn điện (đặt ở dưới bàn để tránh nhiễu do từ trường của nó sinh ra)
5. một giá bằng gỗ
6. một đồng hồ bấm giây
7. một thước
8. một thước đo góc
9. nhãn trắng (em có thể viết lên đó)

10. đất nặn có màu

11. giấy vẽ đồ thị

12. dây điện



KHÔNG đổi chỗ
các dây này

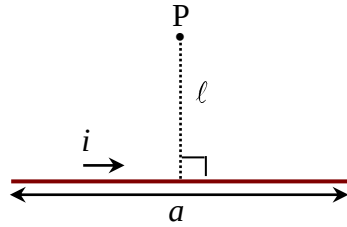
Hình 2

Chú ý

Chỉ dùng máy đo đa năng để đo hiệu điện thế ở hai đầu cuộn dây. Nếu dùng máy đo đa năng ở các kiểu đo khác, có thể làm hỏng nguồn điện !!!

Phần I

[1 điểm]



Hình 3

Cảm ứng từ B_p ở khoảng cách ℓ trên đường vuông góc đi qua trung điểm của một phần tử dòng điện thẳng ia là

$$B_p = \frac{\mu_0 i}{2\pi \ell} \frac{(a/2)}{\sqrt{\ell^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}} \dots\dots\dots (i)$$

trong đó, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ henry trên met là độ từ thẩm của chân không.

Dùng hệ thức này để chứng tỏ rằng hệ thức cho độ lớn của cảm ứng từ gây nên bởi cuộn dây hình vuông ở điểm P trên Hình 1 được cho bởi

$$B_{px} = \left(\frac{\mu_0 a^2 i N}{2\pi} \right) \left[\frac{1}{\left(x^2 + \left(\frac{a}{2} \right)^2 \right) \sqrt{x^2 + 2 \left(\frac{a}{2} \right)^2}} \right] \dots\dots\dots (ii)$$

Cho biết chu kì dao động nhỏ (dao động với biên độ nhỏ) của nam châm trong từ trường tổng hợp B là

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mB}} \dots\dots\dots (iii)$$

trong đó m là momen từ của nam châm có khối lượng M , và mômen quán tính I của nam châm đối với trục đi qua khối tâm (và vuông góc với chiều dài thanh nam châm) là

$$I = M \left(\frac{L^2}{12} + \frac{r^2}{4} \right) \dots\dots\dots (iv)$$

Phần II [0.8 point]

Để làm các thí nghiệm ở Phần III, em cần bố trí nam châm ở vị trí như thấy trên Hình 1. Nếu độ dài của dây nhỏ quá, tác dụng của sự xoắn của sợi dây đối với dao động của nam châm là không thể bỏ qua được. Hãy thực hiện các phép đo thích hợp (chẳng hạn, dao động của nam châm trong từ trường Trái Đất riêng rẽ) để xác nhận rằng với các điều kiện của thí nghiệm này, ta có thể bỏ qua sự xoắn của sợi dây. Em không cần phải vẽ đồ thị.

Phần III

Để làm các thí nghiệm sau đây (ở a, b, và c), em cần bố trí nam châm ở vị trí như thấy trên Hình 1. Hãy đo và ghi giá trị của khoảng cách giữa tâm của nam châm và mặt trên của bệ.

[0.2 điểm]

a) Từ trường của cuộn dây và thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất cùng chiều với nhau

[5 điểm]

Chú ý

Hãy mắc cuộn dây vào nguồn điện và đợi ít nhất 5 phút.

Đo chu kỳ dao động với các giá trị khác nhau của cảm ứng từ tổng hợp, khi từ trường của cuộn dây và từ trường của Trái Đất cùng chiều với nhau. Hãy vẽ một đồ thị dạng đường thẳng và từ đồ thị đó, tính giá trị của B_H và mômen từ m , và ước lượng các sai số.

b) Từ trường của Trái Đất riêng rẽ

[1 điểm]

Dùng giá trị của m thu được từ (a) và chu kỳ dao động của thanh nam châm khi không có từ trường của cuộn dây từ Phần II để tính lại giá trị của B_H và ước lượng sai số của nó.

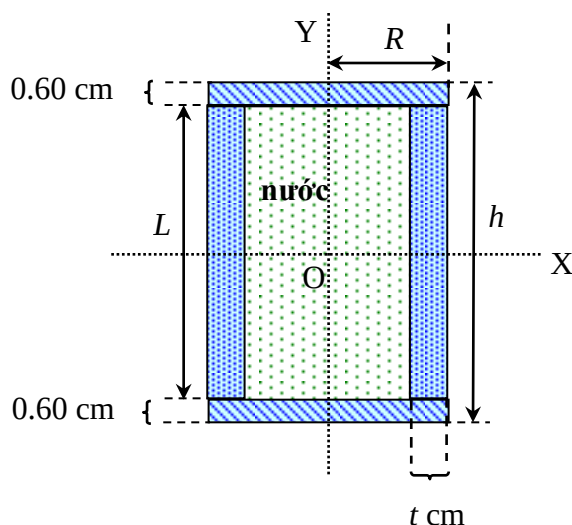
c) Từ trường của cuộn dây và thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất ngược chiều nhau [2 điểm]

Đổi chiều từ trường của cuộn dây bằng cách đổi chỗ các dây nối ở **nguồn điện**. Hãy tìm vị trí x_0 theo phương X, mà ở đó có sự cân bằng giữa từ trường Trái Đất và từ trường của cuộn dây. Dùng giá trị của x_0 để tính lại giá trị của B_H và ước lượng sai số.

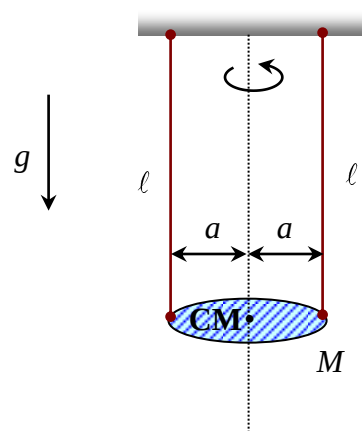
Bài số 2

Bài 2: Dao động của một bình chứa đầy nước

Học sinh được yêu cầu thực hiện các phép đo không phá huỷ để xác định độ dày t của một cái bình bằng nhôm, mà phần rỗng bên trong chứa đầy nước. Cái bình gồm một ống hình trụ và hai tấm đáy. Ống hình trụ có độ dài L , có bán kính ngoài R . Độ dài của cả cái bình là h . Độ dày của mỗi tấm đáy là 0.60 cm (xem Hình 1). Em có thể bỏ qua sai số của độ dày này. Trong bài này, hãy dùng gram làm đơn vị đo khối lượng và centimet làm đơn vị đo độ dài.



Hình 1



Hình 2

Hình 2 cho thấy cách treo một vật có khối lượng M bằng hai sợi dây. Hai sợi dây có cùng độ dài ℓ . Chu kỳ T của dao động nhỏ (dao động có biên độ nhỏ) của M là

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g} \cdot \frac{I}{Ma^2}} \dots\dots\dots (i)$$

trong đó I là momen quán tính hiệu dụng đối với trục thẳng đứng đi qua khối tâm của vật M và g là gia tốc trọng trường ở Bangkok ($g=978\text{ cm s}^{-2}$).

Thí nghiệm này gồm hai phần. Phần I liên quan đến việc đưa ra các công thức, và Phần II là phần thực nghiệm.

Dụng cụ

Mỗi học sinh được cấp:

1. một bình chứa đầy nước
2. một giá
3. một đồng hồ bấm giây
4. một cái thước
5. một sợi dây nylon
6. một thước đo góc
7. băng dính
8. một con dao (không có trong hình dưới)



Phần I

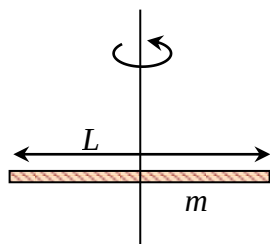
[2.0 points]

Học sinh cần **dẫn dắt ra các biểu thức** theo R, L, t và khối lượng riêng ρ của nhôm cho các đại lượng sau đây, [xem Hình 1]

- khối lượng (m_1) của ống hình trụ của cái bình,
- khối lượng (m_2) của mỗi bản đáy,
- khối lượng (m_3) của nước chiếm đầy khoảng trống trong bình,
- khối lượng toàn phần (M) của bình chứa đầy nước, và
- mômen quán tính hiệu dụng I_y đối với trục Y của bình chứa đầy nước (xem Hình 1), với giả thiết rằng nước là một chất lỏng **lí tưởng**.

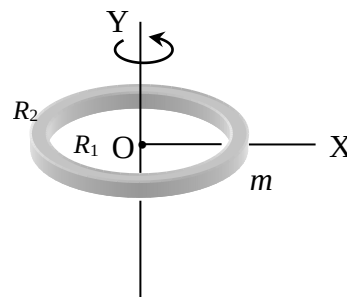
Sau đó, hãy tiến hành các phép đo R, h, L . Bằng cách thay các giá trị này vào, **hãy dẫn ra các biểu thức theo** t cho các đại lượng i) - v) ở trên. Khối lượng riêng của nhôm là $\rho = 2.70 \text{ g/cm}^3$ và khối lượng riêng của nước là 1.00 g/cm^3 .

Gợi ý:



$$I = m \frac{L^2}{12}$$

Thanh mảnh có độ dài L



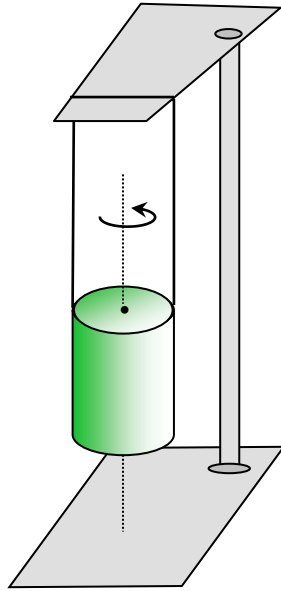
$$I_y = \frac{1}{2} m (R_2^2 + R_1^2),$$

$$I_x = \frac{1}{4} m (R_2^2 + R_1^2)$$

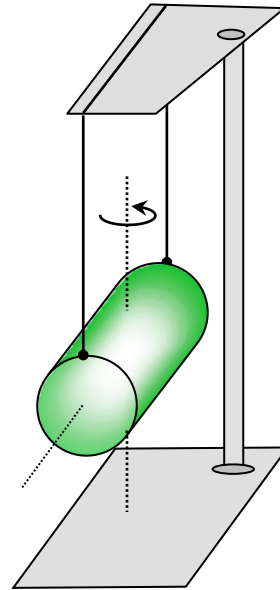
Ống hình trụ rỗng có bán kính trong R_1 và bán kính ngoài R_2

Hình 3

Phần II



Hình 4



Hình 5

a) Dao động góc quanh trục đối xứng

[4.0 points]

Với một giá trị ℓ cố định, hãy tiến hành các phép đo chính xác chu kỳ T_y của dao động nhỏ như trên Hình 4. Sau đó, tính giá trị của độ dày (t) của thành ống hình trụ.

Ước lượng sai số thực nghiệm Δt của độ dày.

Tính cả các giá trị của m_1, m_2, m_3 , và M bằng cách dùng giá trị này của t .

b) Dao động góc quanh trục qua tâm, vuông góc với chiều dài

[2.8 điểm]

Đổi cách treo cái bình sang cách treo ở Hình 5 và tiến hành các phép đo tương tự như ở (a).

Sau đó dùng giá trị của chu kỳ dao động vừa tìm được, cùng với các giá trị của t, m_1, m_3, M tìm được ở (a) để tính giá trị của mômen quán tính hiệu dụng I_x^{Exp} của bình đối với trục X (xem Hình 2 và Hình 5).

Tính cả giá trị ước lượng bằng lí thuyết của I_x^{Theo} dựa trên giá trị của t tìm được ở (a), giả thiết rằng toàn bộ lượng nước tính được ở (a) bị buộc phải tham gia vào chuyển động dao động của bình.

c) So sánh các giá trị lí thuyết và thực nghiệm của momen quán tính

[1.2 điểm]

Độ chênh lệch (ΔI_x) giữa các giá trị của I_x^{Theo} và I_x^{Exp} bằng bao nhiêu?

Em có cho rằng sự chênh lệch đó có ý nghĩa thống kê?

Hãy ước lượng tỉ số phần trăm của khối lượng nước tham gia vào chuyển động dao động ở (b), giả thiết rằng phần nước này có dạng các đĩa tròn dính vào các tấm đáy.

Gợi ý:

$$I_x^{\text{Theo}} = m_1 \left[\frac{L^2}{12} + \frac{R^2 + (R-t)^2}{4} \right] + 2m_2 \left[\frac{(0.6 \text{ cm})^2}{12} + \frac{R^2}{4} + \left(\frac{L}{2} + \frac{0.6 \text{ cm}}{2} \right)^2 \right] + m_3 \left[\frac{L^2}{12} + \frac{(R-t)^2}{4} \right]$$

APhO11 -2010 tại Taipei, Taiwan

Bài thi lí thuyết

Bài toán lí thuyết số 1

Hạt và sóng

Bài toán này bao gồm ba phần sau đây, liên quan đến chuyển động của hạt và sóng:
waves:

Phần A. Tán xạ không đàn hồi của các hạt

Phần B. Sóng trên một sợi dây

Phần C. Sóng trong vũ trụ giãn nở.

Phần A. Tán xạ không đàn hồi và tính phức hợp của các hạt

Một hạt được gọi là hạt **sơ cấp** nếu nó không có các bậc tự do nội tại có thể bị kích thích, thí dụ như sự quay hay dao động quanh khối tâm. Nếu không như vậy, hạt là **phức hợp**.

Để xác định xem một hạt là phức hợp hay không, người ta có thể tiến hành một thí nghiệm tán xạ bằng cách dùng hạt đó làm bia và cho một hạt sơ cấp tán xạ lên nó. Trong trường hợp bia là một hạt phức hợp, thí nghiệm tán xạ có thể phát hiện các tính chất quan trọng như *scaling*, tức là khi xung lượng về phía trước của hạt bị tán xạ tăng lên, thì tiết diện tán xạ trở nên không phụ thuộc vào xung lượng.

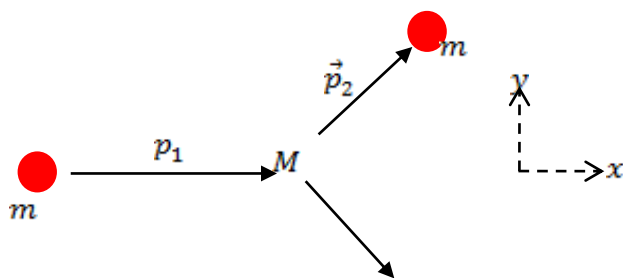
Với một hệ tán xạ gồm một hạt sơ cấp đi tới đập vào một hạt bia, ta sẽ gọi Q là *độ mát mát* động năng tịnh tiến toàn phần. Ở đây, *động năng tịnh tiến* của một hạt, dù là hạt sơ cấp hay hạt phức hợp, được xác định như là động năng liên hệ với chuyển động tịnh tiến của khối tâm của nó. Ta có thể viết

$$Q = K_i - K_f,$$

tong đó K_i và K_f lần lượt là động năng tịnh tiến *toàn phần* của cặp hạt tương tác trước và sau tán xạ.

Trong Phần A, em hãy dùng cơ học cổ điển phi tương đối tính để giải các bài toán. Bỏ qua mọi tác dụng của trọng trường.

(a) Như thấy trên Hình 1, một hạt *sơ cấp* có khối lượng m chuyển động dọc theo trục x với thành phần x của xung lượng $p_1 > 0$. Sau khi bị tán xạ bởi một bia *đứng*



Hình 1

yên có khối lượng M , xung lượng của nó trở thành $\vec{p}_2$.

Từ các dữ liệu về $\vec{p}_2$, người ta có thể xác định xem hạt bia là hạt sơ cấp hay hạt phức hợp. Ta sẽ giả thiết rằng $\vec{p}_2$ nằm trong mặt phẳng x - y và các thành phần x và y của $\vec{p}_2$ được cho lần lượt bởi p_{2x} và p_{2y} .

(i) Hãy tìm biểu thức cho Q theo m, M, p_1, p_{2x} , và p_{2y} . [0.2 điểm]

(ii) Nếu hạt bia là hạt sơ cấp, thì các xung lượng p_1, p_{2x} , và p_{2y} liên hệ với nhau một cách đặc biệt bởi một điều kiện.

Với p_1 cho trước, hãy vẽ điều kiện đó dưới dạng một đường cong trong mặt phẳng p_{2x} - p_{2y} . Hãy xác định giá trị của p_{2x} cho các giao điểm của đường cong với trục p_{2x} . Trên cùng đồ thị đó, hãy xác định các khu vực chứa các điểm của $\vec{p}_2$ ứng với $Q < 0, Q = 0, Q > 0$, và ghi các giá trị này của Q vào các khu vực tương ứng.

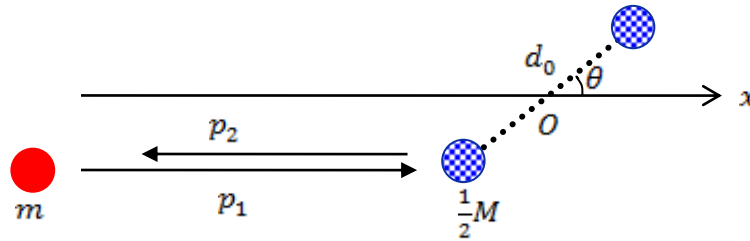
[0.7 điểm]

Với một hạt bia phức hợp, đứng yên, ở trạng thái cơ bản trước tán xạ, thì (các) khu vực nào của Q chứa các điểm được phép của $\vec{p}_2$? [0.2 point]

(b) Bây giờ, xét một bia phức hợp gồm hai hạt sơ cấp, mỗi hạt có khối lượng $\frac{1}{2}M$. Hai hạt này được nối với nhau bằng một lò xo có khối lượng không đáng kể. Hãy xem Hình 2. Lò xo có hằng số lực k và không bị uốn ngang. Đầu tiên, bia *đứng*

yên với khối tâm ở gốc tọa độ O , và lò xo nghiêng một góc θ đối với trục x , đang có độ dài tự nhiên d_0 . Để cho đơn giản, ta giả thiết rằng chỉ các chuyển động dao động và quay có thể bị kích thích trong bia dưới tác dụng của tán xạ.

Hạt sơ cấp đi tới, có khối lượng m , chuyển động theo phương x cả trước và sau tán xạ, với xung lượng lần lượt là p_1 và p_2 . Lưu ý rằng p_2 là âm nếu hạt giạt lùi và chuyển động ngược lại. Tán xạ xảy ra chỉ khi hạt đi tới đập vào một trong hai hạt bia và $p_2 \neq p_1$. Chúng ta giả thiết cả ba hạt đều chuyển động trên cùng một mặt phẳng, trước và sau tán xạ.



Hình 2

- (i) Nếu độ dài cực đại của lò xo sau tán xạ là d_m , hãy tìm một phương trình liên hệ giữa tỉ số $x = (d_m - d_0)/d_0$ và các đại lượng $Q, \theta, d_0, m, k, M, p_1$ và p_2 .

[0.7 điểm]

- (ii) Đặt $\alpha \equiv \sin^2 \theta$. Khi góc nghiêng θ của bia được phép thay đổi, thì tiết diện tán xạ σ cho ta diện tích hiệu dụng của bia, trong mặt phẳng vuông góc với hạt tới, mà trong đó một số hậu quả được phép xảy ra do tác dụng của tán xạ. Ta biết rằng với tất cả các hậu quả dẫn tới cùng một giá trị của p_2 , thì giá trị của α nằm trong khoảng $(\alpha_{\min}, \alpha_{\max})$ và chúng ta có thể chọn đơn vị của tiết diện sao cho σ chỉ đơn giản bằng giá trị bằng số của khoảng $(\alpha_{\max} - \alpha_{\min})$. Lưu ý rằng $\alpha_{\min}, \alpha_{\max}$, và cả σ phụ thuộc vào p_2 . Gọi p_c là giá trị ngưỡng của p_2 ở đó σ bắt đầu trở nên không phụ thuộc vào p_2 .

Trong điều kiện k lớn, hãy ước tính p_c . Viết đáp án của em theo m, M , và p_1 .

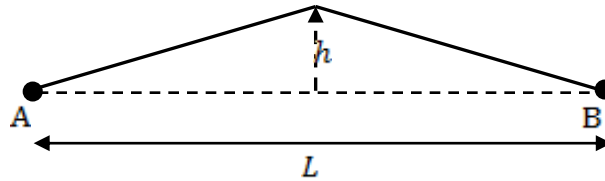
[1.1 điểm]

Giả thiết $M=3m$ và trong giới hạn k lớn, hãy vẽ đồ thị của σ theo p_2 với một giá trị p_1 cho trước. Trên đồ thị, xác định khoảng biến thiên của σ và p_2 .

[1.1 điểm]

Phần B. Sóng trên một sợi dây

Xét một sợi dây đàn hồi được căng giữa hai đầu A và B cố định, như thấy trên Hình 3. Mật độ khối lượng dài của sợi dây là μ . Tốc độ lan truyền sóng ngang trong sợi dây là c . Gọi độ dài $\overline{AB}$ là L . Sợi dây được kéo ngang và giữ cho có dạng một tam giác với độ cao cực đại $h \ll L$ ở điểm giữa của dây. Tại thời điểm $t = 0$, dây được thả ra từ trạng thái đứng yên. Bỏ qua mọi tác dụng của trọng trường.



Hình 3

(c) Hãy tìm chu kì dao động T của sợi dây. [0.5 điểm]

Vẽ hình dạng của sợi dây ở $t = T/8$. Trên hình vẽ, hãy xác định các độ dài và các góc dùng để xác định hình dạng của sợi dây. [1.7 điểm]

(d) Hãy tìm cơ năng toàn phần của sợi dây dao động theo μ, c, h , và L . [0.8 điểm]

Phần C. Vũ trụ đang nở ra

Photon trong vũ trụ đóng một vai trò quan trọng trong việc cung cấp thông tin về vũ trụ. Tuy nhiên, khi khai thác thông tin từ các photon đó, cần phải kể đến sự kiện là vũ trụ đang nở ra. Với mục đích này, ta thường biểu thị độ dài và khoảng cách bằng cách dùng một tham số tỉ xích phổ biến $a(t)$ phụ thuộc thời gian t . Như vậy, khoảng cách $L(t)$ giữa hai ngôi sao đứng yên trong các hệ quy chiếu cục bộ của chúng thì tỉ lệ với $a(t)$:

$$L(t) = ka(t), \quad (1)$$

trong đó, k là một hằng số và $a(t)$ kể đến sự nở ra của vũ trụ. Ta dùng dấu chấm bên trên một kí hiệu để chỉ đạo hàm theo thời gian của nó, tức là, $\dot{a}(t) = da(t)/dt$, và đặt $v(t) \equiv \dot{L}(t)$. Lấy đạo hàm theo thời gian của cả hai vế phương trình (1), ta thu được định luật Hubble:

$$v(t) = H(t)L(t), \quad (2)$$

trong đó $H(t) = \dot{a}(t)/a(t)$ là *tham số Hubble* ở thời điểm t . Ở thời điểm hiện tại t_0 , ta có

$$H(t_0) = 72 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1},$$

trong đó $1 \text{ Mpc} = 3.0857 \times 10^{19} \text{ km} = 3.2616 \times 10^6 \text{ light-year}$.

Giả thiết rằng vũ trụ rộng vô hạn và đang nở ra sao cho

$$a(t) \propto \exp(bt),$$

trong đó b là một hằng số. Trong một vũ trụ như vậy, tham số Hubble là một hằng số bằng $H(t_0)$. Ngoài ra, có thể chứng tỏ rằng bước sóng λ của các photon bay trong vũ trụ bị kéo dài ra tỉ lệ với sự nở ra của vũ trụ, tức là

$$\lambda(t) \propto a(t).$$

Bây giờ, giả sử các photon tạo thành một vạch phát xạ Lyman-alpha đã được phát ra ở thời điểm t_e bởi một ngôi sao lúc đó đang đứng yên trong hệ quy chiếu cục bộ của nó, và chúng ta là những quan sát viên, đang đứng yên trong hệ quy chiếu cục bộ của chúng ta. Khi các photon này được phát ra, bước sóng của chúng là $\lambda(t_e) = 121.5 \text{ nm}$. Tuy nhiên, khi chúng đến chỗ chúng ta vào lúc này, ở thời điểm t_0 , bước sóng của chúng bị dịch về phía đỏ đến giá trị 145.8 nm .

(e) Trong khi các photon bay, vũ trụ không ngừng nở ra sao cho ngôi sao không ngừng lùi ra xa chúng ta. Biết rằng tốc độ ánh sáng trong chân không là c không bao giờ thay đổi, khoảng cách $L(t_e)$ từ ngôi sao đến chúng ta *đã* là bao nhiêu, khi các photon đó được phát ra ở thời điểm t_e ? Hãy biểu thị đáp án theo đơn vị

Mpc.

[2.2 điểm]

- (f) Vận tốc lùi ra xa $v(t_0)$ của ngôi sao đối với chúng ta *bây giờ*, ở thời điểm t_0 là bao nhiêu? Hãy biểu thị đáp án theo đơn vị vận tốc ánh sáng trong chân không c .

[0.8 điểm]

Phụ lục

Có thể dùng công thức dưới đây khi cần:

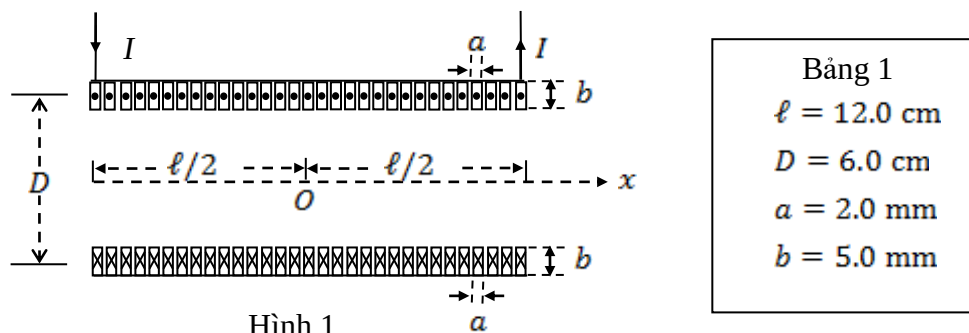
$$\int_a^b e^{\beta x} dx = \frac{1}{\beta} (e^{\beta b} - e^{\beta a}).$$

Bài toán lí thuyết số 2

Nam châm điện mạnh có điện trở

Nam châm điện có điện trở là những nam châm được làm bằng những cuộn dây kim loại thông thường, như đồng hoặc nhôm. Những nam châm điện có điện trở (sau này ta gọi gọn là nam châm điện) hiện đại có thể cung cấp từ trường không đổi lớn đến hơn 30 tesla. Các cuộn dây của chúng thông thường được tạo ra bằng cách ghép hàng trăm đĩa mỏng hình tròn bằng đồng, có khoét nhiều lỗ để làm lạnh, và các tấm cách điện có cùng hình dạng, đặt xen kẽ. Khi một điện áp được đặt vào hai đầu cuộn dây, dòng điện chạy qua các đĩa theo đường xoắn ốc để tạo ra từ trường mạnh ở tâm của nam châm.

Trong bài này chúng ta có mục đích khảo sát cuộn dây hình trụ (còn gọi là xolenoit) gồm nhiều vòng có thể được dùng như một nam châm để phát ra từ trường mạnh như thế nào. Như thấy trong Hình 1, tâm của nam châm là ở O . Cuộn dây hình trụ của nó gồm N vòng dây đồng có dòng điện I , phân bố đồng đều trên tiết diện ngang của dây, chạy qua. Đường kính trung bình của cuộn dây là D và chiều dài của nó dọc theo trục x là ℓ . Tiết diện ngang của sợi dây là hình chữ nhật có chiều rộng là a và chiều cao là b . Các vòng của cuộn dây được quấn sát nhau sao cho mặt phẳng của mỗi vòng có thể xem như vuông góc với trục x , và $\ell = Na$. Trong bảng 1, các số liệu về kích thước của cuộn dây đã được liệt kê ra.



Trong việc đánh giá xem liệu một nam châm như vậy có thể tạo ra từ trường cao hay không, có hai thông số giới hạn không thể được bỏ qua. Thứ nhất là độ bền cơ học của cuộn dây để chịu được lực Lorentz lớn khi có dòng điện đi qua cuộn dây tạo ra từ trường. Thứ hai là nhiệt lượng Joule rất lớn toả ra trên sợi dây không được gây

ra tăng nhiệt độ quá mức. Chúng ta sẽ khảo sát hai thông số này bằng cách dùng những mô hình đơn giản hóa.

Phần phụ lục ở cuối của bài liệt kê một số công thức toán và tư liệu vật lí mà em có thể sử dụng khi cần.

Phần A. Từ Trường trên trục của cuộn dây

Giả thiết rằng $b \ll D$ và các sợi dây là các dải mỏng có độ rộng a . Gọi O là gốc của trục x . Hướng của dòng điện chạy qua dây như thấy trong Hình 1.

- (a) Hãy xác định thành phần theo trục x của từ trường $B(x)$ trên trục của cuộn dây theo x khi dòng điện không đổi I chạy qua cuộn.

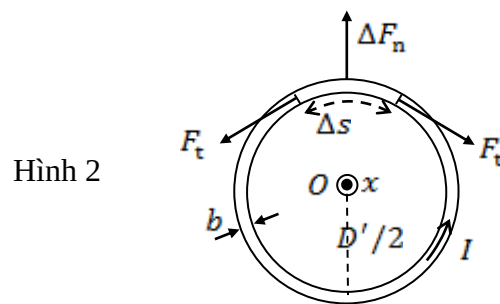
[1.0 điểm]

- (b) Hãy xác định dòng điện không đổi I_0 qua cuộn dây nếu $B(0)$ bằng 10.0 T. Sử dụng các dữ liệu được cho trong bảng 1 để tính toán trong phần này.

[0.4 point]

Phần B. Giới hạn trên của dòng điện

Trong phần B, chúng ta giả sử độ dài ℓ của cuộn dây là vô hạn và $b \ll D$. Xét một vòng của cuộn dây ở vị trí $x = 0$. Từ trường tác dụng lực Lorentz lên dòng điện chạy qua các vòng dây. Vậy, như thấy trên Hình 2, đoạn dây độ dài Δs chịu lực pháp tuyến ΔF_n có xu hướng làm cho vòng dây giãn rộng ra.



- (c) Giả sử rằng, khi dòng điện là I , đường kính trung bình của cuộn dây đã giãn ra được giữ ở giá trị không đổi D' lớn hơn D , như thấy trên Hình 2.

Hãy xác định lực pháp tuyến hướng ra phía ngoài trên mỗi đơn vị độ dài $\Delta F_n / \Delta s$.

[1.2 điểm]

Hãy xác định lực căng F_t tác dụng dọc theo dây.

[0.6 điểm]

- (d) Bỏ qua sự tăng tốc của cuộn dây trong quá trình dẫn rộng ra. Giả thiết vòng dây sẽ bị đứt khi *độ dẫn tỉ đối* (tức là, độ dẫn trên mỗi đơn vị chiều dài) là 60 % và *ứng suất căng* (tức là, lực căng trên mỗi đơn vị diện tích tiết diện ngang của sợi dây không chưa bị căng) là $\sigma_b = 455 \text{ MPa}$. Gọi I_b là dòng điện mà tại giá trị này, vòng dây sẽ bị đứt và B_b là từ trường tương ứng tại tâm O .

Hãy xác định biểu thức cho I_b và tính giá trị của nó.

[0.8

điểm]

Hãy xác định biểu thức cho B_b rồi tính giá trị của nó.

[0.4 điểm]

Phần C. Tốc độ tăng nhiệt độ

Khi dòng điện I là 10.0 kA và nhiệt độ T của cuộn dây là 293 K , ta giả thiết rằng điện trở, nhiệt dung riêng ở áp suất không đổi, và khối lượng riêng của dây tương ứng là $\rho_e = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, $c_p = 3.85 \times 10^2 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ và $\rho_m = 8.98 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

- (e) Tìm biểu thức cho *mật độ công suất* (nghĩa là công suất trên một đơn vị thể tích) của nhiệt lượng toả ra trong cuộn dây, rồi tính giá trị của nó. Sử dụng số liệu cho trong Bảng 1.

[0.5 điểm]

- (f) Gọi $\dot{T}$ là tốc độ thay đổi nhiệt độ của cuộn dây theo thời gian. Hãy tìm biểu thức cho $\dot{T}$ và tính giá trị của nó.

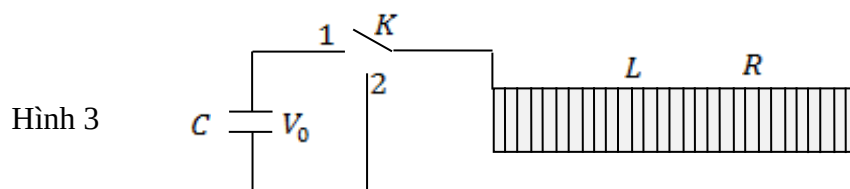
[0.5 điểm]

Phần D. Nam châm từ trường xung

Nếu dòng điện lớn cần thiết để cho từ trường mạnh chỉ tồn tại trong một thời gian ngắn, thì sự tăng nhiệt độ gây bởi sự toả nhiệt lượng Jun-Lenxơ có thể giảm đi đáng kể. Ý tưởng này được áp dụng cho nam châm tạo *từ trường xung*.

Trong Hình 3, một bộ tụ điện có điện dung C , ban đầu được nạp điện đến hiệu điện thế V_0 , được dùng để tạo ra dòng điện I chạy qua cuộn dây. Mạch điện có

một khóa chuyển mạch K . Độ tự cảm L và điện trở R của mạch được giả thiết là *hoàn toàn* thuộc về cuộn dây. Cấu tạo và kích thước của cuộn dây giống như đã cho ở Hình 1 và Bảng 1. Giả thiết R , L , và C không phụ thuộc vào nhiệt độ, và từ trường là giống như từ trường của một xolenoit dài vô hạn với $\ell \rightarrow \infty$.



(g) Tìm các biểu thức cho độ tự cảm L và điện trở R . [0.6 điểm]

Hãy tính các giá trị của L và R . Sử dụng các số liệu được cho trong Bảng 1. [0.4 điểm]

(h) Tại thời điểm $t = 0$, khóa K chuyển sang vị trí 1 và dòng điện bắt đầu chạy. Ở $t \geq 0$, điện lượng $Q(t)$ trên bản dương của tụ điện và cường độ dòng điện $I(t)$ đi vào bản dương được cho ra bởi

$$Q(t) = \frac{CV_0}{\sin \theta_0} e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \theta_0), \quad (1)$$

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = \left(\frac{-\alpha}{\cos \theta_0} \right) \frac{CV_0}{\sin \theta_0} e^{-\alpha t} \sin \omega t, \quad (2)$$

trong đó α và ω là các hằng số dương và θ_0 được cho bởi

$$\tan \theta_0 = \frac{\omega}{\alpha}, \quad 0 < \theta_0 < \frac{\pi}{2}. \quad (3)$$

Chú ý rằng, nếu $Q(t)$ được biểu thị như một hàm số của biến số mới $t' \equiv (t + \theta_0/\omega)$, thì $Q(t')$ và đạo hàm theo thời gian của nó $I(t)$ là giống hệt nhau về dạng, chỉ khác ở một thừa số không đổi. Đạo hàm theo thời gian của $I(t)$, vì vậy có thể thu được một cách tương tự mà không cần lấy đạo.

Hãy xác định α và ω theo R , L và C . [0.8 điểm]

Hãy tính các giá trị của α và ω khi C bằng 10.0 mF. [0.4 điểm]

- (i) Cho I_m là giá trị cực đại của $|I(t)|$ khi $t > 0$. Hãy xác định biểu thức của I_m .
[0.6 điểm]

Nếu $C = 10.0 \text{ mF}$, hãy tính giá trị cực đại V_{ob} của điện áp ban đầu V_0 của bộ tụ điện để cho I_m không vượt quá giá trị I_b tìm được trong câu (d)?
[0.4 điểm]

- (j) Giả sử khóa K được chuyển tức thời từ vị trí 1 tới vị trí 2 khi giá trị tuyệt đối của dòng điện $|I(t)|$ đạt tới I_m . Gọi ΔE là tổng nhiệt lượng tiêu tán trong cuộn dây từ thời điểm $t = 0$ đến ∞ , và ΔT độ tăng nhiệt độ tương ứng của cuộn dây. Giả sử rằng điện áp ban đầu V_0 lấy giá trị cực đại V_{ob} nhận được trong Câu (i) và năng lượng điện từ mất đi chỉ dưới dạng nhiệt lượng tiêu tán trong cuộn dây.

Hãy tìm biểu thức cho ΔE rồi tính giá trị của nó.
[1.0 điểm]

Hãy tìm biểu thức cho ΔT rồi tính giá trị của nó. Chú ý rằng giá trị của ΔT phải phù hợp với giả thiết rằng R và L không đổi.
[0.4 điểm]

Phụ lục

$$1. \int_0^L \frac{dx}{(D^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{1}{D^2} \left\{ \frac{L}{(D^2 + L^2)^{1/2}} \right\}$$

$$2. \sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$3. \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

Bài toán lí thuyết số 3

Bọt electron và bọt khí trong chất lỏng

Bài này xét các tính chất vật lí của bọt-trong-chất lỏng. Nó gồm hai phần:

Phần A. Một bọt electron trong hêli lỏng

Phần B. Một bọt khí riêng lẻ trong chất lỏng

Phần A. Bọt electron trong hêli lỏng

Khi một electron được thả vào trong hêli lỏng, nó có thể đẩy các nguyên tử của hêli lỏng và tạo thành cái gọi là **bọt electron**. Bọt này không chứa gì bên trong nó, ngoài bản thân electron. Ta sẽ quan tâm chủ yếu đến kích thước và độ ổn định của nó.

Ta dùng Δf để chỉ độ bất định của đại lượng f . Các thành phần của vector vị trí $\vec{q} = (x, y, z)$ và vector xung lượng $\vec{p} = (p_x, p_y, p_z)$ của electron phải tuân theo hệ thức bất định của Heisenberg $\Delta q_\alpha \Delta p_\alpha \geq \hbar/2$, trong đó $\hbar$ là hằng số Planck chia cho 2π và $\alpha = x, y, z$.

Ta sẽ giả thiết bọt electron là đẳng hướng và mặt tiếp giáp của nó với hêli lỏng là một mặt cầu sắc nét. Chất lỏng được giữ ở nhiệt độ không đổi, rất gần với 0 K với suất căng bề mặt σ bằng $3.75 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ và tương tác tĩnh điện của nó với bọt electron có thể bỏ qua.

Xét một bọt electron trong hêli lỏng với bán kính cân bằng R . Electron, với khối lượng m , chuyển động tự do bên trong bọt với động năng E_k và tác dụng áp suất P_e lên phía trong của mặt tiếp giáp bọt-chất lỏng. Áp suất tác dụng bởi hêli lỏng lên phía ngoài của mặt tiếp giáp là P_{He} .

(a) Hãy tìm hệ thức giữa P_{He} , P_e , và σ . [0.4 điểm]

Hãy tìm hệ thức giữa E_k và P_e . [1.0 điểm]

(b) Kí hiệu E_0 là giá trị khả dĩ nhỏ nhất của E_k phù hợp với hệ thức bất định

Heisenberg khi electron nằm trong bọt có bán kính R . Hãy ước tính E_0 theo R .

[0.8 điểm]

(c) Gọi R_e là bán kính cân bằng của bọt khi $E_k = E_0$ và $P_{He} = 0$.

Hãy tìm biểu thức cho R_e và tính giá trị của nó. [0.6 điểm]

(d) Hãy tìm một điều kiện mà R và P_{He} phải thỏa mãn nếu muốn sự cân bằng ở bán kính R là ổn định cục bộ, dưới tác dụng của áp suất không đổi P_{He} . Lưu ý rằng P_{He} có thể là âm.

[0.6 điểm]

(e) Có một áp suất ngưỡng P_{th} sao cho sự cân bằng là không thể có được đối với bọt electron khi P_{He} nhỏ hơn P_{th} . hãy tìm biểu thức cho P_{th} . [0.6 điểm]

Phần B. Bọt khí đơn lẻ trong chất lỏng — Sự co lại và sự bức xạ

Trong phần này của bài toán, ta xét một chất lỏng thường, như nước, chẳng hạn.

Khi một bọt khí trong chất lỏng bị tác dụng của một áp suất dao động, có thể có những đáp ứng kì lạ. Chẳng hạn, ngay sau một sự nở mạnh, nó có thể co lại nhanh chóng đến một bán kính nhỏ, và ở gần cuối giai đoạn suy sụp, nó lập tức phát ra ánh sáng. Trong hiện tượng này, gọi là hiện tượng **âm-phát quang của bọt đơn lẻ**, bọt khí thực hiện các chuyển động tuần hoàn; chuyển động này thường gồm ba giai đoạn: nở ra, co lại và nhiều lần bập bùng. Trong phần sau đây, chúng ta xét chủ yếu giai đoạn co lại.

Ta giả thiết rằng, ở mọi thời điểm, bọt được coi như hình cầu, và tâm của nó đứng yên trong chất lỏng (xem Hình 1). Áp suất, nhiệt độ, và mật độ luôn luôn là đồng nhất bên trong bọt trong khi kích thước của bọt giảm đi. Chất lỏng chứa bọt được giả thiết là đẳng hướng, không nhớt, không nén được, và có kích thước lớn hơn bọt rất nhiều. Mọi tác dụng của trọng trường và lực căng bề mặt được bỏ qua, sao cho áp suất ở hai phía của mặt tiếp giáp bọt-chất lỏng luôn **bằng nhau**.

● Chuyển động theo phương bán kính của mặt tiếp giáp bọt-chất lỏng

Trong khi bán kính của bọt $R = R(t)$ thay đổi theo thời gian t , mặt tiếp giáp bọt-chất lỏng sẽ chuyển động với vận tốc hướng kính (theo phương bán kính) $\dot{R} \equiv dR/dt$. Từ phương trình liên tục của các chất lỏng không nén được, ta biết

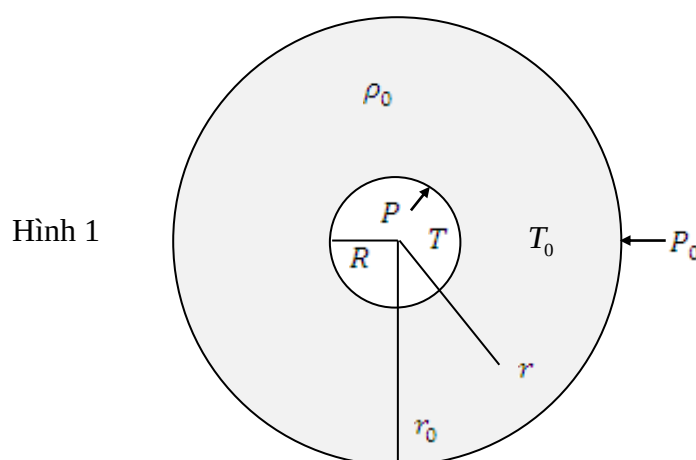
rắn vận tốc hướng kính của của chất lỏng là $\dot{r} \equiv dr/dt$ ở điểm cách tâm một khoảng r thì liên hệ với tốc độ biến thiên của thể tích V của bọt theo

$$\frac{dV}{dt} = 4\pi R^2 \dot{R} = 4\pi r^2 \dot{r}. \quad (1)$$

Điều này gợi ý rằng động năng toàn phần E_k của chất lỏng, với khối lượng riêng ρ_0 là

$$E_k = \frac{1}{2} \int_R^{r_0} \rho_0 (4\pi r^2 dr) \dot{r}^2 = 2\pi \rho_0 R^4 \dot{R}^2 \int_R^{r_0} \frac{1}{r^2} dr = 2\pi \rho_0 R^4 \dot{R}^2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r_0} \right) \quad (2)$$

trong đó r_0 là bán kính của mặt ngoài của chất lỏng.



(f) Giả thiết rằng áp suất bên ngoài P_0 tác dụng lên mặt ngoài $r = r_0$ của chất lỏng là không đổi of the liquid is constant. Gọi $P = P(R)$ là áp suất khí khi bán kính của bọt là R .

Hãy tìm công dW thực hiện lên chất lỏng khi bán kính của bọt thay đổi từ R đến $R + dR$. Dùng P_0 và P để biểu thị dW .

[0.4 điểm]

Công dW phải bằng sự thay đổi tương ứng của động năng toàn phần của chất lỏng. Trong giới hạn $r_0 \rightarrow \infty$, ta suy ra phương trình Bernoulli dới dạng

$$\frac{1}{2} \rho_0 d(R^m \dot{R}^2) = (P - P_0) R^n dR. \quad (3)$$

Hãy tìm các số mũ m và n trong phương trình (3). Hãy sử dụng cách lí luận về thứ nguyên nếu cần.

[0.4 điểm]

● Sự co lại của bọt khí

Từ đây trở đi, ta chỉ xét giai đoạn co lại của bọt. Khối lượng riêng của chất lỏng là $\rho_0 = 1.0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, nhiệt độ T_0 của chất lỏng là 300 K và áp suất khí quyển là P_0 is $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$. Ta giả thiết là ρ_0 , T_0 , và P_0 giữ không đổi ở mọi thời điểm và bọt co lại một cách **đoạn nhiệt** mà không có sự trao đổi khối lượng qua mặt tiếp giáp bọt-chất lỏng.

Bọt đang xét được chứa đầy khí lí tưởng. Tỉ số giữa nhiệt dung riêng ở áp suất không đổi và nhiệt dung riêng ở thể tích không đổi là $\gamma = 5/3$. Khi ở nhiệt độ T_0 và áp suất P_0 , bán kính cân bằng của bọt là $R_0 = 5.00 \text{ } \mu\text{m}$.

Bây giờ, bọt khí này bắt đầu giai đoạn co lại của nó ở thời điểm $t = 0$ với $R(0) = R_i = 7R_0$, $\dot{R}(0) = 0$, và nhiệt độ của khí là $T_i = T_0$. Lưu ý rằng, do có sự nở ra của bọt ở giai đoạn trước, R_i lớn hơn R_0 một cách đáng kể, và điều này là cần thiết để hiện tượng âm-phát quang xảy ra.

(g) Hãy biểu thị áp suất $P \equiv P(R)$ và nhiệt độ $T \equiv T(R)$ của khí lí tưởng trong bọt theo R trong giai đoạn co lại, giả thiết rằng các điều kiện chuẩn cân bằng được thoả mãn.

[0.6 điểm]

(h) Gọi $\beta \equiv R/R_i$ và $\dot{\beta} = d\beta/dt$. Phương trình (3) gợi ý một định luật bảo toàn có dạng sau

$$\frac{1}{2} \rho_0 \dot{\beta}^2 + U(\beta) = 0. \quad (4)$$

Gọi $P_i \equiv P(R_i)$ là áp suất khí của bột khi $R = R_i$. Nếu ta đưa vào tỉ số $Q \equiv P_i/[(\gamma - 1)P_0]$, thì hàm $U(\beta)$ có thể được biểu diễn dưới dạng

$$U(\beta) = \mu \beta^{-5} [Q(1 - \beta^2) - \beta^2(1 - \beta^3)]. \quad (5)$$

Hãy tìm hệ số μ theo R_i và P_0 . [0.6 điểm]

(i) Gọi R_m là bán kính nhỏ nhất của bột trong giai đoạn co lại, và định nghĩa $\beta_m \equiv R_m/R_i$. Với $Q \ll 1$, ta có $\beta_m \approx C_m \sqrt{Q}$.

Hãy tìm hằng số C_m . [0.4 điểm]

Tính giá trị của R_m cho $R_i = 7R_0$. [0.3 điểm]

Tính giá trị của nhiệt độ T_m của khí ở $\beta = \beta_m$. [0.3 điểm]

(j) Giả thiết $R_i = 7R_0$. Gọi β_u là giá trị của β ở đó tốc độ hướng kính không thứ nguyên $u \equiv |\dot{\beta}|$ đạt giá trị cực đại. Nhiệt độ của khí tăng lên rất nhanh với các giá trị của β gần β_u .

Hãy tìm biểu thức và sau đó ước tính giá trị của β_u . [0.6 điểm]

Gọi $\bar{u}$ là giá trị của u ở $\beta = \bar{\beta} \equiv (\beta_m + \beta_u)/2$. Hãy tính giá trị của $\bar{u}$. [0.4 điểm]

Hãy viết biểu thức rồi ước tính giá trị của khoảng thời gian Δt_m cần thiết để cho β giảm từ β_u đến giá trị nhỏ nhất β_m . [0.6 điểm]

● Hiện tượng âm-phát quang của bột đang co lại

Coi bột như một vật đen bức xạ trên bề mặt với độ phát xạ α không đổi sao cho hằng số Stefan-Boltzmann hiệu dụng $\sigma_{\text{eff}} = \alpha \sigma_{\text{SB}}$. Nếu giai đoạn co lại được coi gần đúng như đoạn nhiệt, thì độ phát xạ phải đủ nhỏ để cho công suất phát xạ bởi bột ở $\beta = \bar{\beta}$ chỉ là một phần nhỏ, chẳng hạn 20 %, của công suất $\dot{E}$ cấp cho nó bởi áp suất của chất lỏng.

(k) Hãy tìm công suất $\dot{E}$ cấp cho bột, tính theo β . [0.6 điểm]

Hãy tìm biểu thức rồi ước tính giá trị của giới hạn trên của α . [0.8 điểm]

Phụ lục

1. $\frac{d}{dx} x^n = nx^{n-1}$

2. Khối lượng electron $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

3. Hằng số Planck $\hbar = 2\pi \hbar = 2\pi \times 1.055 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

4. Hằng số Stefan-Boltzmann $\sigma_{\text{SB}} = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$

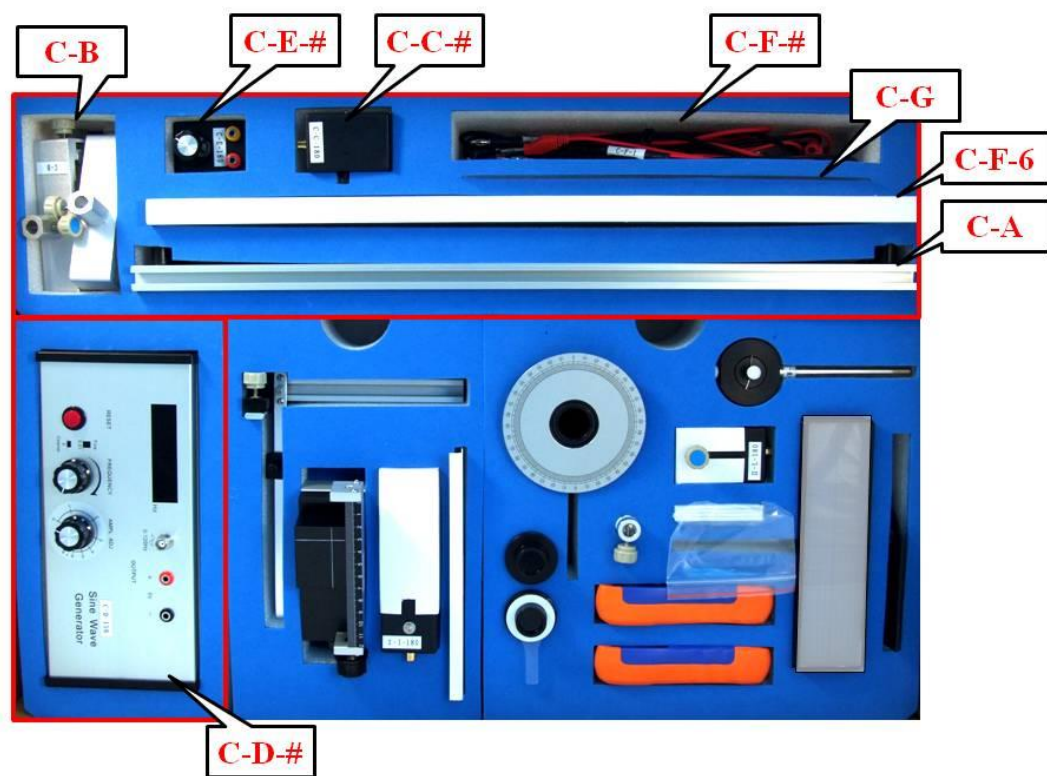
Phần thi thí nghiệm

Các bộ thí nghiệm

Bộ thí nghiệm-C cho các thiết bị thông thường:

Nhãn hiệu	Các mục	Số lượng
C-A	Ray quang học (60 cm)	1
C-B	Kẹp quang học (Optical clamps)	4
C-C-#	Diode laser chuẩn trực (CLD)	1
C-D-#	Máy phát sóng sin (dạng tín hiệu hình sin, có lối ra 5V một chiều)	1
C-E-#	Biến trở (5 k Ω)	1
C-F-#	Các dây dẫn	4
C-F-6	Giá đỡ	1
C-G	Thước đo	1

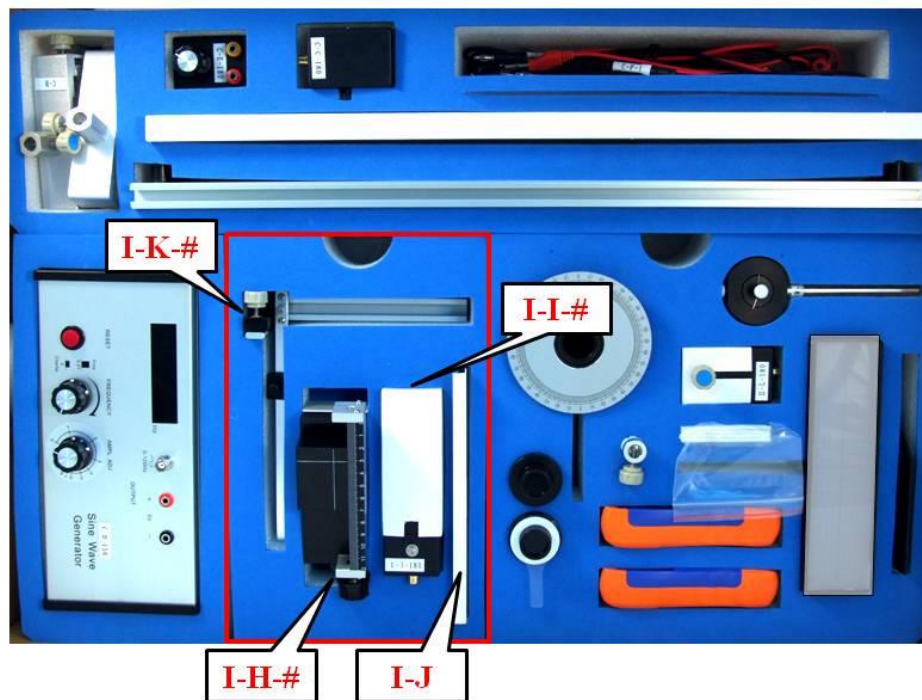
Chú ý: “#” là con số phân loại đối với từng linh kiện. Con số này dành cho người chấm thi.



Bộ -I cho thí nghiệm số -I

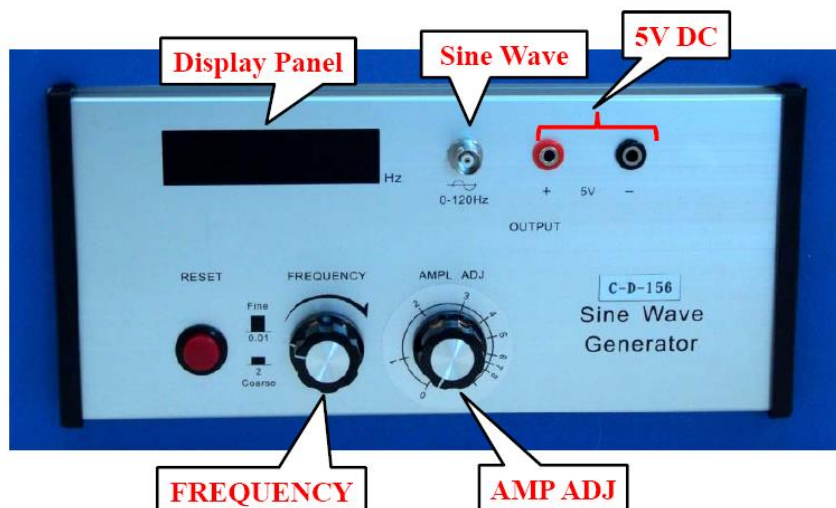
Nhãn	Các mục	Số lượng
I-H-#	Hộp đen trên một giá tịnh tiến 1 chiều	1
I-I-#	Lá rung bằng đồng thau được gắn vào hộp điều khiển*	1
I-J	Màn ảnh để đo biên độ	1
I-K-#	Thanh trượt dựng thẳng đứng (có thước và nam châm)	1

*Lá rung bằng đồng thau có một đầu được gắn cố định bên trong hộp. Lá rung được điều khiển bằng một linh kiện áp điện nuôi bằng nguồn xoay chiều.



© Giới thiệu đối với Máy Phát Sóng Hình Sin:

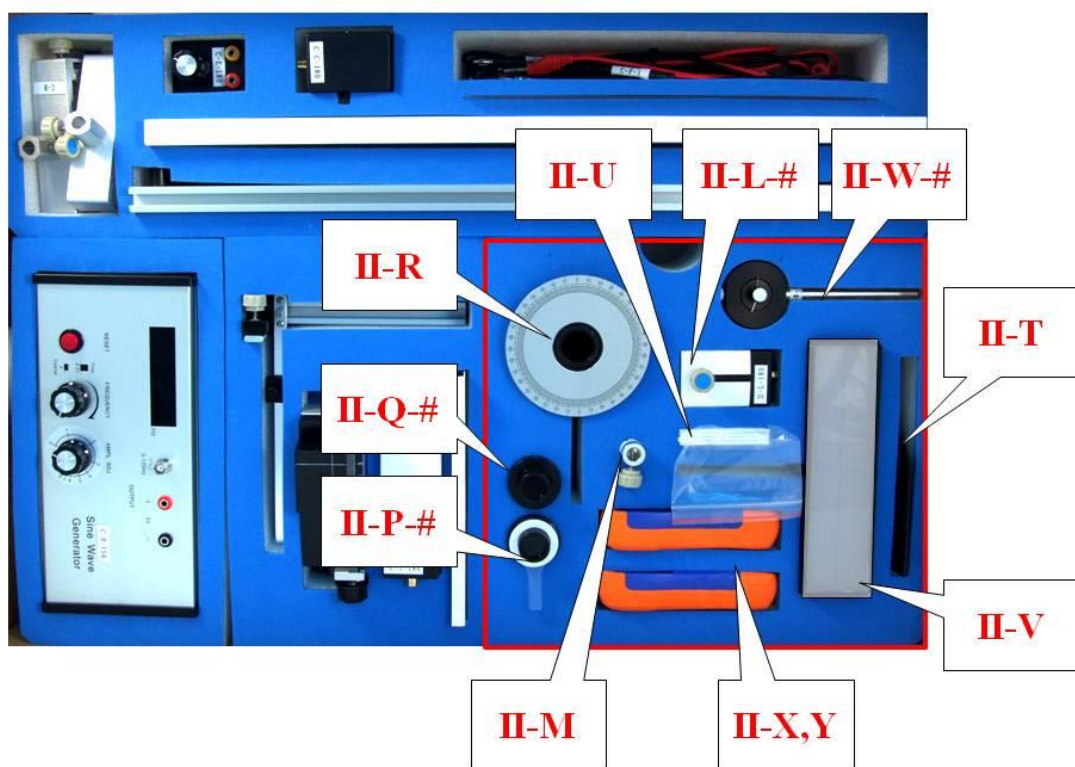
- Công tắc nguồn, không nhìn thấy trong hình vẽ, ở bên phải của thiết bị.
- Bảng hiển thị “Display Panel” cho thấy tần số sóng hình sin lối ra.
- Sử dụng bộ ghép nối sóng sin (“Sine Wave” BNC) để cung cấp điện áp dạng sin.
- Sử dụng bộ ghép nối một chiều “5V DC” để cung cấp điện áp không đổi 5V.
- Tần số tín hiệu sóng hình sin có thể được thay đổi bằng nút “FREQUENCY”, điều chỉnh nhanh thì dùng nút chỉnh thô (Coarse), điều chỉnh chậm thì dùng nút điều chỉnh mịn (Fine). Không dùng nút ấn có ghi "Fine , Coarse" bên cạnh nút xoay “FREQUENCY”.
- Biên độ của điện áp hình sin có thể được điều chỉnh bởi nút “AMPL ADJ”.
- Ấn nút “RESET” có thể đặt lại tần số về 0.00 Hz.



Bộ thí nghiệm-II dành cho thí nghiệm-II

Nhãn hiệu	Các mục	Số lượng
II-L-#	Uncollimated laser diode (ULD)	1
II-M	Giá đỡ cho ULD	1
II-P-#	Bản phân cực có chỉ thị (PR2)	1
II-Q-#	Bản phân cực (PR1)	1
II-R	Giá đỡ dùng cho PR1 và PR2	1
II-T	Giá đỡ cho tấm lọc ánh sáng	1
II-U	Các tấm lọc ánh sáng	4
II-V	Beam viewing box (screen) Hộp quan sát chùm tia (Màn)	1
II-W-#	Quang điện trở (PC)	1
II-X	Đồng hồ đa năng hiện số	1
II-Y	Đồng hồ đa năng hiện số	1

Các mục II-L-#; II-M và II-V không sử dụng.



© Giới thiệu về đồng hồ vạn năng hiện số:

- Em có thể bật hoặc tắt đồng hồ vạn năng hiện số bằng cách ấn nút nguồn (power button).
- Sử dụng các lỗ cắm “V Ω ” và “COM” để đo điện áp và điện trở
- Sử dụng các lỗ cắm “mA” và “COM” để đo dòng điện nhỏ
- Sử dụng phím chức năng (Function Dial) để lựa chọn chức năng đo và dải đo thích hợp. “V” là để đo điện áp, “A” là để đo cường độ dòng điện và “ Ω ” là để đo điện trở.
- Không ấn nút “HOLD” vì nếu ấn thì đồng hồ sẽ hiển thị số đang đọc và dừng chức năng đo. Em có thể thoát khỏi nó bằng cách ấn lại nút này.



Thí nghiệm I.

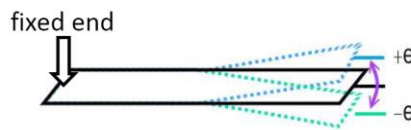
Đầu dò lực từ

© Giới thiệu

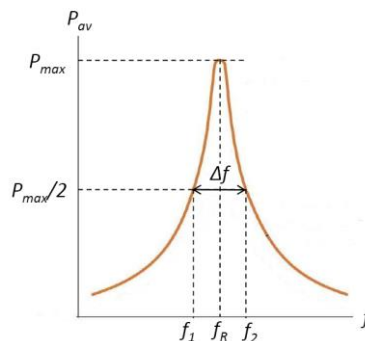
Như thấy trong Hình I-1, đầu tự do của lá rung có thể dao động theo phương thẳng đứng khi nó bị điều khiển bởi lực dao động bên ngoài, và tần số của nó được xác định bởi bộ điều khiển ngoài. Nếu chúng ta vẽ đồ thị phụ thuộc tần số của công suất tiêu hao ở lá đồng rung khi có lực cản, thì chúng ta có thể xác định được công suất tiêu hao cực đại ở một tần số nào đó, gọi là **tần số cộng hưởng** f_R , như minh họa trong Hình I-2. Độ nhọn của cộng hưởng được mô tả bởi **hệ số phẩm chất** Q :

$$Q = \frac{f_R}{\Delta f}$$

Với Δf là độ rộng ở nửa chiều cao cực đại của đường cong $P_{av}-f$, như thấy trong Hình I-2, nghĩa là $\Delta f = f_2 - f_1$ với f_1 và f_2 tương ứng với giá trị $P_{max}/2$ về phía tần số thấp hơn và tần số cao hơn của tần số cộng hưởng.



Hình I-1. Lá đồng rung. (fixed end: đầu cố định)

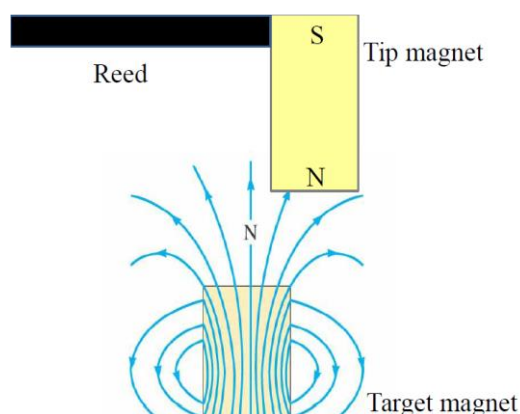


Hình I-2. Đồ thị công suất tiêu hao phụ thuộc vào tần số điều khiển.

Ngoài lực điều khiển dao động, nếu đầu tự do của lá rung chịu tác dụng của lực đồng nhất, thì tần số cộng hưởng, biên độ và hệ số phẩm chất vẫn được giữ nguyên.

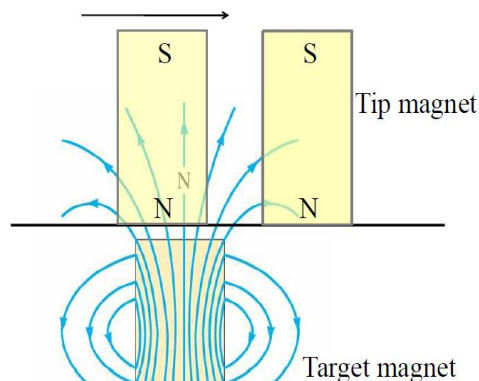
Tuy nhiên, dưới tác dụng của một lực không đồng nhất, thì nhiều tính chất của lá rung chẳng hạn như tần số cộng hưởng f_R , biên độ cực đại A , và hệ số phẩm chất Q , có thể biến đổi so với khi nó là tự do.

Trong thí nghiệm này, một nam châm nhỏ được gắn chặt vào đầu tự do của lá rung được dùng như một đầu dò (Hình I-3), còn một nam châm bia đặt ở phía dưới nam châm đầu dò, tạo ra từ trường không đều và tác dụng một lực không đồng nhất lên nam châm đầu dò. Khi nam châm đầu dò tiến đến gần nam châm bia ở phía dưới với các cực từ cùng tên đối diện nhau, thì lực đẩy trở nên mạnh hơn. Khi đó, tần số cộng hưởng f_R của lá rung biến đổi theo khoảng cách giữa nam châm đầu dò và nam châm bia. Tần số cộng hưởng tăng lên khi giảm khoảng cách giữa hai nam châm đẩy nhau. Tuy nhiên, khi di chuyển nam châm đầu dò ra xa nam châm bia theo phương ngang, như vẽ trên Hình I-4, thì ở một khoảng cách nào đó nó có thể bị hút. Tần số cộng hưởng dịch về phía tần số thấp khi lực không đồng nhất là lực hút. Ta sẽ sử dụng tính chất tần số cộng hưởng của lá rung phụ thuộc rất nhạy vào khoảng cách giữa nam châm đầu dò và nam châm bia để xác định vị trí của nam châm bị giấu trong hộp đen.



Hình I-3. Gần cực của nam châm bia (target magnet), từ trường là không đồng nhất.

Ghi chú: Tip magnet là nam châm đầu dò; Reed là lá rung.



Hình I-4. Di chuyển nam châm đầu dò theo phương ngang có thể tạo ra lực hút hoặc lực đẩy lên nam châm đầu dò.

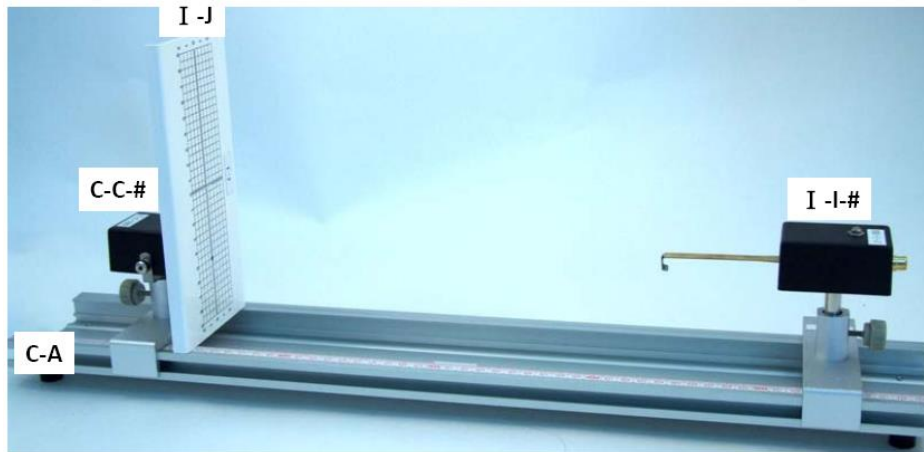
• Các bước thí nghiệm

Không cần phân tích sai số trong các phần của Thí nghiệm I.

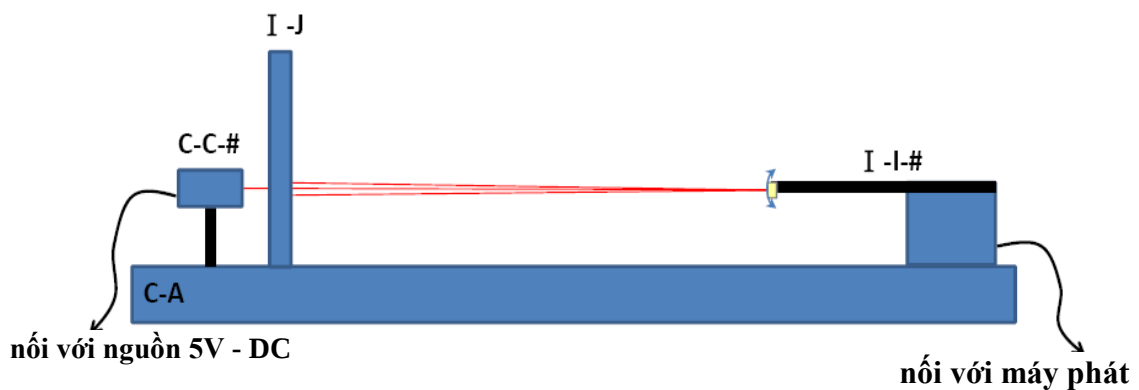
Thí nghiệm I- A. Đo tần số cộng hưởng

Cẩn thận lấy các linh kiện thí nghiệm từ Bộ-C và Bộ-I rồi lắp thí nghiệm như trên Hình I-A-1. Sơ đồ lắp đặt được vẽ trên Hình I-A-2. Nối nguồn điện áp một chiều 5V-DC vào hộp laze (C-C-#). Nối lối ra của máy phát sóng hình sin với hộp điều khiển của lá rung (I-I-#). Bật điện nguồn và giữ cố định điện áp ra của máy phát sóng hình sin. Hướng chùm laser vào gương ở đầu tự do của lá rung sao cho vết sáng phản xạ trên màn ảnh (I-J) có thể dùng để xác định biên độ dao động của lá rung.

- Chú ý:** 1) Cẩn thận gỡ bỏ giấy bọc lá rung (I-I-#). Tần số cộng hưởng của lá rung rất nhạy với hình dạng của nó; bất kỳ biến dạng nào của lá rung trong khi thí nghiệm đều có thể gây ra kết quả không chính xác.
- 2) Không được trực tiếp nhìn vào chùm laser, nó có thể làm hỏng mắt.



Hình I-A-1. Lắp đặt thí nghiệm để xác định tần số cộng hưởng.



Hình I-A-2. Sơ đồ của Hình I-A-1.

- (1) Hãy đo biên độ A của chùm laser dao động khi thay đổi tần số của máy phát sóng hình sin. Ghi lại biên độ đo được ứng với mỗi tần số vào bảng số liệu trong Answer Sheet.

(0.8

điểm)

- (2) Vẽ đồ thị bằng cách dùng một bảng số liệu thích hợp vào giấy vẽ đồ thị để xác định tần số cộng hưởng f_{RO} và hệ số phẩm chất Q . Hãy ghi các giá trị của f_{RO} và Q vào ô trống thích hợp trong Answer Sheet.

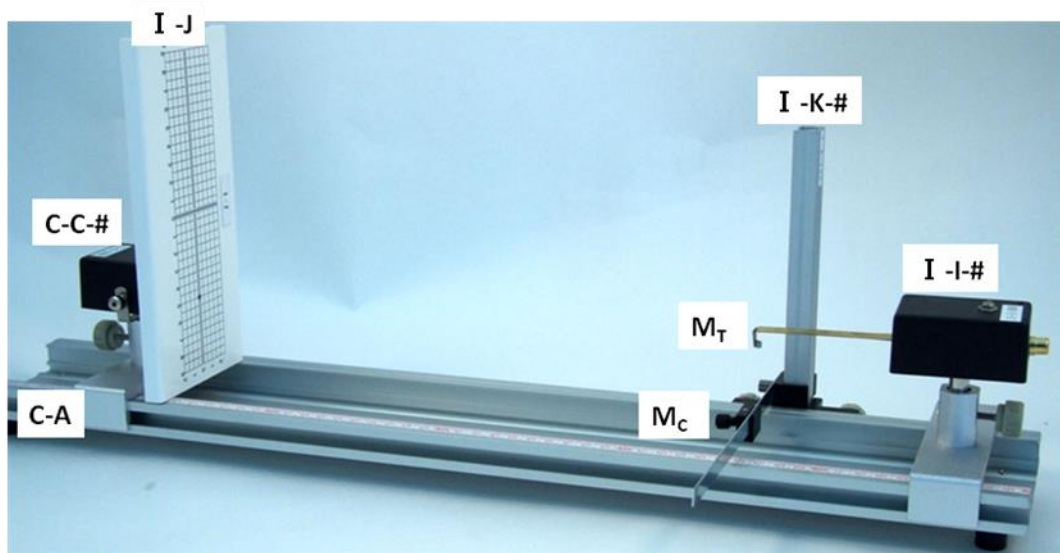
(1.2 điểm)

Thí nghiệm I-B. Tần số cộng hưởng phụ thuộc vào lực bên ngoài.

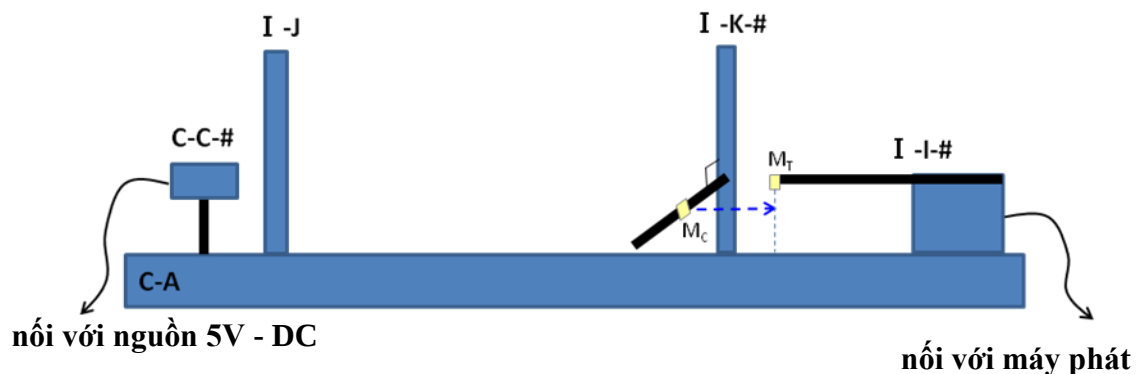
Trong phần thí nghiệm này, ta khảo sát tần số cộng hưởng dưới ảnh hưởng của lực không đồng nhất. Lực không đồng nhất được tạo ra bởi một nam châm

chuẩn M_C hình trụ nhỏ, đường kính 3-mm, được gắn trên một thanh trượt thẳng đứng (I-K-#) với từ cực N hướng lên trên. Nam châm đầu dò M_T , dính vào đầu tự do của lá rung, có cực từ N hướng xuống dưới. Trục của hai nam châm cần được đặt dọc theo cùng một đường thẳng đứng.

Hãy bố trí thí nghiệm như thấy trong Hình I-B-1. Sơ đồ của nó được cho ở Hình I-B-2.



Hình I-B-1. Lắp đặt thí nghiệm xác định mối liên hệ của tần số cộng hưởng với khoảng d giữa hai nam châm M_C và M_T .



Hình I-B-2. Sơ đồ của Hình I-B-1.

- (1) Trên thang chia độ của thang trượt thẳng đứng, hãy đọc vị trí z_0 của mặt dưới của nam châm đầu dò M_T , khi không có tác dụng của nam châm chuẩn M_C bằng cách dịch chuyển M_C ra xa M_T . Ghi giá trị đo được của z_0 vào bảng số liệu.

(0.2 điểm)

- (2) Hãy điều chỉnh vị trí của nam châm M_C tới đúng bên dưới M_T . Các trục của hai nam châm phải nằm trên cùng một đường thẳng đứng. Hãy xác định vị trí z của mặt trên của từ cực N của M_C . Hãy tính khoảng d , với $d = z_0 - z$. Hãy ghi giá trị của z và d vào trong bảng số liệu. (Chú ý: d không phải là khoảng cách cân bằng giữa hai nam châm, vì hai nam châm đẩy nhau).
- (3) Hãy xác định tần số cộng hưởng f_R đối với khoảng d nào đó bằng việc điều chỉnh tần số của máy phát sóng hình sin cho đến khi đạt được biên độ cực đại. (Không cần vẽ đồ thị của biên độ theo tần số để xác định f_R ở mỗi khoảng d). Hãy ghi tần số cộng hưởng xác định được f_R vào bảng số liệu.
- (4) Hãy thay đổi vị trí của nam châm M_C theo phương thẳng đứng, lặp lại các bước (2) và (3) với các giá trị d khác nhau và xác định các tần số cộng hưởng tương ứng f_R .

(1.2 điểm)

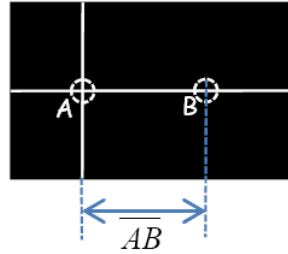
- (5) Hãy vẽ đồ thị của f_R theo d trên giấy vẽ đồ. Ước lượng bằng mắt, hãy vẽ một đường tốt nhất qua các điểm số liệu.

(1.2 điểm)

- (6) Hãy xác định $\Delta f_R = f_R - f_{R0}$, và vẽ đồ thị $\ln(\Delta f_R)$ theo d trên một tờ giấy vẽ đồ thị khác. Ước lượng bằng mắt, hãy vẽ một đường tốt nhất qua các điểm số liệu. **(1.0 điểm)**

Thí nghiệm I-C. Xác định vị trí và độ sâu của các nam châm bên trong hộp đen.

Có hai nam châm M_A và M_B được giấu trong hộp đen (I-H-#), được cố định vào một giá có thể tịnh tiến theo một phương (1-D). Các cực N của cả hai nam châm đều được hướng lên trên. Các nam châm M_A , M_B , và M_C dùng trong **Thí nghiệm I-B** là rất giống nhau về kích thước, hình dạng, và tính chất từ. Độ sâu của các nam châm M_A và M_B có thể khác nhau. Nam châm M_A được đặt ở chỗ giao nhau của hai đường thẳng vạch trên mặt hộp đen. Nam châm M_B được đặt ở một vị trí nào đó dọc theo đường thẳng dài như thấy trong Hình I-C-1. Khoảng cách theo chiều ngang giữa các nam châm M_A và M_B được kí hiệu bởi $\overline{AB}$.



Hình I-C-1. Nam châm M_A được đặt tại chỗ giao nhau của hai đường được đánh dấu ở mặt trên của hộp, còn nam châm M_B được đặt tại một chỗ nào đó dọc theo đường thẳng dài.

- (1) Trên thang chia của thanh trượt thẳng đứng, hãy đọc vị trí z_0 (trong phần này, z_0 có thể khác với z_0 trong **Thí nghiệm I-B**) của mặt dưới của nam châm đầu dò M_T khi không có tương tác với các nam châm trong hộp đen. Trên thang chia của thanh trượt thẳng đứng, hãy đọc vị trí z_{box} của mặt trên của hộp đen. Hãy ghi giá trị z_0 và z_{box} vào Answer Sheet.

(0.2 điểm)

- (2) Hãy di chuyển hộp đen dọc theo đường thẳng dài và khảo sát sự biến đổi tần số cộng hưởng f_R của lá rung để tìm vị trí của M_B . Hãy ghi các khoảng cách y đo được và tần số cộng hưởng tương ứng f_R của chúng vào bảng số liệu.

(1.4 điểm)

- (3) Hãy vẽ đồ thị f_R theo y trên giấy vẽ đồ thị để xác định vị trí của nam châm M_B . Đánh dấu vị trí của nam châm M_A và M_B lên trục y đồ thị của em, và viết giá trị của $\overline{AB}$ vào Answer Sheet.

(1.2 điểm)

- (4) Hãy xác định các độ sâu d_A và d_B của các nam châm M_A và M_B tính từ mặt trên của hộp đen bằng cách dùng các kết quả của **Thí nghiệm I-B**. Hãy viết các giá trị của d_A và d_B vào Answer Sheet.

(1.6 điểm).

Thí nghiệm II

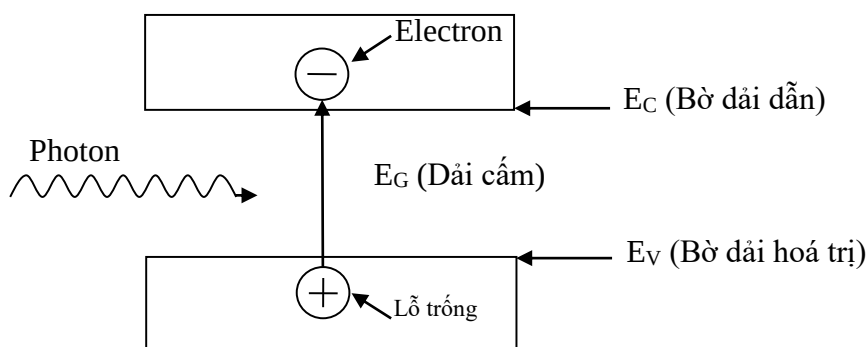
Tìm hiểu laser bán dẫn

Mục đích của thí nghiệm này là khảo sát các đặc trưng cơ bản của laser bán dẫn. Ta sẽ đo và tính toán tỉ phần ánh sáng phân cực thẳng của một laser chuẩn trực bằng cách dùng hai kính phân cực và một quang điện trở. Cuối cùng, ta sẽ xác định giá trị cực đại của tốc độ tăng công suất theo dòng điện trong laser chuẩn trực.

Chú ý về an toàn: Không nhìn thẳng vào tia laser, vì nó có thể làm hỏng mắt bạn!!

⊙ Kiến thức cơ sở

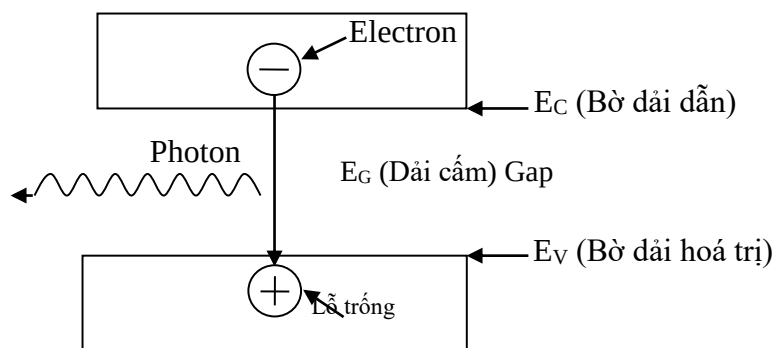
Linh kiện quang dẫn, dụng cụ nhạy ánh sáng được dùng trong thí nghiệm này, được làm bằng bán dẫn, có dải cấm (hay vùng cấm) $E_G = (E_C - E_V)$ (xem Hình II-1). Trong bài này, ta sẽ dùng từ quang điện trở thay cho từ linh kiện quang dẫn. Khi năng lượng của photon tới lớn hơn độ rộng dải cấm, photon có thể bị hấp thụ bởi bán dẫn để tạo ra các electron tự do và lỗ trống. Khi đó, mật độ các hạt tải điện, bao gồm cả electron và lỗ trống tăng lên, làm cho độ dẫn điện của vật liệu tăng lên. Trong thí nghiệm này, điện trở (nghịch đảo của điện dẫn) được đo bằng một máy đo đa năng...



Hình II-1 Sơ đồ sự tạo thành cặp electron-lỗ trống trong bán dẫn dưới tác dụng của một photon riêng rẽ.

Trong laser bán dẫn, linh kiện phát quang được dùng trong thí nghiệm này, khi một nguồn điện ngoài phun các electron và lỗ trống vào linh kiện, thì electron và lỗ trống có thể tái hợp để phát ra photon như được biểu diễn trên sơ đồ ở Hình II-

2. Trong trường hợp lí tưởng, sự tái hợp của một cặp electron-lỗ trống có thể tạo ra một photon. Trên thực tế, còn có các quá trình không phát xạ, trong đó, các cặp electron-lỗ trống tái hợp mà không phát ra photon. Vì vậy, số photon phát ra không bằng số cặp electron-lỗ trống tái hợp. Tỉ phần trung bình của photon được tạo ra bởi một cặp electron-lỗ trống được gọi là hiệu suất lượng tử.



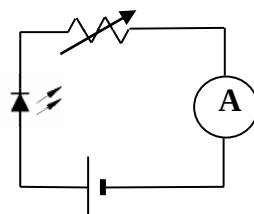
Hình II-2 Sơ đồ tạo thành một photon khi một cặp electron-lỗ trống tái hợp trong bán dẫn.

Laze bán dẫn có thể phát ra chùm ánh sáng đơn sắc, kết hợp và bị phân cực một phần. Ánh sáng phân cực một phần được tạo thành từ hai phần – phân cực thẳng và không phân cực. Cường độ ánh sáng phân cực được kí hiệu là J_p , còn cường độ ánh sáng không phân cực là J_u . Khi ánh sáng phân cực một phần đi tới một bản phân cực, phần ánh sáng phân cực thẳng đi qua bản phân cực phụ thuộc vào góc giữa phương phân cực của ánh sáng và phương của bản phân cực. Đối với phần ánh sáng không phân cực, lượng ánh sáng truyền qua bản phân cực là không đổi, không phụ thuộc vào góc.

© Thí nghiệm và cách tiến hành

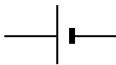
Thí nghiệm II-A : Đáp ứng quang học của quang điện trở

Nguồn sáng dùng trong phần này là một laze chuẩn trực (collimated laser diode, gọi tắt là CLD). Hãy dùng sơ đồ mạch điện như thấy trên Hình IIA-1 để cấp dòng điện cho CLD. Các kí hiệu dùng trong Hình IIA-1 được liệt kê trong Bảng IIA-1.



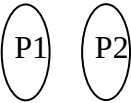
Hình IIA-1 Sơ đồ mạch điện dùng cho CLD.

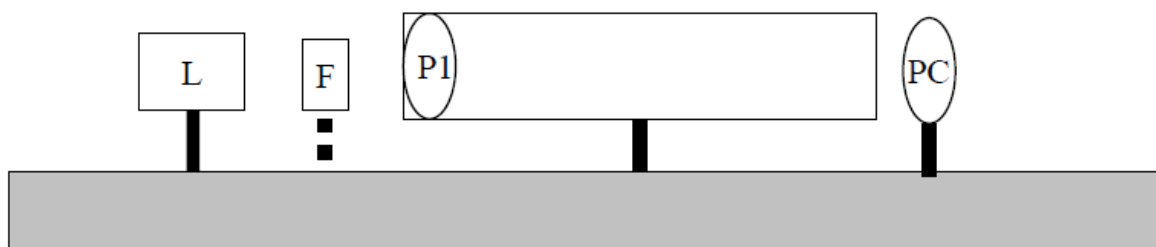
Bảng IIA-1 Các kí hiệu dùng trong Hình IIA-1

Linh kiện	Điốt laze chuẩn trực CLD	Nguồn điện một chiều 5V	Biến trở	Ampe kế (máy đo đa năng)
Kí hiệu				
Nhãn	II-L-#	C-D-#	C-E-#	II-X, II-Y

Cho CLD làm việc với dòng điện cực đại. Cường độ sáng của laze được phát hiện bởi một quang điện trở (photoconductor, gọi tắt là PC). Khi em chiếu ánh sáng vào PC, độ dẫn điện tăng lên theo cường độ ánh sáng. Em cần giảm tác dụng của ánh sáng xung quanh. Trong thí nghiệm này, trên thực tế, ta đo điện trở, là nghịch đảo của điện dẫn. Cường độ của tia laze đi đến PC có thể thay đổi được bằng cách dùng các bản phân cực hoặc bản lọc. Kí hiệu các linh kiện quang học khác được cho trên bảng IIA-2. Sự phân cực một phần của tia laze có thể quan sát bằng cách dùng thí nghiệm như trên Hình IIA-2.

Bảng IIA-2 Kí hiệu các linh kiện quang học.

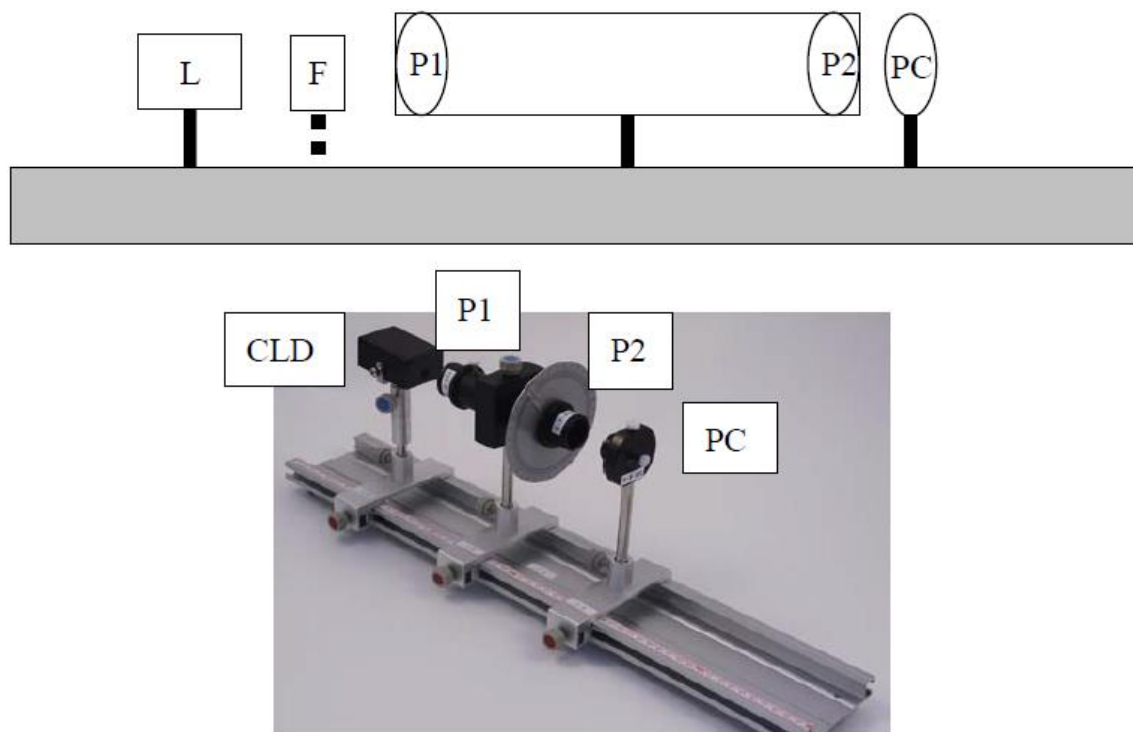
Linh kiện	Điốt laze chuẩn trực	Các bản phân cực	Quang điện trở (PC)	Bản lọc ánh sáng
Kí hiệu				 Tuỳ chọn
Nhãn	C-C-#	II-P-# II-Q-#	II-W-#	II-U



Hình IIA-2 Lắp ráp thí nghiệm chuẩn bị

Bằng cách quay P1, ta sẽ thấy điện trở của PC thay đổi. Điều chỉnh P1 sao cho điện trở của PC đạt giá trị nhỏ nhất. Nếu quan sát thấy điện trở nhỏ nhất xảy ra trên khoảng quay bản phân cực khoảng 10° trở lên thì PC đã bị bão hoà. Trong trường hợp đó, cần dùng (các) bản lọc để tránh sự bão hoà của PC ở gần cực đại của cường độ sáng.

Cố định vị trí của P1 theo hướng dẫn trong đoạn trước. Hãy khảo sát độ dẫn điện của PC theo cường độ sáng tỉ đối, dùng thí nghiệm lắp theo Hình IIA-3.



Hình IIA-3 Thí nghiệm để khảo sát PC

- (1) Hãy xác định θ_p là góc giữa các trục phân cực của P1 và P2. Bằng cách thay đổi góc θ_p từ 0° đến 180° từng bước 5° , hãy ghi các giá trị đo được của điện trở PC và θ_p vào bảng số liệu. Hãy chuyển các giá trị của điện trở PC thành các giá trị điện dẫn (độ dẫn điện) rồi ghi chúng vào bảng số liệu. Không cần phân tích sai số. (1.2 điểm)
- (2) Hãy vẽ đồ thị của điện dẫn PC theo θ_p trên một tờ giấy vẽ đồ thị. Không cần phân tích sai số. (1.2 điểm)

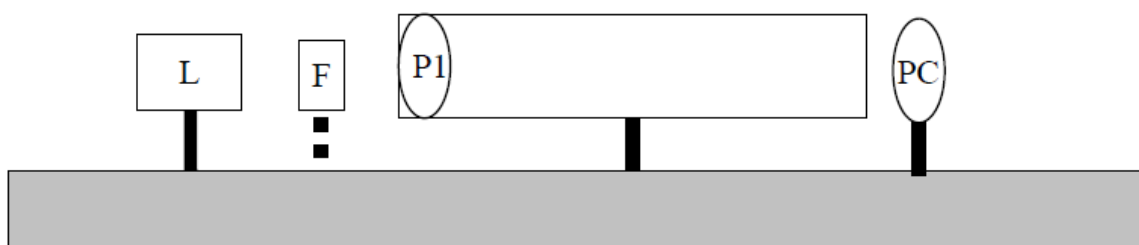
Thí nghiệm I-B Tỷ phần ánh sáng laze phân cực thẳng

Nguồn sáng dùng trong phần này là điốt laze chuẩn trực (CLD) với dòng điện 15 mA lấy từ nguồn điện một chiều. Nhiệm vụ trong phần này là xác định tỷ phần β của ánh sáng laze phân cực thẳng bằng cách dùng thí nghiệm trên Hình IIA-2, giống như trong phần trước. Không cần phân tích sai số trong phần này.

$$\beta = \frac{J(\text{Linearly Polarized})}{J(\text{Unpolarized}) + J(\text{Linearly Polarized})} = \frac{J_{\max} - J_{\min}}{J_{\max} + J_{\min}}$$

(Trong công thức trên, Linearly Polarized có nghĩa là phân cực thẳng, Unpolarized có nghĩa là không phân cực)

$J_{\max}$ và $J_{\min}$ lần lượt là cường độ cực đại và cực tiểu của ánh sáng mà PC đo được, khi ta quay P1.



Hình IIA-2 Thí nghiệm để chuẩn bị

- (1) Hãy tìm giá trị cực đại và cực tiểu của điện trở PC ($R_{\max}$ và $R_{\min}$) bằng cách quay P1 góc 360° . Chuyển đổi $R_{\max}$ và $R_{\min}$ thành các giá trị cực tiểu và cực đại $C_{\min}$ và $C_{\max}$ của điện dẫn của PC. Ghi các số liệu vào bảng số liệu. (0.8 điểm)
- (2) Hãy sử dụng đồ thị của điện dẫn theo θ_p trong Thí nghiệm II-A-(2) để xác định các cường độ tương đối $J_{\max}$ và $J_{\min}$ ứng với $C_{\max}$ và $C_{\min}$. Viết kết quả vào answer sheet.

(1.6 điểm)

- (3) Hãy tính β và viết kết quả vào answer sheet.

(0.2 điểm)

Thí nghiệm II-C Hiệu suất lượng tử vi phân của diot laze chuẩn trực

Nhiệm vụ của phần này là khảo sát cường độ tương đối của ánh sáng theo dòng điện qua diot laze chuẩn trực (CLD) và xác định **hiệu suất lượng tử vi phân η** , mà ta sẽ định nghĩa dưới đây. Chỉnh dòng điện qua CLD trong khoảng từ 5 mA đến 20 mA. Hãy chắc chắn rằng PC không bị bão hoà khi dòng điện bằng 20 mA. Có thể dùng các bản lọc hoặc bản phân cực để tránh bão hoà.

- (1) Điều chỉnh dòng điện của CLD và đo các giá trị điện trở tương ứng của PC. Ghi các số liệu vào bảng số liệu. Chuyển đổi các số liệu và vẽ đồ thị của điện dẫn PC

theo cường độ dòng điện qua CLD trên một tờ giấy vẽ đồ thị. Không cần phân tích sai số. (1.3 điểm)

(2) Dựa vào đồ thị ở bước (1), hãy tìm một khu vực ($\Delta I \sim 3 \text{ mA}$) có điểm giữa nằm ở nơi có độ dốc lớn nhất. Bằng cách dùng đồ thị điện dẫn theo θ_p ở Phần II-A-(2), hãy chuyển đổi các số liệu thành cường độ sáng tương đối (J) và ghi các số liệu trong khu vực này vào bảng của bước (1). Hãy vẽ đồ thị cường độ sáng tương đối (J) theo cường độ dòng điện (I) của CLD trên một tờ giấy vẽ đồ thị. Không cần phân tích sai số (0.8 điểm)

(3) Công suất bức xạ cực đại của CLD được giả thiết đúng bằng $P_{\max} = 3 \text{ mW}$. Hãy xác định độ dốc cực đại từ đồ thị trong bước (2) và chuyển đổi nó thành giá trị của $G \equiv \left. \frac{\Delta P}{\Delta I} \right|_{\max}$, là giá trị cực đại của tỉ số giữa độ tăng của công suất bức xạ và độ tăng của dòng điện đi vào laze. Hãy viết cách phân tích của em và giá trị tính được của G vào answer sheet. Hãy ước tính sai số của G . Không kể đến sai số của $P_{\max}$. Hãy viết cách phân tích của em và giá trị tính được của ΔG vào answer sheet. (2.0 điểm)

(4) **Hiệu suất lượng tử** bằng xác suất mà một photon được sinh ra trên một electron được phun vào điốt. Với một giá trị đã cho nào đó của dòng điện, một sự tăng nhỏ của số electron phun vào sẽ gây ra một sự tăng tương ứng của số photon. **Hiệu suất lượng tử vi phân η** được định nghĩa là tỉ số giữa độ tăng số photon và độ tăng số electron được phun vào. Hãy xác định η của CLD bằng cách dùng giá trị của G thu được ở bước (3). Hãy viết cách phân tích của em và giá trị tính được của η vào answer sheet. Hãy ước tính sai số của η . Hãy viết cách phân tích của em và giá trị tính được của $\Delta \eta$ vào answer sheet. (Bước sóng laze = 650 nm. Hằng số Planck = $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. Tốc độ ánh sáng = $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$) (0.9 điểm)

Bài toán lí thuyết 1: Nghịch lí Shockley-James

Năm 1905, Albert Einstein đã đề xuất lí thuyết tương đối hẹp để giải quyết sự không phù hợp giữa cơ học Newton và thuyết điện từ của Maxwell. Hiểu biết thuyết tương đối dẫn đến việc giải quyết nhiều điều tưởng như nghịch lí. Bây giờ, ta tập trung thảo luận về sự truyền của sóng điện từ.

Trong bài toán này, ta giải quyết nghịch lí thuộc một loại khác. Với một hệ điện tích khá đơn giản do W. Shockley và R. P. James đề xuất năm 1967, để hiểu được sự bảo toàn động lượng, cần phải phân tích cẩn thận theo quan điểm lí thuyết tương đối. Nếu một điện tích điểm được đặt ở gần một nam châm có từ độ biến thiên theo thời gian, thì sẽ có lực do điện trường cảm ứng tác dụng lên điện tích, nhưng không có tác dụng ngược lại lên nam châm, mà ta có thể thấy được. Quá trình có thể xảy ra đủ chậm để cho mọi bức xạ điện từ (và động lượng do bức xạ điện từ mang đi) được bỏ qua. Như vậy, dường như chúng ta có một khâu đại bác không giật.

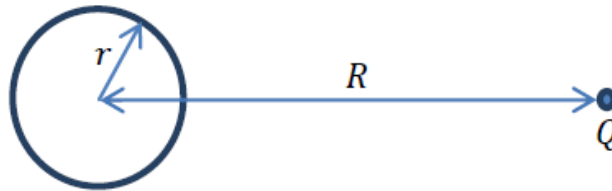
Trong cách phân tích của chúng ta, ta sẽ chứng minh rằng trong cơ học tương đối tính, một vật thể phức tạp có thể có động lượng khác không, mà vẫn ở trạng thái dừng.

Phần I: Hiểu được xung lực tác dụng lên một điện tích điểm (3.3 điểm)

Xét một vòng dây có dòng điện I_1 chạy qua, bán kính r , và một vòng dây thứ hai lớn hơn, có bán kính $R \gg r$ đồng tâm với vòng dây thứ nhất và nằm trong cùng mặt phẳng.

- (1 đ.) Một dòng điện I_2 chạy qua vòng dây thứ 2 (vòng dây lớn) gây ra từ thông Φ_{B1} ở vòng dây 1. Hãy tìm tỉ số $M_{21} = \Phi_{B1}/I_2$. Nó được gọi là hệ số hỗ cảm.
- (0.8 đ.) Cho rằng $M_{12} = \Phi_{B2}/I_1 = M_{21}$, hãy tìm suất điện động cảm ứng toàn phần $\mathcal{E}_2$ trong vòng dây lớn, được gây nên bởi sự biến thiên $\dot{I}_1 = dI_1/dt$ của dòng điện trong vòng dây nhỏ. Bỏ qua dòng điện trong vòng dây lớn. *Gợi ý: độ lớn của suất điện động cảm ứng bằng tốc độ biến thiên của từ thông qua vòng dây.*

- c. (0.5 đ.) Suất điện động tìm được trong phần (b) là do thành phần tiếp tuyến của điện trường cảm ứng gây nên. Hãy tìm biểu thức cho điện trường tiếp tuyến E ở điểm nằm trên vòng dây lớn, có bán kính R , theo tốc độ biến thiên $\dot{I}_1$ của dòng điện.



Hình 1: Một vòng dây điện và một điện tích điểm Q .

Bây giờ, ta bỏ vòng dây lớn đi, và thay vào đó, ta đặt một điện tích điểm Q có khối lượng khác không, tại điểm cách tâm vòng dây nhỏ một khoảng R , trong mặt phẳng vòng dây, như thấy ở Hình 1. Có thể giả thiết rằng điện tích dịch chuyển rất ít trong các khoảng thời gian ta đang xét.

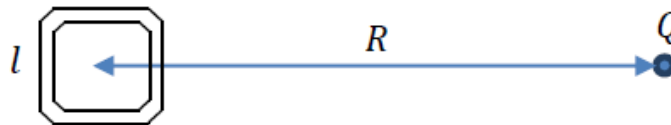
- d. (1 đ.) Tìm xung lực tiếp tuyến toàn phần Δp mà điện tích điểm nhận được khi dòng điện trong vòng dây nhỏ thay đổi từ giá trị ban đầu $I_1 = I$ đến giá trị cuối cùng $I_1 = 0$.

Phần II: Hiểu được sự giật của vòng dây (4.4 điểm)

Bây giờ, ta sẽ hiểu nguồn gốc sự giật của vòng dây, bằng cách dùng một vòng dây có hình dạng khác.

- e. (1.1 đ.) Xét một ống rỗng có thành ống bằng vật liệu cách điện, không nhiễm điện, có độ dài l và diện tích tiết diện A , trong đó có dòng điện với cường độ I . Dòng điện được gây bởi các hạt mang điện có khối lượng nghỉ m và điện tích q phân bố đều trong ống với mật độ hạt n . Giả thiết rằng các hạt mang điện đều chuyển động dọc theo ống với cùng vận tốc. Hãy tìm động lượng toàn phần p của các hạt mang điện trong ống, có kể đến các hiệu ứng của Thuyết Tương đối Hẹp.
- f. (3.3 đ.) Xét một vòng hình vuông mang dòng điện, có cạnh l . Cách vòng một khoảng $R \gg l$, có một điện tích điểm Q ; xem Hình 2. Vòng mang dòng điện I . Ta sẽ mô hình hoá vòng dây có dòng điện này như một ống không mang điện, như ở phần (e). Các hạt mang điện có thể chuyển động tự do bên trong vòng, và

chạm đàn hồi với thành ống ở các góc và đi theo vòng. Bỏ qua mọi tương tác giữa các hạt mang điện. Ta cũng giả thiết rằng tất cả các hạt mang điện ở trên cùng một cạnh của vòng hình vuông đều chuyển động với cùng một vận tốc. Ta giả thiết vòng dây đủ nặng và chuyển động của nó có thể bỏ qua. Hãy tính động lượng toàn phần $p_{\text{hĩa}}$ của các hạt mang điện trong vòng. Nó được gọi là “động lượng ẩn”..



Hình 2: Vòng hình vuông có dòng điện cùng với điện tích điểm Q .

Khi dòng điện dừng lại, động lượng này được truyền cho vòng, và vòng nhận được xung lực có giá trị bằng xung lực mà điện tích Q nhận được, nhưng trái dấu. Đây chính là sự giật còn thiếu, mà ta đang tìm kiếm (chú ý rằng ở trạng thái đầu, có cả động lượng của trường điện từ; điều này là quan trọng để có sự bảo toàn của động lượng toàn phần của toàn bộ hệ thống).

Phần III: Tóm tắt các kết quả (2.3 điểm)

- g. (0.8 đ.) Vòng dây thường được đặc trưng bởi mômen từ $\mu = IS$, trong đó I là cường độ dòng điện và S là diện tích của vòng dây. Hãy biểu thị kết quả ở phần (d) theo μ , r , R và Q . Tương tự, biểu thị kết quả của phần (f) theo μ , l , R và Q . Chú ý rằng hằng số điện và hằng số từ liên hệ với nhau:

$$\frac{4\pi k}{\mu_0} = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0} = c^2$$

trong đó c là tốc độ ánh sáng.

- h. (1.5 đ.) Trong một mô hình thực tế hơn, vòng là một dây dẫn điện, và điện trường của điện tích điểm Q không đi vào được bên trong dây dẫn. Ta giả thiết rằng dòng điện vẫn được gây bởi các hạt mang điện bên trong dây. Hãy quyết định xem mỗi câu sau đây là đúng hay sai, và khoanh một vòng tròn vào lựa chọn đúng ở Answer Form (Giấy trả lời). **Chú ý:** Em có thể bỏ không trả lời cho một câu nào đó, nhưng nếu em trả lời sai, em sẽ không được điểm cho toàn bộ phần (h).

A. (0.5 đ.) Động lượng của vòng dây bằng không.

B. (0.5 đ.) Vì rằng dòng điện toàn phần trong vòng dây biến thiên từ I đến không, các hạt mang điện chuyển động chậm dần, gây nên dòng điện cảm ứng trong dây dẫn. Do có dòng điện cảm ứng này, mà điện tích điểm Q không thu được xung lực.

C. (0.5 đ.) Các điện tích trên bề mặt dây dẫn, do điện tích bên ngoài gây nên, sẽ tác dụng một lực điện khi dòng điện biến đổi từ I đến không. Vì vậy, vòng dây sẽ nhận được cùng một xung lực như tìm thấy ở phần (f).

Bài toán lí thuyết số 2

Bài toán lí thuyết 2: Cánh cửa cọt kẹt

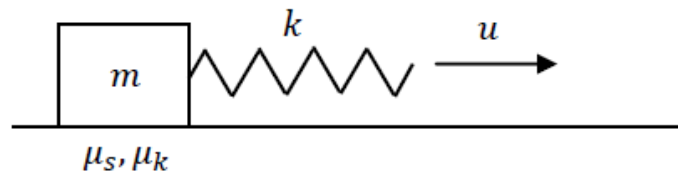
Hiện tượng cọt kẹt là hiện tượng phổ biến, và có thể thấy trong trường hợp đóng mở cánh cửa, viết phấn trên bảng, chơi đàn violon, đi giày mới, hãm ô tô, và nhiều trường hợp khác trong đời sống. Ở Israel, hiện tượng tương tự gây nên các trận động đất mạnh với chu kì vài chục năm. Chúng có nguồn gốc từ vết nứt Biển Chết, nằm ngay phía trên vết nứt sâu nhất được biết trên vỏ Trái Đất.

Cơ chế vật lí cho hiện tượng cọt kẹt dựa trên sự đàn hồi kết hợp với sự sai khác giữa hệ số ma sát nghỉ và ma sát trượt. Trong bài này, ta sẽ nghiên cứu cơ chế này và các ứng dụng của nó trong trường hợp một cánh cửa đang mở ra.

Phần I: Mô hình tổng quát (7.5 điểm)

Ta xét hệ như sau (xem Hình 1):

Một hộp có khối lượng m được gắn với một lò xo dài lí tưởng, với hệ số đàn hồi k . Đầu kia của lò xo được kéo với vận tốc không đổi u . Hệ số ma sát nghỉ và ma sát trượt giữa hộp và sàn nhà được cho lần lượt bởi μ_s và μ_k , trong đó $\mu_k < \mu_s$.



Hình 1: Một mô hình tổng quát của hiện tượng cọt kẹt

Ta sẽ tìm hiểu vì sao thiết bị này có hai chế độ chuyển động:

1. Ma sát luôn là ma sát trượt. Đó là chế độ **trượt thuần túy**.
2. Ma sát trượt và ma sát nghỉ thay đổi luân phiên. Đó là chế độ **dính-trượt**. Chuyển động dính-trượt là nguồn gốc của tiếng kêu cọt kẹt mà ta thường gặp..
 - a. (1 đ.) Ta xét trường hợp trong đó ở thời điểm ban đầu $t = 0$, hộp trượt trên sàn với vận tốc v_0 , và lực căng của lò xo vừa đủ cân bằng với ma sát trượt. Ta giả thiết $0 < v_0 < u$. **Độ dẫn** x của lò xo sẽ dao động theo thời gian t .
 - a1. (0.6 đ.) Hãy tìm chu kì T_0 và biên độ A của các dao động này.

a2. (0.4 đ.) Hãy vẽ phác đồ thị định tính của độ dẫn $x(t)$ của lò xo cho $0 < t < 3T_0$.

b. (1.2 đ.) Bây giờ, ta xét trường hợp, trong đó ở $t = 0$ hộp đang đứng yên, còn độ dẫn ban đầu x của lò xo giống như ở phần (a). Hãy vẽ phác đồ thị định tính của vận tốc $v(t)$ của hộp **đối với sàn** cho $0 < t < 3T$, trong đó T là chu kì (mới) của dao động $x(t)$. Chuyển động về phía phải ứng với dấu dương của vận tốc v . Hãy chỉ ra một cách gần đúng vị trí trên đồ thị của đường nằm ngang $v = u$.

c. (0.5 đ.) Với điều kiện ban đầu ở phần (b), hãy tìm giá trị trung bình theo thời gian $\bar{x}$ của độ dẫn của lò xo sau một thời gian đủ dài.

d. (2.4 đ.) Với các điều kiện ở phần (b), hãy tìm chu kì T của dao động $x(t)$.

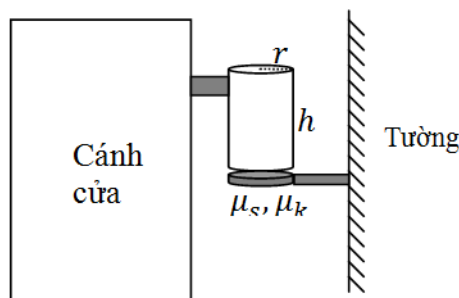
Một cách tổng quát, chuyển động dính-trượt chấm dứt ở những vận tốc kéo u lớn. Bây giờ, ta sẽ thảo luận về một cơ chế khả dĩ của hiện tượng này.

e. (2.4 đ.) Giả sử trong mỗi chu kì T , một lượng nhỏ năng lượng bị hao phí thành nhiệt ở trong lò xo, thông qua một cơ chế nào đó mà ta chưa xét đến trên đây. Gọi $\eta = |\Delta A/A|$ là tỉ số suy giảm biên độ trong một chu kì do sự tiêu tán năng lượng trong chế độ chuyển động trượt thuần túy. Với $\eta \ll 1$, hãy tìm tốc độ kéo tới hạn u_c mà trên tốc độ đó, sự dính-trượt tuần hoàn không xảy ra được.

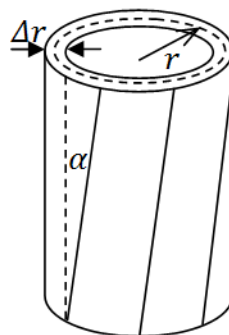
Kết quả của phần (e) không cần thiết cho phần II.

Phần II: Áp dụng cho cửa cột kẹt (2.5 điểm)

Bản lề của cửa là một ống kim loại hình trụ, hở ở đầu, với bán kính r , độ cao h và độ dày Δr . Đầu dưới của hình trụ nằm trên một đế kim loại gắn vào tường (mặt tiếp xúc là một vòng tròn có bán kính r); xem Hình 2. Hệ số ma sát nghỉ và ma sát động giữa hình trụ và đế lần lượt là μ_s và μ_k , với $\mu_k < \mu_s$. Đầu trên của hình trụ được gắn vào cánh cửa. Cánh cửa được coi như hoàn toàn cứng. Thông thường một cánh cửa được treo trên hai hoặc ba bản lề như vậy, nhưng trọng lượng của cánh cửa chỉ tập trung vào một trong ba bản lề, và đó là bản lề sẽ kêu cột kẹt. Hình trụ của bản lề này đè xuống đế kim loại bằng trọng lượng của cả cánh cửa có khối lượng M .



Hình 2: Sơ đồ của bản lề cửa



Hình 3: Hình trụ của bản lề bị xoắn

Hình trụ không phải là một vật hoàn toàn cứng – nó có thể bị xoắn theo phương tiếp tuyến mà không thay đổi hình dạng, sao cho các đường thẳng đứng trở thành các đường thẳng nghiêng đi một góc nhỏ α ; xem Hình 3. Lực đàn hồi trên một yếu tố diện tích dS của đế, do sự biến dạng này gây nên, được cho bởi:

$$dF = G\alpha dS,$$

trong đó G là một tính chất của vật liệu được gọi là môđun cắt (trượt). Hãy sử dụng các giá trị $r = 5\text{mm}$, $h = 3\text{cm}$, $\Delta r = 1\text{mm}$, $\mu_s = 0.75$, $\mu_k = 0.55$, $G = 8 \cdot 10^{10}\text{Pa}$, $M = 30\text{kg}$, $g = 9.8\text{m/s}^2$. (Chú ý : trong các số liệu này, dấu chấm trong các số được dùng thay cho dấu phẩy thập phân. Thí dụ : 9.8 tức là 9,8). Em có thể dùng phép gần đúng $\Delta r \ll r$.

- f. (1 đ.) Ta bắt đầu quay cánh cửa thật chậm, bắt đầu từ cân bằng (momen lực bằng không). Với các góc quay nhỏ, hãy tìm biểu thức cho hệ số xoắn $\kappa = \tau/\theta$, trong đó τ là momen lực mà ta cần đặt vào để quay cánh cửa một góc θ .
- g. (1.5 đ.) Ở tốc độ góc nhỏ, khi có sự chuyển từ dính sang trượt, một xung động âm thanh được phát ra. Hãy tìm tốc độ góc Ω của cánh cửa mà ở đó, tần số của các xung âm thanh lọt vào vùng nghe thấy ở khoảng $f = 20\text{Hz}$. Giả thiết rằng tần số f_0 của các dao động trượt thuần túy trong bản lề thì cao hơn rất nhiều: $f_0 \gg f$. Hãy tìm biểu thức và kết quả bằng số.

Bài toán lí thuyết số 3

Bài thi lí thuyết số 3: Quả bóng sinh nhật

Hình bên cho thấy một quả bóng cao su dài, loại rất phổ biến trong các lễ mừng sinh nhật. Quả bóng đã được bơm căng một phần thường được phân thành hai miền có bán kính khác nhau. Trong bài này, ta xét một mô hình đơn giản hoá nhằm giúp ta hiểu được hiện tượng này.



Hình 1: Quả bóng sinh nhật được thổi phồng một phần.

Xét một quả bóng có dạng hình trụ dài đồng nhất (trừ ở hai đầu), với một miệng hở để qua đó có thể thổi phồng quả bóng. Mọi quá trình sẽ được coi như đẳng nhiệt ở nhiệt độ phòng. Ở mọi lúc, áp suất P bên trong bóng cao hơn áp suất khí quyển P_0 một lượng nhỏ, vì thế không khí có thể được xét như một chất lỏng không nén được. Trọng trường và trọng lượng của quả bóng cũng được bỏ qua. Việc thổi phồng bóng được tiến hành chậm và chuẩn tĩnh. Trong các phần (a)-(d), quả bóng được thổi phồng đều đặn trên suốt chiều dài của nó. Ta gọi r_0 và L_0 là bán kính và độ dài của quả bóng trước khi nó được thổi phồng.

- a. (1.8 đ.) Quả bóng được giữ ở miệng hở, trong khi phần còn lại được thả tự do. Hãy tìm tỉ số σ_L/σ_t giữa suất căng bề mặt dọc σ_L (theo phương song song với trục của quả bóng) và suất căng bề mặt ngang σ_t (theo phương tiếp tuyến với mặt cắt hình tròn của quả bóng).

Suất căng bề mặt của một màng cao su là lực mà hai phần cạnh nhau tác dụng lên nhau, tính cho một đơn vị độ dài của đường biên.

Định luật Hooke là phép gần đúng tuyến tính của sự đàn hồi thực, đối với các suất căng nhỏ. Giả thiết rằng độ dài của quả bóng giữ không đổi ở giá trị L_0 , trong khi suất căng bề mặt σ_t phụ thuộc tuyến tính vào tỉ số thổi phồng r/r_0 :

$$\sigma_t = k \left(\frac{r}{r_0} - 1 \right) \quad (1)$$

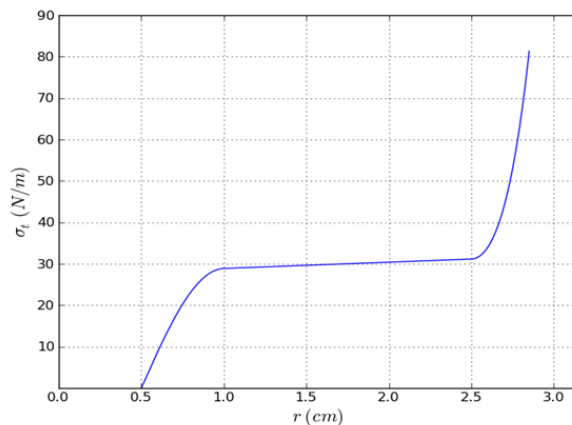
- b. (1 đ.) Với các giả thiết trên đây, hãy tìm biểu thức cho sự phụ thuộc của áp suất P bên trong quả bóng vào thể tích V của quả bóng. Hãy vẽ phác đồ thị sự phụ thuộc của $P - P_0$ vào thể tích V . Áp suất thổi phồng cực đại P_{max} xác định theo phép gần đúng đàn hồi của Hooke bằng bao nhiêu?

Trên thực tế, vì tỉ số thổi phồng r/r_0 là lớn (trên Hình 1, giá trị điển hình thường gặp là 5), ta phải xét tính chất không tuyến tính của cao su và sự thay đổi độ dài của quả bóng. Những điều này cho phép có thể đạt các áp suất thổi phồng cao hơn áp suất đã dự đoán ở phần (b). Ở một quả bóng điển hình, đồ thị của $\sigma_t(r)$ gồm ba phần:

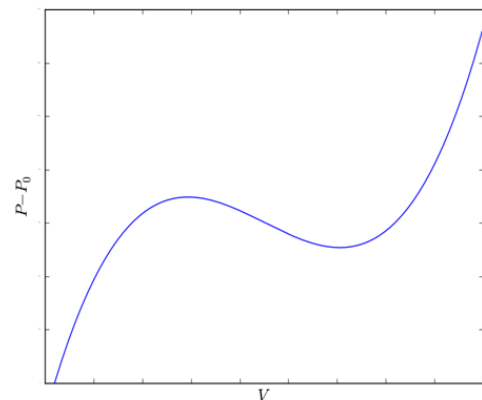
1. Với các tỉ số thổi phồng nhỏ, $\sigma_t(r)$ tăng theo kiểu Hooke.
2. Ở $r - r_0 \sim r_0$, độ dài L của quả bóng bắt đầu tăng lên, và $\sigma_t(r)$ đạt đến một đoạn gần nằm ngang mà ở đó, nó tăng lên rất chậm.
3. Ở một giá trị tỉ số thổi phồng lớn, cao su bắt đầu chống lại mạnh mẽ mọi sự kéo dãn. Điều này dẫn đến sự tăng lên đột ngột của $\sigma_t(r)$.

Tính chất này được vẽ trên Hình 2.

- c. (1.3 đ.) Hãy vẽ phác một đồ thị định tính sự phụ thuộc của hiệu áp suất $P - P_0$ vào V cho một quả bóng được thổi phồng đều đặn; quả bóng này có tính chất như thấy ở trên Hình 2. Hãy chỉ ra mọi điểm cực trị địa phương trên đồ thị của em. Đồng thời cũng chỉ ra các điểm ứng với $r = 1\text{cm}$ và $r = 2.5\text{cm}$. Hãy tìm giá trị của $P - P_0$ ở hai điểm này với độ chính xác 10%.



Hình 2: $\sigma_t(r)$ cho một quả bóng thực tế.



Hình 3: Đồ thị của phương trình

Để khảo sát các hệ quả của các tính chất mà em tìm thấy ở phần (c), ta làm gần đúng $P(V)$ cho một quả bóng được thổi phồng đều đặn bằng một hàm bậc ba:

$$P - P_0 = a((V - u)^3 - b(V - u) + c) \quad (2)$$

trong đó a, b, c và u là các hằng số dương. Giả thiết rằng thể tích u lớn hơn thể tích V_0 của quả bóng chưa được thổi phồng, và c đủ lớn để cho hàm số (2) là dương trong toàn khoảng $V > V_0$. Xem Hình (3).

Quả bóng được nối với một bình lớn chứa không khí được giữ ở áp suất P có thể điều khiển được. Có thể xảy ra tình huống là một vài giá trị của P phù hợp với nhiều hơn một giá trị của thể tích V . Nếu quả bóng chịu một số nhiễu loạn tĩnh cờ (thí dụ sự kéo dãn cục bộ bởi ngoại lực) trong khi vẫn được giữ ở áp suất thổi phồng đó, nó có thể nhảy sang một trạng thái với thể tích khác. Điều này sẽ xảy ra khi nó là thuận lợi về mặt năng lượng đối với toàn hệ, bao gồm quả bóng, khí quyển và thiết bị duy trì áp suất P . Nếu áp suất được tăng chậm từ P_0 , và có đủ nhiễu loạn ở mỗi bước, thì bước nhảy thể tích đột ngột sẽ xảy ra ở một áp suất P_c nào đó, mà ở đó năng lượng cần thiết để chuyển giữa hai trạng thái là bằng không. Ở áp suất lớn hơn P_c , việc đi từ nhánh ứng với thể tích bé hơn sang nhánh ứng với thể tích lớn hơn sẽ giải phóng năng lượng, và ngược lại. Loại hiện tượng không liên tục này thường gặp trong tự nhiên, và đôi khi được gọi là “sự chuyển pha”.

- d. (2.3 đ.) Bằng cách xét phương trình (2), hãy tìm giá trị của P_c , thể tích V_1 của quả bóng trước bước nhảy, và thể tích V_2 sau bước nhảy. Hãy biểu thị các kết quả theo a, b, c và u .

Một tác nhân thổi phồng thực tế hơn, chẳng hạn như em bé đang mừng sinh nhật, không thể cung cấp đủ không khí để gây nên sự thay đổi tức thời của thể tích như đã mô tả trên đây. Thay vào đó, không khí được bơm từ từ vào quả bóng, bằng cách điều khiển một cách hiệu quả thể tích của quả bóng hơn là điều khiển áp suất. Trong trường hợp này, một loại tình huống khác có thể xảy ra. Nếu nó giúp làm cực tiểu năng lượng toàn phần của hệ, thì quả bóng sẽ chia (với đủ nhiễu loạn cần thiết) thành hai miền với bán kính khác nhau, có độ dài dần dần thay đổi. Biên giới phân chia hai miền cũng cần năng lượng, nhưng em có thể bỏ qua nó. Chúng ta cũng sẽ bỏ qua độ dài của lớp biên giới (các giả thiết này là tốt với một quả bóng rất dài).

- e. (1 đ.) Hãy vẽ phác một đồ thị định tính biểu diễn sự phụ thuộc hiệu áp suất $P - P_0$ vào thể tích V , có kể đến sự chia thành hai miền. Hãy chỉ ra, trên các trục, áp suất $P_c - P_0$ và các thể tích V_1 và V_2 .
- f. (1.4 đ.) Quả bóng có thể tích trong khoảng mà ở đó có thể xảy ra sự đồng tồn tại của hai miền. Hãy tìm sự phụ thuộc của độ dài L_{thin} của miền mỏng vào thể tích

toàn phần V của không khí. Hãy biểu thị kết quả của em theo V_1 , V_2 và bán kính r_1 của miền mỏng.

- g. (1.2 đ.) Quả bóng có thể tích trong khoảng mà ở đó có thể xảy ra sự đồng tồn tại của hai miền. Hãy tìm công ản $\Delta W / \Delta L_{\text{thin}}$ cần thực hiện lên quả bóng để chuyển một đơn vị độ dài của miền mỏng sang miền dày. Hãy biểu thị kết quả của em theo P_c , V_1 , V_2 và bán kính r_1 của miền mỏng.

Bài thí thực nghiệm

Bài số 1

Bài thí nghiệm 1: Sự nâng lên của vật dẫn trong từ trường dao động

Trong một từ trường dao động có cường độ đủ lớn, một vật dẫn bằng kim loại có thể được nâng lên. Sự nâng xảy ra do có lực từ trung bình khác không tác dụng lên dòng điện trong vật dẫn. Dòng điện cảm ứng do chính từ trường xoay chiều gây nên. Lực Lorentz trung bình là khác không, vì có sự dịch pha giữa dao động của dòng điện và dao động của từ trường. Sự dịch pha này là kết quả của hiện tượng tự cảm của các mạch kín có dòng điện chạy, nằm bên trong vật dẫn.

Trong thí nghiệm này, ta khảo sát hiện tượng nói trên và suy ra độ tự cảm của một vòng dây bằng nhôm, từ phép đo lực thẳng đứng tác dụng lên vòng dây; lực này được gây nên bởi một cuộn dây có dòng điện xoay chiều chạy qua. Để tiện cho phép đo, lực trung bình tác dụng lên vòng dây được hướng xuống phía dưới, nên sự nâng không quan sát thấy được.

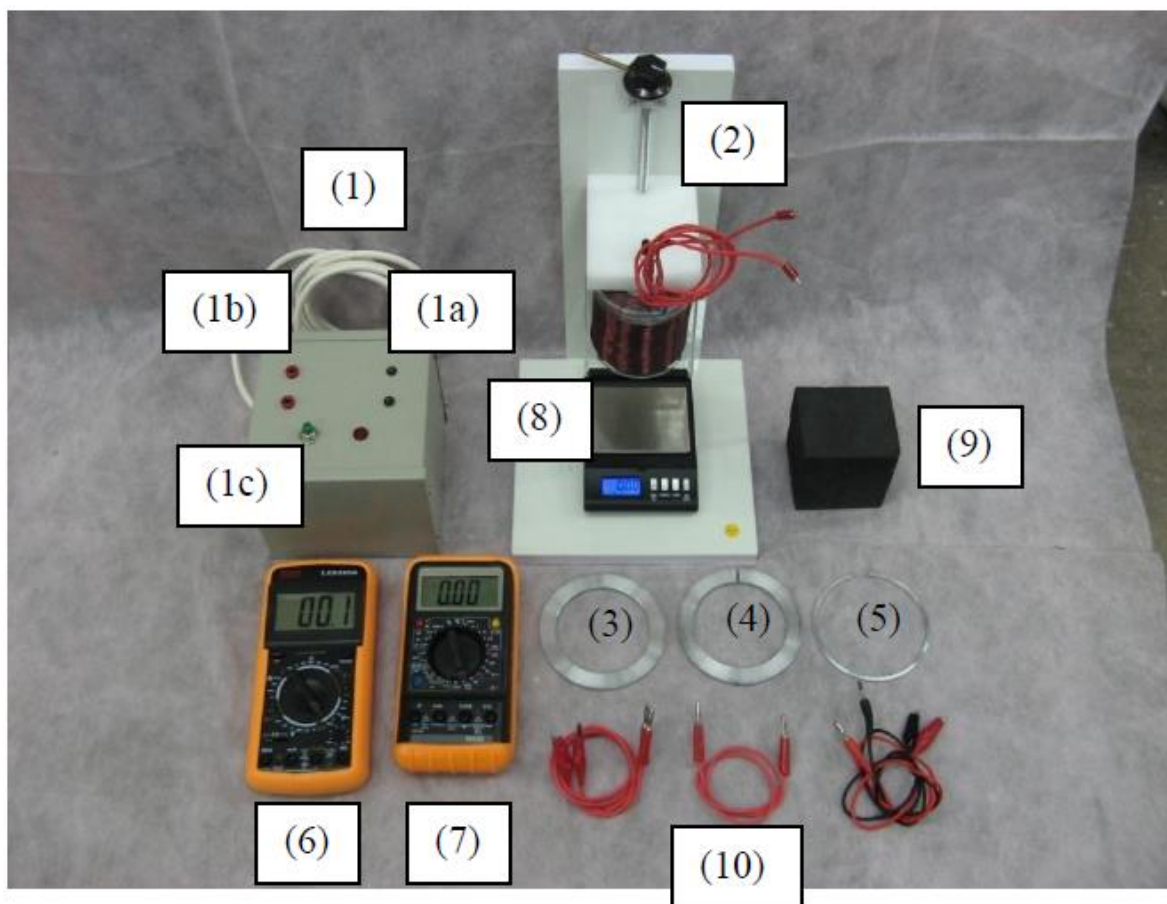
Trên bàn, em có các vật dụng sau đây (Hình 1):

- (1) Một nguồn điện xoay chiều AC, làm việc ở tần số 50Hz. Nguồn điện có hai cặp đầu ra. Hai lỗ cắm nhỏ (1a) cung cấp điện áp khoảng 24V; ta chỉ dùng chúng để cấp dòng điện cho cuộn dây. Hai lỗ cắm to hơn (1b) cung cấp điện áp khoảng 0.7V. Nguồn điện được bật chỉ khi nút bấm màu xanh lá cây (1c) được ấn vào; điều này nhằm tránh làm cho hệ bị quá nóng, nếu ta vô ý để dòng điện chạy trong thời gian dài, như sẽ giải thích ở dưới đây. Đèn đỏ báo hiệu nguồn điện đang bật.
- (2) Một cuộn dây hình trụ đối xứng có lõi gồm nhiều sợi dây sắt. Cuộn dây này được mắc vào hai đầu 24V của nguồn điện. Cuộn dây có thể được đưa lên cao hay hạ xuống thấp nhờ một trục dài có ren. Bước ren theo phương thẳng đứng là $h = 1.41mm$.
- (3-5) Ba vòng kim loại làm bằng cùng một vật liệu (một hợp kim của nhôm). Một vòng khép kín. Vòng thứ hai giống hệt vòng thứ nhất, nhưng có một đoạn ngắn đã được cắt bỏ đi, làm cho vòng hở. Vòng thứ ba cũng hở, và mảnh hơn nhiều so với hai vòng trên.

- (6-7) Hai máy đo đa năng. Chúng sẽ được dùng làm vôn kế và ampe kế. Độ nhạy của vôn kế xoay chiều là 0.1mV. Ampe kế có thể đo dòng điện đến 20A (ở kiểu đo xoay chiều). **Chú ý:** ở kiểu đo xoay chiều, các máy đo hiển thị căn bậc hai của bình phương lấy trung bình của đại lượng cần đo, tức là biên độ chia cho $\sqrt{2}$. Xem các Hình 3 và 4 để biết cách sử dụng.
- (8) Một cái cân hiện số được nuôi bằng pin, có độ nhạy 0.01g. Khi cân chịu một lực dao động nhanh, nó hiển thị giá trị trung bình theo thời gian của lực. **Chú ý:** cân có chế độ “tare”, để đưa số chỉ của cân về số không, khi có một tải trọng trên cân (bằng cách ấn vào nút này). Xem Hình 2.
- (9) Một khối polystyrene có kích thước 8cm×7cm×7cm được dùng để đặt các vòng lên đó khi cân.
- (10) Dây dẫn điện với các đầu nối khác nhau.
- (11) Một cái thước.
- (12) Giấy vẽ đồ thị chia đến milimet.
- (13) Một cái đèn bàn có thể bật tắt khi cần thiết.

Cẩn thận: Khi vòng kín chịu tác dụng của từ trường biến thiên của cuộn dây, có dòng điện lớn chạy qua nó, làm nó nóng lên. Do đó, các tính chất điện của vòng có thể thay đổi chút ít. Để tránh điều đó, không nên cho dòng điện chạy qua cuộn dây trong một khoảng thời gian dài.

Gia tốc trọng trường ở Tel Aviv là $g = 9.80 \pm 0.01\text{N/kg}$.

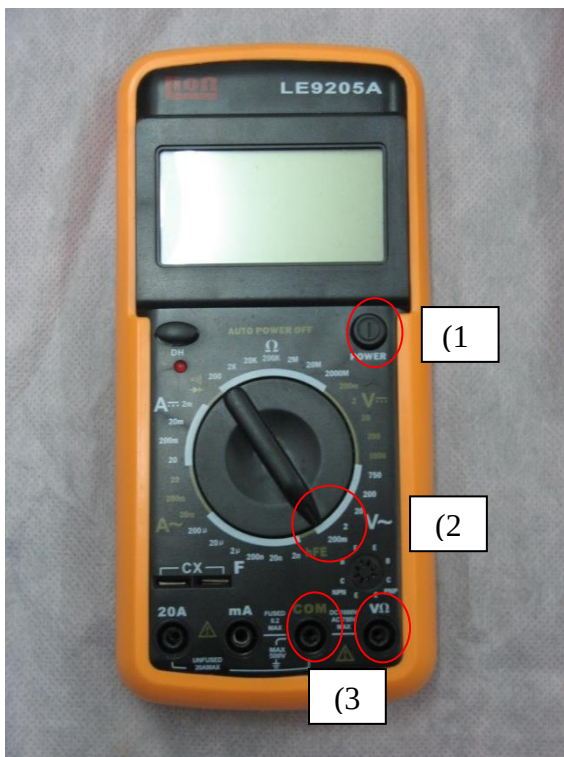


Hình 1 – Các thiết bị.

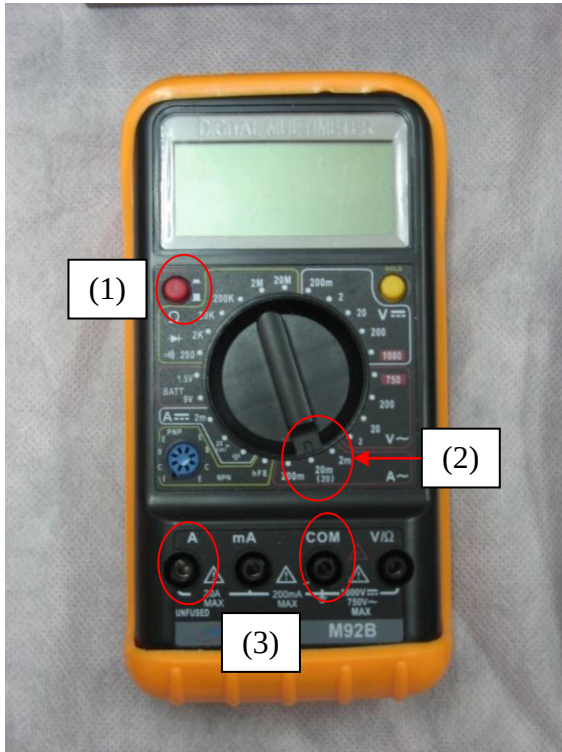
- (1) Nguồn điện 50Hz .
 - (1a) Các đầu ra 24V.
 - (1b) Các đầu ra 0.7V .
 - (1c) Nút bật nguồn.
- (2) Cuộn dây trên trục thẳng đứng có ren.
- (3) Vòng to kín.
- (4) Vòng to hở.
- (5) Vòng mảnh hở.
- (6) Vôn kế.
- (7) Ampe kế.
- (8) Cân.
- (9) Khối polystyrene.
- (10) Các dây dẫn.



Hình 2: Cân hiện số
(1) Nút Bật/Tắt (On/Off)
(2) Nút “Tare” – để đưa số chỉ về số không, khi có vật đặt trên cân.



Hình 3: Vôn kế.
(1) Nút Bật/Tắt (On/Off)
(2) Núm xoay được đặt ở 200mV xoay chiều.
(3) Cắm hai dây vào các lỗ cắm “COM” và “V/Ω”.



Hình 4: Ampe kế.

- (1) Nút Bật/Tắt (On/Off)
- (2) Núm xoay được đặt ở 20mA/20A AC (xoay chiều).
- (3) Cắm hai dây vào các lỗ cắm “COM” và “A”.

Lí thuyết (1.3 điểm)

Xét một vòng dẫn điện có bán kính r đặt trong từ trường của cuộn dây. Trục đối xứng của cuộn dây và vòng trùng với nhau. Gọi độ tự cảm của vòng là L , điện trở của nó là R , và tần số góc của dòng điện trong cuộn dây là ω . Ta định nghĩa z là tọa độ dọc theo trục đối xứng chung của cuộn dây và cái vòng.

Chỉ trong phần này, các em có thể bỏ qua tác dụng nhỏ của từ trường của cái vòng lên cuộn dây và lõi sắt. Ta cũng có thể bỏ qua chiều dày của vòng.

Trong phần này, ta sẽ dùng đến định luật Faraday và định lí Gauss cho từ trường:

- Định luật Faraday: Suất điện động cảm ứng trong một mạch kín, được gây nên bởi từ thông biến thiên, là $\epsilon = -d\Phi_B/dt$.
- Định lí Gauss cho từ trường: từ thông toàn phần qua một mặt kín thì bằng không.

Một vòng dây đặt ở trong từ trường có đối xứng trụ $\vec{B}$ chịu tác dụng của lực tổng hợp

$$F(t) = -2\pi r I(t) B_r(t)$$

trong đó, I là dòng điện trong mạch, và B_r là thành phần hướng kính (theo phương bán kính của vòng) của từ trường ngoài ở lân cận vòng. Chiều dương của lực F hướng xuống dưới, theo hướng z . Chiều dương của dòng điện I được thấy trên Hình 5.

- a. (0.2 đ.) Xét một từ thông ngoài dao động $\Phi_B(t) = \sqrt{2}\Phi_B^{rms} \sin(\omega t)$ gửi qua vòng. Hãy tìm $\epsilon(t)$ là suất điện động cảm ứng chỉ do từ thông trên gây ra, và $I(t)$ là dòng điện cảm ứng chạy trong vòng, theo Φ_B^{rms} , L , R , ω và t .

Gợi ý: Biên độ ϵ_0 của suất điện động và biên độ I_0 của dòng điện trong một đoạn mạch xoay chiều có chứa cả điện trở và cuộn cảm liên hệ với nhau qua $\epsilon_0 = I_0 \sqrt{\omega^2 L^2 + R^2}$, và dòng điện chậm pha $\delta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$ so với suất điện động (chú ý: $\tan^{-1}$ có nghĩa là arctan).

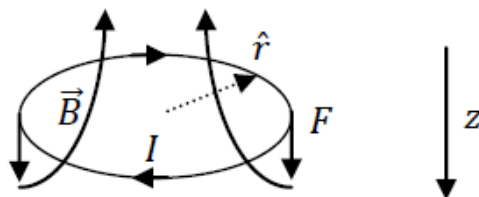
- b. (0.6 đ.) Hãy tìm B_r theo r và $\frac{d}{dz} \Phi_B$, trong đó z là tọa độ dọc theo trục vuông góc với mặt phẳng của vòng.
- c. (0.5 đ.) Hãy chứng minh rằng $\langle F \rangle = \alpha \frac{L}{(R^2 + \omega^2 L^2)} \cdot \frac{d(\epsilon_{rms})^2}{dz}$, trong đó $\langle F \rangle$ là giá trị trung bình theo thời gian của F , $\epsilon^{rms}(z)$ là căn bậc hai của bình phương lấy trung bình (root-mean-square, tức là biên độ chia cho $\sqrt{2}$) của suất điện động trong vòng ở độ cao z . Hãy tìm hằng số α (nếu em không tìm được α , thì trong các phần sau, hãy lấy giá trị của α bằng 1).

Gợi ý: em có thể cần dùng đến các đồng nhất thức sau:

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\langle (\sin(\omega t))^2 \rangle = \langle (\cos(\omega t))^2 \rangle = \frac{1}{2}$$



Hình 5: Vòng kim loại trong từ trường của cuộn dây.

Các phép đo (5.1 điểm)

Trong tất cả các phép đo và phân tích sau đây, em cần chú ý rằng các kết quả càng chính xác thì điểm càng cao. Trong tất cả các phép đo và các kết quả, cần đánh giá sai số.

Đo điện trở (2.6 điểm)

Trong phần này, em cần dùng đến các đầu ra 0.7V của nguồn điện xoay chiều. Nếu dùng các dây dẫn được cấp để đo mạch hai đầu ra 0.7V của nguồn điện, thì dòng điện sẽ có giá trị nằm trong khoảng **5A – 15A**, tùy thuộc vào các chỗ tiếp xúc. Chú ý rằng ba sợi dây ngắn tạo tiếp xúc với ampe kế tốt hơn hai sợi dây dài. **CÂN THẬN:** Không dùng các đầu 24V để tránh làm nóng các linh kiện.

- d. (1.3 đ.) Hãy tìm điện trở R_{thin} của vòng mảnh. Hãy vẽ mạch điện của em vào answer form (phiếu trả lời).

Gợi ý: điện trở của mỗi vòng đều rất nhỏ so với 0.1Ω . Với vòng mảnh, em có thể bỏ qua cảm kháng so với điện trở.

- e. (1.3 đ.) Hãy tìm điện trở R của vòng kín. Nếu cần, hãy tiến hành thêm các phép đo.

Đo suất điện động cảm ứng (1.5 điểm)

- f. (1.5 đ.) Nối cuộn dây vào các đầu 24V của nguồn điện. Đặt vòng to hở sao cho trục của nó trùng với trục của cuộn dây. Đo suất điện động cảm ứng ϵ_{rms} trên vòng, ở các độ cao z khác nhau, tức là ở những khoảng cách khác nhau đối với cuộn dây. Ghi các kết quả đo của em vào bảng ở trong answer form (phiếu trả lời). Vẽ đồ thị của ϵ_{rms} theo z (kèm theo đường cong diễn tả dáng điệu biến thiên).

Đo lực (1 điểm)

- g. (1 đ.) Đặt vòng to kín sao cho trục của nó trùng với trục của cuộn dây. Đo lực trung bình theo thời gian $\langle F \rangle$ tác dụng lên vòng ở các độ cao z khác nhau, tức là ở những khoảng cách khác nhau đối với cuộn dây. Hãy ghi các kết quả đo của em vào bảng ở trong answer form (phiếu trả lời).

Phân tích (3.6 điểm)

- h. (1.4 đ.) Hãy tìm giá trị tuyệt đối của đạo hàm $|d\epsilon_{rms}^2/dz|$ của ϵ_{rms}^2 theo z , với các giá trị của z mà ở đó em đã đo lực ở phần (g). Hãy ghi các giá trị thu được

vào bảng ở trong answer form (phiếu trả lời). Không cần ước lượng sai số trong phần này.

- i. (2.2 đ.) Hãy phân tích các kết quả của em bằng cách dùng một đồ thị tuyến tính để tìm độ tự cảm L của vòng kín. Em có thể sử dụng điều kiện $\omega L < R$.

Ghi chú: Mặc dù vòng kín có độ dày đáng kể, nhưng công thức mà em tìm được ở phần (c) vẫn áp dụng được với độ chính xác cao. Hãy dùng nó để *xác định* độ tự cảm của vòng to.

Gợi ý: Khi vòng quá gần với lõi sắt, phép đo có thể bị sai lệch. Hãy tránh sự rắc rối này trong các phân tích của em.

Bài số 2

Bài thí nghiệm 2: “Hộp đen” quang học

Màn hình TV và máy tính đã có những tiến bộ đáng kể trong những năm gần đây. Ngày nay, phần lớn các màn hình gồm một ma trận bộ lọc LCD và một nguồn ánh sáng trắng chiếu đều từ phía sau. Trong thí nghiệm này, ta sẽ nghiên cứu một mẫu vật làm bằng nhựa, có thể được dùng như một bộ phận của nguồn sáng từ phía sau cho các màn hình LCD.

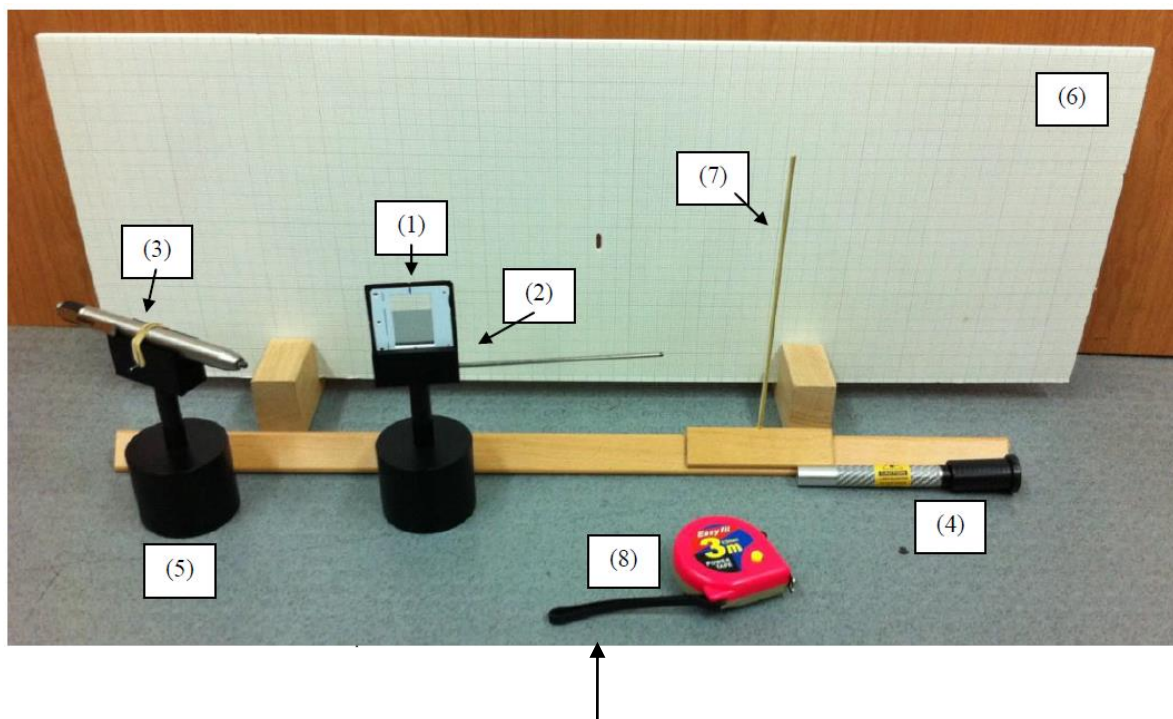
Thiết bị

Trên bàn, em có các vật dụng sau (xem Hình 1):

- (1) Mẫu vật là một vật bằng nhựa được lắp vào một cái khung. **Mẫu vật rất dễ hỏng - không được sờ vào nó. Để điều chỉnh vị trí của mẫu vật, hãy dùng giá đỡ và đế của nó.**
- (2) Một giá đỡ và đế của khung có lắp mẫu vật. Để có một tay cầm dùng để quay mẫu vật một cách chính xác. **Không được tháo khung ra khỏi giá đỡ.**
- (3) Một đèn pin dùng LED trắng. Đèn pin được bật tắt bằng nút bấm ở phía đuôi của nó. **Đừng làm lẫn nó với laser (xem Hình 2).**
- (4) Một bút trở laser. **Laser được đánh dấu bằng nhãn cảnh báo (xem Hình 2).** Laser được bật tắt bằng cách đẩy nắp màu đen của nó. **Không được tháo nắp này ra vì sẽ nguy hiểm, và em có thể làm gãy laser.** Pin của laser sẽ bị yếu đi sau khoảng một giờ; do đó không nên bật nó khi không cần thiết. Bước sóng của laser là $\lambda = 652\text{nm} \pm 2\text{nm}$.
- (5) Một đế được dùng cho cả hai nguồn sáng. **Lúc đầu thí nghiệm, lắp đèn pin vào đế, còn laser thì để trên bàn.**
- (6) Một màn chắn màu trắng, được phủ bằng giấy vẽ đồ thị chia milimet, có các chân gỗ. Có một lỗ ở gần giữa màn chắn. Em được phép đánh dấu trên màn chắn.
- (7) Một cái cọc bằng gỗ có thể được dịch chuyển trên một thanh gỗ. Em được phép đánh dấu lên thanh gỗ.
- (8) Một thước dây.
- (9) Một thước.
- (10) Giấy vẽ đồ thị chia milimet.
- (11) Một đèn bàn mà em có thể bật tắt khi cần thiết.

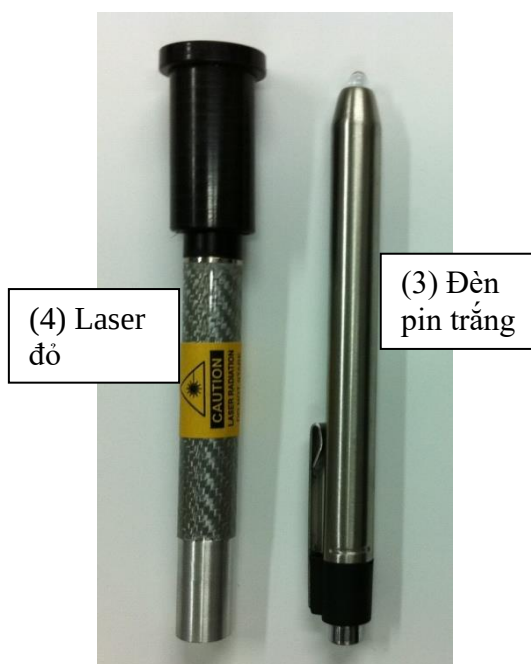
AN TOÀN LASER:

1. Không được nhìn thẳng vào tia laser!
2. Hãy cẩn thận với các tia phản xạ từ các bề mặt kim loại.
3. Không chĩa laser vào người khác.
4. Không được sửa chữa hoặc tháo lắp laser. Hãy gọi giám thị nếu em cần sự giúp đỡ.



Hình 1: Danh sách thiết bị.

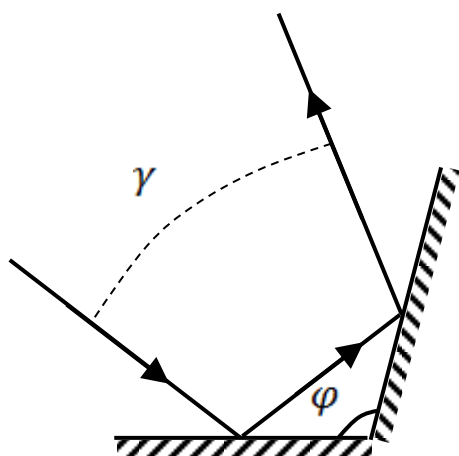
- (1) Mẫu vật bằng nhựa.
- (2) Giá đỡ mẫu vật cùng với đế.
- (3) Đèn pin LED trắng.
- (4) Laser đỏ.
- (5) Đế cho nguồn sáng.
- (6) Màn chắn được phủ giấy vẽ đồ thị chia milimet.
- (7) Cọc gỗ trên thanh gỗ.
- (8) Thước dây.



Hình 2: Cận cảnh của hai nguồn sáng.

Phần I – Lí thuyết (0.4 điểm)

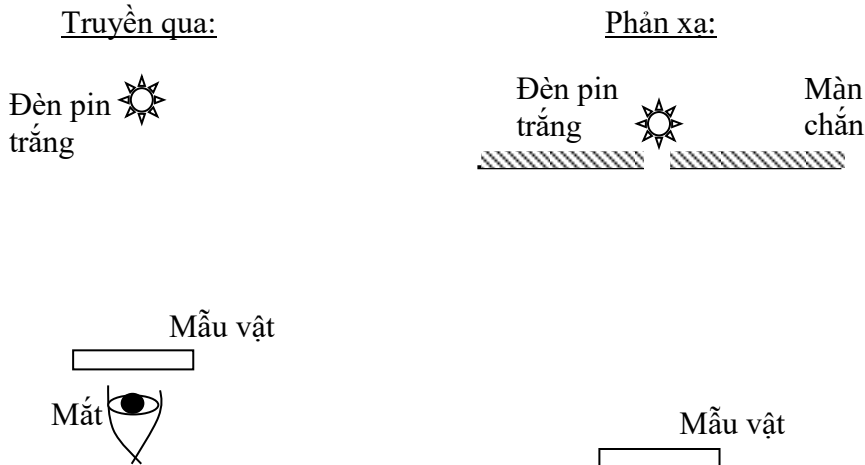
- a. (0.4 đ.) Một tia sáng bị phản xạ từ hai gương lập với nhau góc φ (Hình 3).
 Hãy tìm góc γ giữa tia tới và tia ló. giả thiết rằng mọi tia sáng đều nằm trong mặt phẳng vuông góc với giao tuyến của hai gương.



Hình 3: Một tia sáng bị phản xạ từ hai gương.

Phần II – Đo với ánh sáng trắng (6.1 điểm)

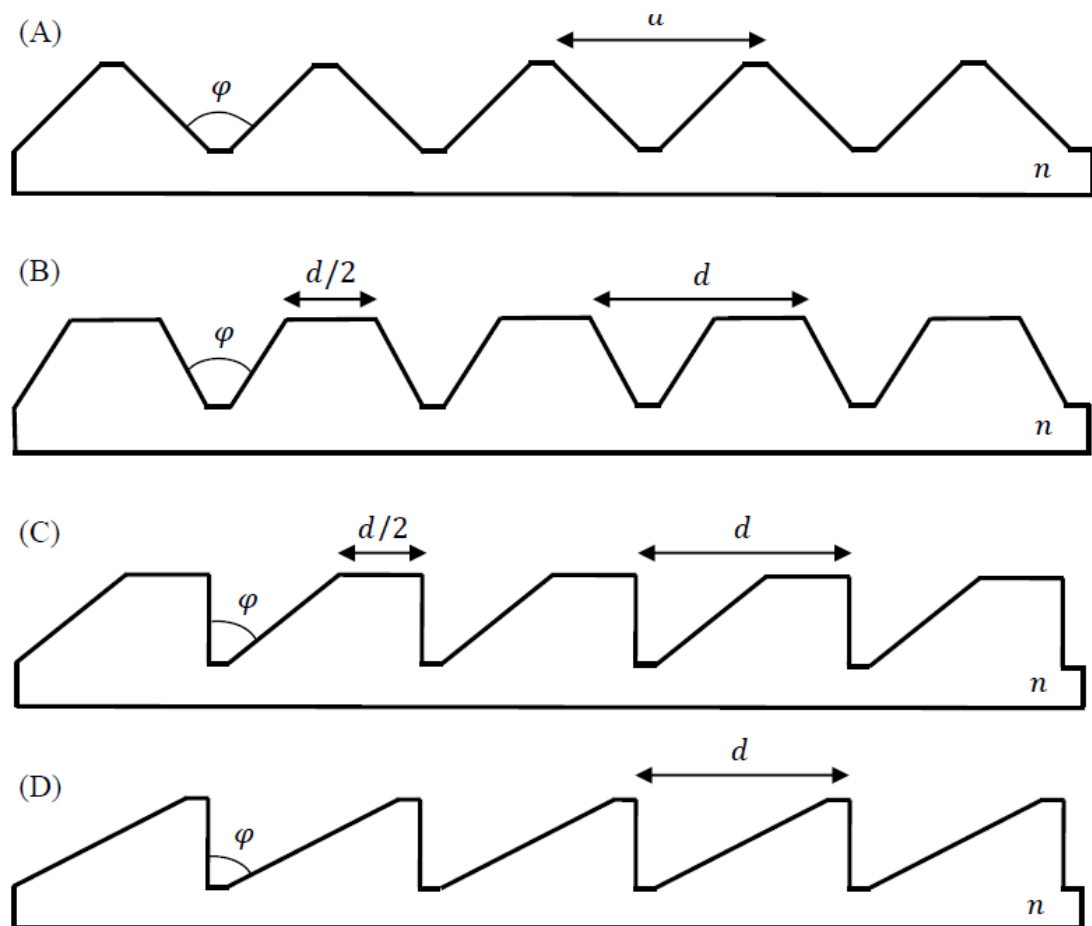
Dùng đèn pin ánh sáng trắng làm nguồn sáng, em có thể quan sát cả tính chất truyền qua và tính chất phản xạ của mẫu vật. Hình 4 minh họa các cách bố trí để quan sát cả hai hiện tượng trên. Chú ý: em có thể quan sát thấy các kết quả khác nhau khi chiếu vào mặt này hay mặt kia của mẫu vật.



Hình 4: Gợi ý các cách bố trí với ánh sáng trắng.

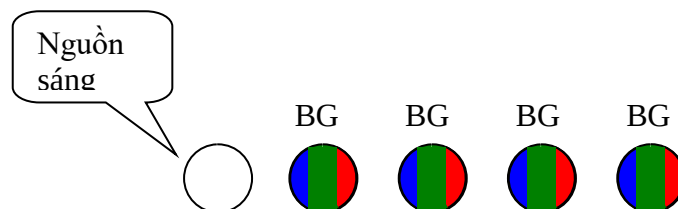
CÂN THẬN: Để nhìn ánh sáng trắng truyền qua, em cần nhìn thẳng vào chùm tia của đèn pin qua mẫu vật. **Không được làm như vậy với laser!** Ngoài ra, tránh nhìn thẳng vào đèn pin trong khoảng thời gian dài.

- b. (0.5 đ.) Hình 5 minh họa sơ lược bốn khả năng về cấu trúc vi mô của mẫu vật. n là chiết suất của nhựa làm mẫu vật. Hãy chọn cấu trúc phù hợp nhất với các quan sát của em. Ghi chú: 5 chu kì nêu trên hình chỉ là để minh họa. Trên thực tế, d là bé, và mẫu vật chứa nhiều chu kì.



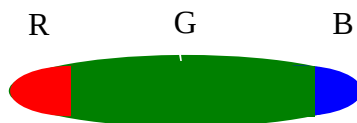
Hình 5: Các khả năng khác nhau cho cấu trúc của mẫu vật

- c. (0.8 đ.) Hãy tìm góc φ của mẫu vật và ước lượng sai số.
- d. (0.5 đ.) Khi một chùm sáng trắng chiếu vuông góc với mẫu vào một mặt của mẫu, hình ảnh mờ nhạt dưới đây có thể quan sát thấy ở ánh sáng truyền qua, hơi lệch về bên phải của nguồn (Hình 6). “R”, “G” và “B” lần lượt kí hiệu cho đỏ (red), xanh lục (green) và xanh lam (blue). Ghi chú : hình ảnh này có thể khó quan sát; em không cần đo nó.



Hình 6: Hình ảnh mờ nhạt ở gần nguồn sáng.

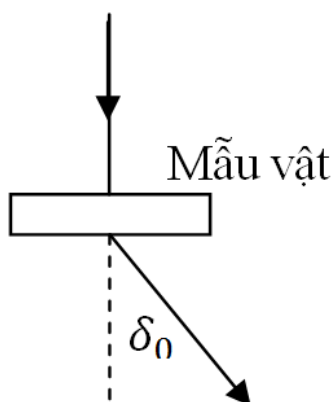
Xa hơn về phía phải, em có thể thấy hình ảnh sáng rõ hơn nhiều. (Hình 7):



Hình 7: Hình ảnh sáng rõ ở xa hơn về phía phải của nguồn sáng.

Chọn đáp án đúng:

- A. Mọi hình có màu sắc đều là kết quả của sự giao thoa.
 - B. Mọi hình có màu sắc đều là kết quả của sự phụ thuộc của n vào bước sóng.
 - C. Hình ảnh được mô tả ở Hình 6 là kết quả của sự giao thoa, còn hình ảnh mô tả ở Hình 7 là kết quả của sự phụ thuộc của n vào bước sóng.
 - D. Hình ảnh được mô tả ở Hình 6 là kết quả của sự phụ thuộc của n vào bước sóng, còn hình ảnh mô tả ở Hình 7 là kết quả của sự giao thoa.
- e. (1.4 đ.) Với ánh sáng trắng bố trí như ở phần (d), hãy đo góc lệch δ_0 của tia sáng tím (ở ngoài phía đầu màu xanh lam của phổ) cho đỉnh mạnh được vẽ trên Hình 7. Góc lệch được xác định trên Hình 8. Hãy ghi lại tất cả các phép đo trung gian. Hãy ước tính sai số.



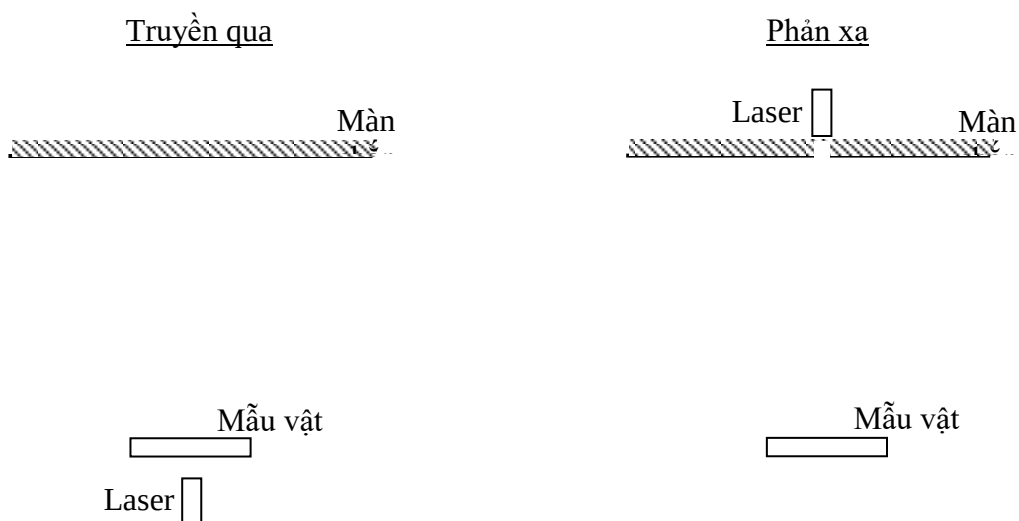
Hình 8: Góc lệch δ_0 .

- f. (1.4 đ.) Sự rọi vào mẫu vật ở các góc tới khác nhau dẫn đến các góc lệch khác nhau cho các đỉnh truyền qua mạnh. Hãy đo góc lệch cực tiểu δ_{min} của đỉnh mạnh trong ánh sáng tím truyền qua (chỉ có một góc cực tiểu như vậy). Hãy ghi lại các phép đo trung gian. Hãy ước tính sai số.

- g. (0.8 đ.) Dùng góc φ từ phần (c), hãy biểu thị chiết suất n của mẫu vật theo δ_0 hoặc theo δ_{min} . Em có thể dùng tính chất truyền ngược của ánh sáng và tính chất duy nhất của góc lệch cực tiểu δ_{min} .
- h. (0.7 đ.) Tìm chiết suất n_v của mẫu cho ánh sáng tím và xác định sai số của nó.

Phần III – Đo với laser (3.5 điểm)

Tháo đèn pin khỏi đế nguồn sáng, và thay nó bằng laser. Em có thể dùng màn chắn để quan sát cả hình ảnh truyền qua và hình ảnh phản xạ, như thấy trên Hình 9. Pin của laser có tuổi thọ hữu hạn; không bật nó khi không cần thiết. Khi xếp đặt các linh kiện, khi cần, có thể quay laser quanh trục của nó. **CẢNH BÁO: Không được nhìn thẳng vào tia laser và các tia phản xạ của nó! Không được nhìn vào laser qua mẫu vật mà phải dùng màn chắn đã được cấp.**



Hình 9: Một số gợi ý về cách bố trí để quan sát với

Hãy quan sát hình ảnh xen kẽ giữa các vân sáng và vân tối trên màn chắn khi em quay nhẹ mẫu vật. Sự mờ đi của một số vân là do sự giao thoa ngược pha những tia sáng đến từ các phần khác nhau của mỗi cái “răng” trên mẫu vật.

- i. (1 đ.) Hãy sử dụng một cách bố trí trên Hình 9, với mẫu vật được rọi vuông góc bằng tia laser. Hãy ghi các góc lệch θ của các vân theo số thứ tự m của

vân. Hãy xác định tâm của hình ảnh ứng với $m = 0$. Hãy dùng bảng được cho trong answer form (phiếu trả lời). Hãy ghi lại mọi phép đo trung gian. Hãy ước lượng sai số.

- j. (1.5 đ.) Dùng một đồ thị có dạng đường thẳng, hãy tìm khoảng cách d giữa hai “răng” cạnh nhau của mẫu vật. Không cần vẽ các vạch sai số trên đồ thị. Hãy ước tính sai số của d .
- k. (1 đ.) Dùng công thức em đã tìm được ở phần (g), hãy tìm chiết suất n_r của mẫu vật đối với ánh sáng đỏ của laser. Hãy ghi lại mọi phép đo tiến hành thêm. Hãy ước tính sai số. **CẢNH BÁO: không được nhìn qua mẫu! Hãy dùng màn chắn được cấp.**