



ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

NGUYỄN QUÝ TUẤN (CHỦ BIÊN), ĐINH THANH KHẮN,
DỤNG VĂN LỮ, MAI THỊ KIỀU LIÊN, TRẦN THỊ HỒNG,
NGUYỄN THỊ XUÂN HOÀI, ĐẶNG NGỌC TOÀN

GIÁO TRÌNH
THÍ NGHIỆM
VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG



NHÀ XUẤT BẢN ĐÀ NẴNG

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

NGUYỄN QUÝ TUẤN (CHỦ BIÊN),
ĐINH THANH KHẮN, DỤNG VĂN LỮ,
MAI THỊ KIỀU LIÊN, TRẦN THỊ HỒNG,
NGUYỄN THỊ XUÂN HOÀI, ĐẶNG NGỌC TOÀN

Giáo trình
THÍ NGHIỆM
VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG



NHÀ XUẤT BẢN ĐÀ NẴNG

MỤC LỤC

Mục lục	3
Lời nói đầu	5
CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU VỀ THÍ NGHIỆM VẬT LÝ.....	9
1.1. Các đại lượng vật lý	9
1.2. Lí thuyết sai số	15
1.3. Đồ thị và phân tích đồ thị trong vật lý	27
CHƯƠNG 2. THÍ NGHIỆM CƠ HỌC	36
2.1. Làm quen với các dụng cụ đo cơ học.....	36
2.2. Xác định khối lượng riêng của vật rắn.....	43
2.3. Xác định hệ số ma sát nghỉ và ma sát trượt.....	54
2.4. Kiểm nghiệm định luật III Newton và lí thuyết va chạm.....	61
2.5. Kiểm nghiệm định luật II Newton, định lí động năng và định luật bảo toàn cơ năng.....	72
2.6. Khảo sát chuyển động quay của vật rắn.....	83
CHƯƠNG 3. THÍ NGHIỆM NHIỆT HỌC	94
3.1. Làm quen với các dụng cụ đo nhiệt	94
3.2. Khảo sát sự giãn nở của vật rắn theo nhiệt độ.....	100
3.3. Khảo sát sự phụ thuộc hệ số căng mặt ngoài của chất lỏng theo nhiệt độ	108
3.4. Khảo sát sự phụ thuộc của áp suất hơi nước theo nhiệt độ ..	116
3.5. Xác định nhiệt dung riêng của chất lỏng.....	123
3.6. Xác định nhiệt dung riêng của chất rắn.....	126
3.7. Xác định hệ số nhớt chất lỏng bằng phương pháp Stokes ...	129
CHƯƠNG 4. THÍ NGHIỆM ĐIỆN VÀ TỪ'	139
4.1. Làm quen với các dụng cụ đo điện và từ	139
4.2. Xác định điện trở bằng phương pháp cầu Wheatstone	156

4.3. Xác định công suất tiêu thụ của bóng đèn dây tóc	163
4.4. Khảo sát từ trường của cuộn dây Helmholtz	169
4.5. Xác định thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất	180
4.6. Xác định điện tích riêng e/m của electron	188
4.7. Xác định hệ số tự cảm của ống dây	197
4.8. Khảo sát mạch RLC bằng dao động kí điện tử	212
CHƯƠNG 5. THÍ NGHIỆM DAO ĐỘNG VÀ SÓNG.....	224
5.1. Làm quen với các dụng cụ đo trong dao động và sóng	224
5.2. Xác định moment quán tính của vật rắn	228
5.3. Xác định gia tốc trọng trường	239
5.4. Khảo sát hiện tượng sóng dừng trên dây	242
5.5. Xác định tốc độ truyền âm trong không khí	249
CHƯƠNG 6. THÍ NGHIỆM QUANG HỌC.....	257
6.1. Làm quen với các dụng cụ đo quang học	257
6.2. Xác định chiết suất của bản thủy tinh	268
6.3. Xác định bước sóng ánh sáng	276
6.4. Khảo sát hệ vân tròn Newton.....	285
6.5. Xác định độ rộng khe hẹp và chu kì cách tử.....	294
6.6. Khảo sát sự phân cực ánh sáng	303
Tài liệu tham khảo	309
Phụ lục.....	311

LỜI NÓI ĐẦU

Vật lí là một môn khoa học dựa trên cơ sở các quan sát thực nghiệm. Vì vậy, các thí nghiệm có vai trò rất quan trọng trong giảng dạy và học tập môn Vật lí. Thí nghiệm vật lí không những giúp người học kiểm chứng lại những nội dung đã được trình bày trong các bài giảng lí thuyết, mà còn giúp hình thành và phát triển những năng lực thực hành, tư duy phản biện, kĩ năng làm việc nhóm, kĩ năng giao tiếp, ... Tuy nhiên, do thiết bị thí nghiệm còn hạn chế nên học sinh ở trường trung học phổ thông hiện nay không có nhiều cơ hội để thực hiện các thí nghiệm vật lí. Vì vậy, năng lực thực hành và các kĩ năng liên quan của học sinh chưa được phát triển đúng mức.

Nhằm mục tiêu hình thành và phát triển năng lực thực hành của người học, Khoa Vật lí, Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng đã định kì phát triển chương trình đào tạo nhằm tăng cường thời lượng thực hành; nâng cấp, cải tiến và trang bị mới các bài thí nghiệm để phục vụ cho công tác đào tạo; biên soạn tài liệu hướng dẫn thực hành phù hợp. Giáo trình “Thí nghiệm vật lí đại cương” được nhóm biên soạn thực hiện để đáp ứng nhu cầu về tài liệu trong quá trình dạy và học các học phần thực hành tại Khoa.

Giáo trình này được sử dụng cho sinh viên ngành Cử nhân Sư phạm Vật lí, Cử nhân Vật lí kĩ thuật của Khoa Vật lí, Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng. Bên cạnh đó, giáo trình còn có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành kĩ thuật của các trường đại học khác.

Giáo trình giới thiệu các bài thí nghiệm thực hành liên quan đến các kiến thức trong các học phần Cơ học, Nhiệt học, Điện và Từ, Dao động và Sóng, và Quang học trong chương trình đào tạo ngành Cử nhân Sư phạm Vật lí, Cử nhân Vật lí kĩ thuật. Giáo trình gồm 6 Chương:

Chương 1. Giới thiệu về thí nghiệm vật lí

Chương 2. Thí nghiệm cơ học

Chương 3. Thí nghiệm nhiệt học

Chương 4. Thí nghiệm điện và từ

Chương 5. Thí nghiệm dao động và sóng

Chương 6. Thí nghiệm quang học

Chương 1 trình bày những kiến thức người học cần có để vận dụng khi thực hành các bài thí nghiệm trong các chương tiếp theo. Nội dung của chương 1 bao gồm giới thiệu về các đơn vị cơ bản sử dụng trong đo lường vật lí; sai số và cách tính sai số trong các phép đo; phương pháp vẽ đồ thị và phân tích kết quả thí nghiệm dựa trên đồ thị.

Chương 2 đến chương 6 trình bày một số bài thí nghiệm cơ bản, giúp người học kiểm nghiệm lại các định luật, các đại lượng trong các học phần Cơ học, Nhiệt học, Điện và Từ, Dao động và Sóng, Quang học. Các chương có cấu trúc giống nhau, bắt đầu từ làm quen với dụng cụ thí nghiệm đến các bài thí nghiệm được sắp xếp theo mạch kiến thức của chương. Các bài thí nghiệm cũng được biên soạn theo một trình tự thống nhất, từ mục tiêu, câu hỏi chuẩn bị, cơ sở lí thuyết, dụng cụ, tiến trình đến kết quả và báo cáo thí nghiệm. Mục tiêu thí nghiệm là các chuẩn đầu ra, cụ thể là những kiến thức, kĩ năng và thái độ mà người học cần đạt được sau khi hoàn thành bài thí nghiệm. Câu hỏi chuẩn bị thí nghiệm giúp người học chuẩn bị trước những nội dung kiến thức cần thiết và có cái nhìn ban đầu tương đối hoàn chỉnh về bài thí nghiệm. Người học phải trả lời đầy đủ và chính xác tất cả các câu hỏi này mới đủ điều kiện để tiến hành thí nghiệm. Mục “Cơ sở lí thuyết” giới thiệu ngắn gọn nội dung định luật hay các đại lượng liên quan trong bài thí nghiệm. Tuy nhiên, để phân tích được chi tiết nội dung và ý nghĩa của bài thí nghiệm, người học cần xem lại nội

dung kiến thức trong học phần liên quan đã học trước đó và tham khảo thêm các nguồn tài liệu khác. Mục “Dụng cụ thí nghiệm” liệt kê những dụng cụ cơ bản được cung cấp cho bài thí nghiệm và hướng dẫn sử dụng những dụng cụ thí nghiệm mới liên quan. Từ danh sách dụng cụ này, người học cần trả lời được câu hỏi cho từng dụng cụ: “Dụng cụ này dùng để làm gì? Vì sao cần phải có nó? Nếu không có dụng cụ này thì có thể tiến hành được hay không? Dụng cụ nào khác có thể thay thế được dụng cụ này?”. Mục “Tiến trình thí nghiệm” giới thiệu các bước tiến hành cơ bản để thu được kết quả thí nghiệm theo mục tiêu cần đạt. Người học cần giải thích được sự cần thiết của từng bước trong tổng thể tiến trình thí nghiệm và trả lời được câu hỏi: “Bỏ qua hay xáo trộn các bước thí nghiệm đã được liệt kê có thu được kết quả thí nghiệm cần thiết không? Vì sao?”. Để tăng mức độ tự chủ, trong một số bài thí nghiệm, người học được yêu cầu tự thiết kế tiến trình thí nghiệm từ các dụng cụ đã cho để đạt được mục tiêu thí nghiệm. Mục “Kết quả và báo cáo thí nghiệm” gợi ý những kết quả chính cần thu thập, xử lý, phân tích và biện luận. Người học cần thực hiện các báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint theo trình tự, nội dung và yêu cầu trong “rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm” được liệt kê trong phần Phụ lục.

Phần Phụ lục đề xuất phương pháp dạy học và kiểm tra đánh giá trong dạy học thí nghiệm vật lý thông qua giới thiệu các rubric đánh giá quá trình học tập. Các rubric: đánh giá làm việc nhóm, đánh giá kết quả thực hiện thí nghiệm, đánh giá báo cáo thí nghiệm là cơ sở để người học tự đánh giá bản thân, đánh giá lẫn nhau và người dạy đánh giá kết quả học tập của người học một cách tường minh, rõ ràng. Để đạt được kết quả cao, người học phải thỏa mãn các được tiêu chí ở mục “Rất tích cực/Chuẩn mực/Chuẩn xác” trong các rubric đó.

Trong quá trình thực hiện, nhóm biên soạn đã nhận được rất nhiều góp ý tích cực của quý đồng nghiệp trong Khoa Vật lí và đã tiếp thu, chỉnh sửa để giáo trình được hoàn thiện tốt nhất. Nhóm biên soạn xin chân thành cảm ơn những góp ý quý báu đó và rất mong nhận được sự góp ý của quý đồng nghiệp và quý bạn đọc để hoàn thiện giáo trình trong những lần tái bản sau.

Mọi góp ý kính đề nghị gửi đến email: nqtuan@ued.udn.vn (Nguyễn Quý Tuấn). Trân trọng cảm ơn.

Nhóm biên soạn

CHƯƠNG 1

GIỚI THIỆU VỀ THÍ NGHIỆM VẬT LÝ

1.1. Các đại lượng vật lý

1.1.1. Hệ đo lường quốc tế SI

Các nhà vật lý cũng như các nhà khoa học khác quan sát và đặt ra những câu hỏi cơ bản về thế giới tự nhiên. Ví dụ, một vật lớn bao nhiêu? Nó có khối lượng bao nhiêu? Nó đã đi bao xa? ... Để trả lời những câu hỏi này, họ thực hiện các phép đo bằng nhiều dụng cụ khác nhau (ví dụ: thước đo, sự cân bằng, đồng hồ bấm giờ, ...).

Các phép đo của các đại lượng vật lý được biểu thị dưới dạng đơn vị, là các giá trị đã được chuẩn hóa. Ví dụ, chiều dài quãng đường di chuyển có thể được biểu thị bằng mét (với khoảng cách nhỏ) hoặc km (với khoảng cách lớn). Nếu không có các đơn vị được chuẩn hóa, các nhà khoa học sẽ rất khó để diễn đạt và so sánh các giá trị đo được một cách có ý nghĩa.

Có hai hệ đơn vị chính được sử dụng trên thế giới: hệ đơn vị SI (viết tắt của tiếng Pháp: Le Système International d'Unités, còn được gọi là hệ mét) và hệ đơn vị Anh. Các đơn vị của hệ Anh trong lịch sử được sử dụng ở các quốc gia từng bị Đế quốc Anh cai trị. Ngày nay, Hoa Kỳ là quốc gia duy nhất vẫn sử dụng rộng rãi các đơn vị hệ Anh. Các quốc gia khác trên thế giới hiện nay đều sử dụng hệ đơn vị SI, đây là hệ thống tiêu chuẩn được các nhà khoa học thống nhất.

Một số đại lượng vật lý cơ bản hơn những đại lượng khác. Có bảy đại lượng cơ bản: độ dài, khối lượng, thời gian, nhiệt độ, cường độ dòng điện, lượng chất và cường độ sáng. Các đơn vị đo chúng lần lượt là mét, kilogram, giây, ampere, kelvin, mole và candela, được trình bày trong Bảng 1.1.1, và được gọi là bảy đơn vị cơ bản. Các đơn vị khác như m/s, N, C, ... có thể được biểu

diễn thông qua các đơn vị cơ bản trên. Chúng được gọi là các đơn vị dẫn xuất.

Bảng 1.1.1. Các đại lượng, đơn vị cơ bản và kí hiệu trong hệ SI.

Đại lượng	Đơn vị	Kí hiệu
Độ dài	Mét	m
Khối lượng	Kilogram	kg
Thời gian	Giây	s
Cường độ dòng điện	Ampere	A
Nhiệt độ	Kelvin	K
Lượng chất	Mole	mol
Cường độ sáng	Candela	cd

Mét (m)

Đơn vị SI cho chiều dài là mét (m). Định nghĩa của mét đã thay đổi theo thời gian để trở nên chính xác hơn. Mét, lần đầu tiên được xác định vào năm 1791, là 1/10 000 000 của khoảng cách từ xích đạo đến Bắc cực. Phép đo này đã được cải tiến vào năm 1889 bằng cách xác định lại mét là khoảng cách giữa hai vạch khắc trên thanh platin-iridium. (Thanh này hiện được đặt tại Văn phòng trọng lượng và đo lường Quốc tế, Paris). Đến năm 1960, một số khoảng cách có thể được đo chính xác hơn bằng cách so sánh chúng với bước sóng ánh sáng. Vì vậy, mét được định nghĩa lại là 1 650 763,73 lần bước sóng của ánh sáng màu da cam do nguyên tử Krypton phát ra. Năm 1983, mét được đưa ra định nghĩa hiện tại là khoảng cách ánh sáng truyền trong chân không trong 1/299 792 458 giây.

Kilogram (kg)

Đơn vị SI cho khối lượng là kilogram (kg). Nó được định nghĩa là khối lượng của một hình trụ platin-iridi, được đặt tại Văn phòng trọng lượng và đo lường Quốc tế, Paris. Bản sao chính xác của hình trụ kilogram tiêu chuẩn được lưu giữ ở nhiều địa điểm trên khắp thế giới, chẳng hạn như Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ

Quốc gia ở Gaithersburg, Maryland. Việc xác định tất cả các khối lượng khác có thể được thực hiện bằng cách so sánh chúng với một trong những kilogram tiêu chuẩn này.

Giây (s)

Đơn vị SI cho thời gian là giây (s). Nó cũng có lịch sử lâu đời. Trong nhiều năm, nó được định nghĩa là 1/86 400 của một ngày mặt trời trung bình. Tuy nhiên, ngày Mặt Trời trung bình thực sự dài ra rất nhiều do tốc độ quay của Trái Đất dần chậm lại. Độ chính xác trong các đơn vị cơ bản là điều cần thiết vì tất cả các phép đo khác đều bắt nguồn từ chúng. Do đó, một tiêu chuẩn mới đã được thông qua để xác định giây theo một hiện tượng vật lý không thay đổi. Một hiện tượng không đổi là sự dao động rất ổn định của các nguyên tử cesium, có thể quan sát và đếm được. Sự dao động này tạo ra cơ sở của đồng hồ nguyên tử cesium. Năm 1967, giây được xác định là thời gian cần thiết để nguyên tử cesium thực hiện 9 192 631 770 dao động.

Ampere (A)

Dòng điện được đo bằng ampere (A), được đặt theo tên của Andre Ampere. Để hiệu được ampere đòi hỏi phải có kiến thức cơ bản về điện và từ. Giả sử ta có hai dây dẫn rất dài, song song đặt cách nhau 1 mét trong chân không, có hai dòng điện cùng chiều chạy qua. Khi đó, 1 ampere được định nghĩa là cường độ dòng điện chạy qua mỗi dây dẫn để lực hút trên một mét chiều dài của mỗi dây là $2,7 \times 10^{-7}$ N.

Kelvins (K)

Đơn vị đo nhiệt độ trong hệ SI là kelvin (K) (hoặc kelvins, nhưng không phải độ kelvin). Thang đo này được đặt theo tên của nhà vật lý William Thomson (được phong tước thành Lord Kelvin), người đầu tiên đề xuất sử dụng thang đo nhiệt độ tuyệt đối. Thang đo kelvin dựa trên độ không tuyệt đối. Đây là điểm mà tại đó tất cả các nguyên tử cấu tạo nên một vật đều đứng yên đối với hệ quy chiếu khối tâm của vật. Nhiệt độ này là 0 K, bằng $-273,15$ °C. Có thuận tiện là thang K thay đổi theo cùng một bậc với thang độ C. Ví

dụ, điểm đóng băng ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$; $273,15\text{ K}$) và điểm sôi ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$; $373,15\text{ K}$) của nước cách nhau $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ độ trên thang độ C và cũng cách nhau 100 K trên thang độ K.

Mol hay mole (mol)

Mol, được định nghĩa lại vào năm 2018, là đơn vị đo lường dùng trong hóa học nhằm diễn tả một lượng chất có chứa $6,02214076 \times 10^{23}$ số nguyên tử (hoặc phân tử) chất đó. Số này được gọi là hằng số Avogadro (kí hiệu N_A).

Candela (cd)

Đơn vị cơ bản dùng trong việc đo thông số nguồn sáng, là năng lượng phát ra từ nguồn ánh sáng theo một hướng cụ thể và được tính: 1 candela là cường độ mà một nguồn sáng phát ra 1 lumen đẳng hướng trong một góc khối ($1\text{ cd} = 1\text{ lm} / 1\text{ steradian}$).

Ngoài ra, có một số hệ đơn vị đôi khi được sử dụng là hệ CGS (centimetre-gram-second system) và hệ đơn vị truyền thống của Hoa Kỳ. Trong hệ CGS, đơn vị độ dài là centimet, đơn vị khối lượng là gam, đơn vị thời gian là giây. Trong hệ đơn vị truyền thống của Mỹ, đơn vị độ dài là foot, đơn vị thời gian là giây và đơn vị lực là pound. Các hệ đơn vị khác nhau thì đơn vị đo cũng sẽ khác nhau. Điều quan trọng là biết cách chuyển đổi giá trị giữa các hệ đơn vị này. Trong một phương trình đại số, các đại lượng trong các phép tính phải cùng một hệ đơn vị.

1.1.2. Các bội, ước thập phân của đơn vị hệ SI

Các đối tượng hoặc hiện tượng vật lý có thể rất khác nhau. Ví dụ, kích thước của các vật thể thay đổi từ vật rất nhỏ (như nguyên tử) đến vật rất lớn (như ngôi sao). Tuy nhiên, đơn vị đo chiều dài tiêu chuẩn là mét. Vì vậy, để đơn giản cách thể hiện, hệ thống số liệu bao gồm các bội, ước có thể được gắn vào một đơn vị. Các bội, ước thập phân dựa trên hệ cơ số 10 (10, 100, 1 000, ..., cũng như 0,1; 0,01; 0,001; ...). Bảng 1.1.2 đưa ra các bội, ước thập phân và kí hiệu của hệ đơn vị SI được sử dụng để biểu thị các hệ số khác nhau của 10.

Bảng 1.1.2. Kí hiệu, giá trị và ví dụ các các bội, ước thập phân trong hệ đơn vị SI.

Tiền tố	Kí hiệu	Giá trị	Tên (ví dụ)	Kí hiệu	Giá trị	Mô tả
Exa	E	10^{18}	Examet	Fm	10^{18} m	Khoảng cách ánh sáng truyền đi trong ~ 1 thế kỉ
Peta	P	10^{15}	Peta giây	Ps	10^{15} s	30 triệu năm
Tera	T	10^{12}	Tera Watt	TW	10^{12} W	Công suất laser cực mạnh
Giga	G	10^9	Giga Hertz	GHz	10^9 Hz	Tần số sóng viba
Mega	M	10^6	Mega Curie	MCi	10^6 Ci	Độ phóng xạ cao
kilo	k	10^3	kilomet	km	10^3 m	1000 m
hector	h	10^2	hector lit	hL	10^2 L	100 L
deka	da	10^1	deka gam	dag	10^1 g	10 g
		$10^0 = 1$				
deci	d	10^{-1}	deci lit	dL	10^{-1} L	Khoảng 1/3 lon nước ngọt
centi	c	10^{-2}	centimet	cm	10^{-2} m	Bè dày ngón tay
mili	m	10^{-3}	milimet	mm	10^{-3} m	Bè dày dây cáp điện
micro	μ	10^{-6}	micromet	μ m	10^{-6} m	Giới hạn nhìn thấy kính hiển vi quang học
nano	n	10^{-9}	nano gam	ng	10^{-9} g	Hạt bụi mịn
pico	p	10^{-12}	pico Fara	pF	10^{-12} F	Tụ điện nhỏ trong radio
femto	f	10^{-15}	femtomet	fm	10^{-15} m	Kích thước proton
atto	a	10^{-18}	atto giây	as	10^{-18} s	Thời gian ánh sáng đi qua 1 nguyên tử

Hệ đơn vị SI thuận tiện vì việc chuyển đổi giữa các đơn vị số liệu có thể được thực hiện đơn giản bằng cách di chuyển vị trí thập phân của một số. Do đó, với hệ đơn vị SI, không cần phải phát minh ra các đơn vị mới khi đo các đối tượng rất nhỏ hoặc rất lớn mà chỉ cần di chuyển dấu thập phân và sử dụng các bội, ước thập phân thích hợp.

1.1.3. Sử dụng kí hiệu khoa học với các phép đo vật lí

Kí hiệu khoa học là cách viết số quá lớn hoặc quá nhỏ dưới dạng số thập phân. Ví dụ, hãy xem xét con số 840 000 000 000 000. Đó là một con số khá lớn để viết ra. Kí hiệu khoa học cho số này là $8,4 \times 10^{14}$. Kí hiệu khoa học tuân theo định dạng chung:

$$a \times 10^b$$

Trong định dạng này, a là giá trị của phép đo với tất cả các số 0 có nghĩa đã bị loại bỏ (trong ví dụ trên, a là 8,4). Dấu “ \times ” được nhân với hệ số 10^b , với b là số lượng các số 0 có nghĩa trong phép đo (trong ví dụ trên, hệ số là 10^{14}). Điều này nghĩa là nên di chuyển dấu thập phân 14 vị trí sang bên phải, điền vào các số 0 có nghĩa khi di chuyển.

Các số thập phân có thể được viết lại bằng kí hiệu khoa học. Ví dụ số 0,0000045 có kí hiệu khoa học là $4,5 \times 10^{-6}$. Kí hiệu khoa học này cũng có định dạng $a \times 10^b$, với a là 4,5. Tuy nhiên, giá trị của b trong hệ số 10^b là âm. Do đó, cần di chuyển vị trí thập phân sang bên trái để thu lại giá trị ban đầu. Trong ví dụ $4,5 \times 10^{-6}$, dấu thập phân sẽ được di chuyển sang bên trái sáu lần để mang lại số ban đầu, sẽ là 0,0000045.

Thuật ngữ bậc độ lớn đề cập đến bội, ước của 10 khi các con số được thể hiện bằng kí hiệu khoa học. Các đại lượng có cùng độ lớn, hoặc xấp xỉ, khi được biểu thị bằng kí hiệu khoa học được cho là có cùng bậc. Ví dụ: số 800 có thể được viết là 8×10^2 và số 450 có thể được viết là $4,5 \times 10^2$. Cả hai số có cùng giá trị cho b . Do đó, 800 và 450 có cùng bậc. Tương tự, 101 và 99 sẽ được coi là cùng bậc, 10^2 . Bậc độ lớn có thể được coi là ước tính nhanh cho thang

đo của một giá trị. Ví dụ, đường kính của một nguyên tử theo bậc độ lớn là 10^{-9} m, trong khi đường kính của mặt trời theo bậc độ lớn là 10^9 m. Hai giá trị này cách nhau 18 bậc.

1.2. Lí thuyết sai số

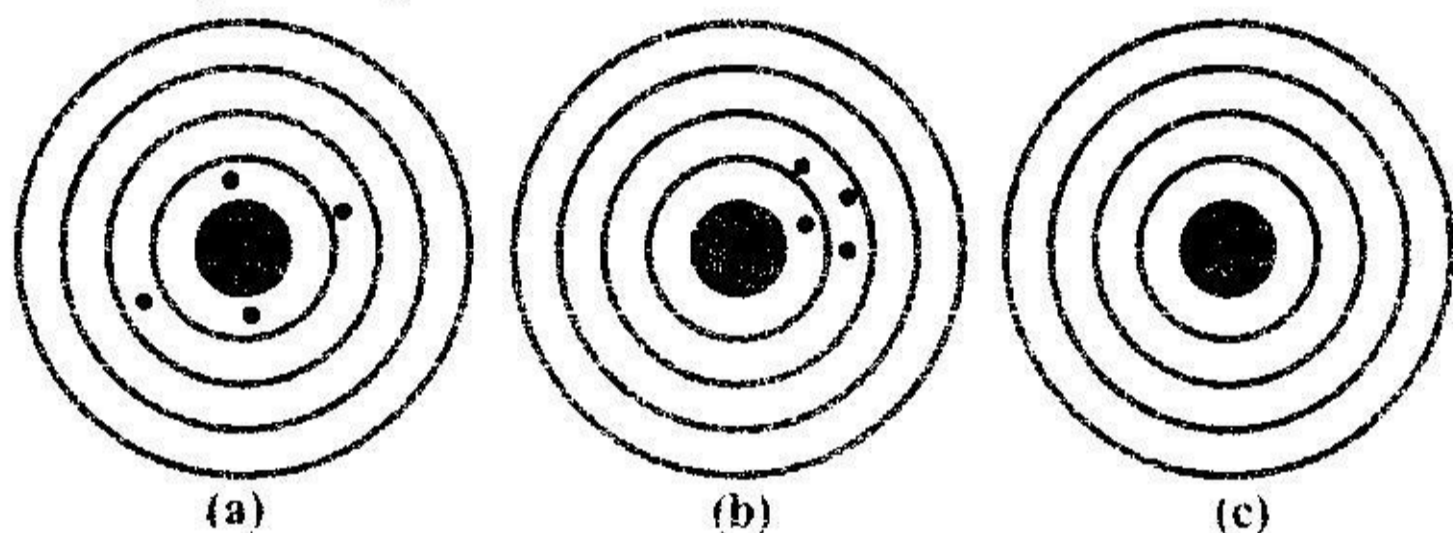
1.2.1. Độ chính xác và độ tập trung

Khoa học dựa trên thực nghiệm đòi hỏi những phép đo chính xác. Giá trị của một phép đo có thể được mô tả dưới dạng độ chính xác và độ tập trung của nó. Độ chính xác là mức độ gần của phép đo với giá trị thực của phép đo đó. Ví dụ: chiều dài của khổ giấy in A4 ghi trên bao bì là 29,7 cm và giả sử giá trị này là chính xác. Kết quả đo chiều dài của tờ giấy ba lần với các số đo sau: 29,8 cm, 29,9 cm và 29,6 cm. Các phép đo này khá chính xác vì chúng rất gần với giá trị thực là 29,7 cm. Ngược lại, nếu kết quả có số đo 29,0 cm, thì phép đo đó không chính xác lắm. Đây là lí do tại sao các dụng cụ đo lường được hiệu chuẩn dựa trên một phép đo đã biết. Nếu thiết bị luôn trả về giá trị thực của phép đo đã biết, thì nó an toàn để sử dụng trong việc tìm kiếm các giá trị chưa biết.

Độ tập trung của một phép đo cho biết độ lặp lại của các kết quả phép đo đó. Hay nói cách khác, nó cho biết mức độ gần nhau của các kết quả phép đo khi đo nhiều lần cùng một đại lượng. Một cách để phân tích độ tập trung của các phép đo là xác định phạm vi hoặc sự khác biệt giữa giá trị đo được thấp nhất và cao nhất. Trong phép đo chiều dài khổ giấy in A4 ở ví dụ trên, giá trị thấp nhất là 29,6 cm và giá trị cao nhất là 29,9 cm. Do đó, các giá trị đo được sai lệch với nhau nhiều nhất là 0,3 cm. Các phép đo này có độ tập trung hợp lí vì chúng chỉ chênh lệch nhau một phần nhỏ của cm. Tuy nhiên, nếu các giá trị đo được là 29,0 cm, 29,9 cm và 31,0 cm thì các phép đo có độ tập trung không cao vì kết quả đo thay đổi nhiều từ phép đo này sang phép đo khác.

Phép đo chiều dài khổ giấy in A4 với kết quả là 29,8 cm, 29,9 cm và 29,6 cm vừa chính xác lại vừa tập trung, nhưng trong một số trường hợp, các phép đo chính xác nhưng không tập trung, hoặc chúng tập trung nhưng không chính xác. Chúng ta hãy xem

xét hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) đang cố gắng xác định vị trí của một ngôi nhà. Giả sử vị trí ngôi nhà đang nằm ở điểm giữa của hồng tâm và mỗi lần hệ thống GPS xác định vị trí ngôi nhà được đánh dấu bằng một chấm đen trên hồng tâm. Trong Hình 1.2.1a, bạn có thể thấy rằng các phép đo GPS nằm cách xa nhau, nhưng chúng đều tương đối gần với vị trí thực tế của ngôi nhà tại điểm giữa của hồng tâm. Điều này cho thấy hệ thống đo có độ tập trung thấp nhưng độ chính xác cao. Tuy nhiên, trong Hình 1.2.1b, các phép đo GPS tập trung khá gần nhau, nhưng chúng lại ở xa vị trí mục tiêu. Điều này cho thấy hệ thống đo có độ tập trung cao nhưng độ chính xác thấp. Cuối cùng, trong Hình 1.2.1c, GPS vừa chính xác vừa tập trung cho phép xác định đúng vị trí ngôi nhà.



Hình 1.2.1. Ví dụ về độ tập trung và độ chính xác: (a) độ tập trung thấp và độ chính xác cao; (b) độ tập trung cao và độ chính xác thấp; (c) độ tập trung cao và độ chính xác cao.

1.2.2. Nguyên nhân sai số trong các phép đo

Độ chính xác và độ tập trung của kết quả đo xác định sai số của một phép đo. Sai số là một cách để mô tả giá trị đo được của bạn sai lệch bao nhiêu so với giá trị thực mà đối tượng có. Nếu các phép đo của bạn không chính xác và/hoặc không tập trung, thì sai số của các giá trị đo được sẽ rất cao. Tổng quát, sai số có thể được coi là khoảng sai khác khả dĩ của giá trị thực tế với các giá trị đo được. Ví dụ, nếu được yêu cầu cung cấp số km trên chiếc xe của mình, bạn có thể nói rằng kết quả là 45 000 km, cộng hoặc trừ 500

km. Số km cộng hoặc trừ là sai số trong giá trị cung cấp. Nghĩa là, số km thực tế của chiếc xe có thể thấp nhất là 44 500 km hoặc cao nhất là 45 500 km, hoặc bất cứ nơi nào ở giữa hai giá trị trên.

Tất cả các phép đo đều có sai số. Trong ví dụ về đo chiều dài của tờ giấy, chúng ta có thể nói rằng chiều dài của tờ giấy là 29,7 cm cộng với trừ 0,2 cm hoặc $29,7 \pm 0,2$ cm. Sai số trong phép đo đại lượng X thường được kí hiệu là ΔX hoặc δX ("delta X ").

Các yếu tố góp phần vào sai số trong phép đo bao gồm:

1. Hạn chế của thiết bị đo,
2. Kỹ năng của người thực hiện phép đo,
3. Sự bất thường trong đối tượng được đo,
4. Bất kì yếu tố nào khác ảnh hưởng đến kết quả đo.

Trong ví dụ về giấy in A4, sai số có thể do: vạch chia nhỏ nhất trên thước có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn 0,1 cm, người sử dụng thước có thị lực kém, hoặc sai số do máy cắt giấy gây ra (ví dụ: một cạnh của tờ giấy là dài hơn một chút so với cạnh kia.) Thực hành tốt là xem xét cẩn thận tất cả các yếu tố có thể có gây ra sai số trong phép đo để giảm thiểu hoặc loại bỏ chúng.

1.2.3. Các loại sai số

1.2.3.1. Sai số tuyệt đối ΔX

Sai số tuyệt đối là trị tuyệt đối của hiệu giá trị thực x và giá trị đo được X của nó:

$$\Delta X = |x - X| \quad (1.2.1)$$

Sai số tuyệt đối cho biết giới hạn của đại lượng được đo (bao hàm giá trị thực của nó):

$$X - \Delta X \leq x \leq X + \Delta X \quad (1.2.2)$$

Hay, kết quả của một phép đo được biểu diễn:

$$x = X \pm \Delta X \quad (1.2.3)$$

1.2.3.2. Sai số tương đối ε

Sai số tương đối là tỉ số phần trăm của sai số tuyệt đối ΔX và giá trị thực x của đại lượng phải đo:

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{x} \times 100\% \quad (1.2.4)$$

Sai số tương đối cho biết mức độ chính xác của kết quả đo.

1.2.4. Cách tính sai số của phép đo trực tiếp

Đo trực tiếp là cách đo mà kết quả được đọc trực tiếp trên dụng cụ đo. Giả sử kết quả của n lần đo của một đại lượng vật lý có giá trị thực x là X_1, X_2, \dots, X_n thì sai số tuyệt đối ngẫu nhiên của mỗi lần đo là: $\Delta X_1 = x - X_1, \Delta X_2 = x - X_2, \dots, \Delta X_n = x - X_n$.

Suy ra:

$$\Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_n = nx - (X_1 + X_2 + \dots + X_n)$$

Hay:

$$\begin{aligned} x &= \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} + \frac{\Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_n}{n} \\ &= \bar{X} + \frac{1}{n} \sum_i \Delta X_i \end{aligned} \quad (1.2.5)$$

Vì chưa biết được x nên ta chưa biết được ΔX_i . Chúng ta cần tìm một giá trị gần giá trị thực x nhất để thay nó tính kết quả sai số. Để làm được điều này, chúng ta cần các giả thiết của lý thuyết xác suất:

i) Các sai số ngẫu nhiên có cùng trị số và trái dấu thì có cùng khả năng xuất hiện (cùng xác suất).

ii) Sai số ngẫu nhiên có giá trị càng lớn thì có xác suất xuất hiện càng nhỏ.

Do đó, nếu số lần đo n khá lớn thì $\sum_i \Delta X_i \rightarrow 0$, hay

$$x \approx \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \bar{X} \quad (1.2.6)$$

Vậy trị trung bình \bar{X} của n lần đo cùng một đại lượng là trị gần đúng nhất so với giá trị thực x của đại lượng đó. Khi đó, độ lệch giữa trị trung bình \bar{X} và giá trị của mỗi lần đo là:

$$\Delta X_1 = |\bar{X} - X_1|, \Delta X_2 = |\bar{X} - X_2|, \dots, \Delta X_n = |\bar{X} - X_n|$$

Giá trị trung bình của độ lệch này là:

$$\overline{\Delta X} = \frac{\Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_n}{n} \quad (1.2.7)$$

Ta chọn $\overline{\Delta X}$ làm sai số tuyệt đối của kết quả đo trực tiếp và được gọi là sai số tuyệt đối trung bình. Kết quả đo trực tiếp là:

$$x = \bar{X} \pm \overline{\Delta X} \quad (1.2.8)$$

Khi đó, sai số tương đối trung bình là:

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta X}}{\bar{X}} \times 100\% \quad (1.2.9)$$

CHÚ Ý:

i) Độ chính xác của dụng cụ đo bằng độ chia nhỏ nhất trên thang đo của dụng cụ và sai số tuyệt đối giới hạn (nhỏ nhất) bằng độ chính xác của dụng cụ.

Với dụng cụ đo điện như ampe kế, volt kế thì sai số tuyệt đối giới hạn (nhỏ nhất) là:

$$\Delta X_{gh} = K \times X_m \quad (1.2.10)$$

trong đó K là cấp chính xác của dụng cụ (tức là những con số 0,2; 0,6; 1,5 ghi trên mặt dụng cụ đo); còn X_m là giá trị cực đại cho phép trên mỗi thang đo của dụng cụ.

Ví dụ: Với volt kế có $K = 1,5\%$ (ghi trên dụng cụ là 1,5), nếu sử dụng thang đo là $X_m = 100 \text{ mV}$ thì $X_{gh} = \frac{1,5}{100} \times 100 = 1,5 \text{ mV}$.

ii) Cần tiến hành phép đo trực tiếp nhiều lần để tăng độ chính xác và độ tập trung của phép đo. Tuy nhiên, đối với những phép đo một lần và các phép đo điện bằng đồng hồ điện, ta sử dụng sai số tuyệt đối giới hạn làm sai số của kết quả đo.

Để dàng thấy rằng với mỗi dụng cụ đo điện đã cho thì sai số tương đối càng lớn nếu bản thân đại lượng phải đo càng nhỏ so với giá trị cực đại X_m cho phép trên thang đo. Vì thế cần chọn thang đo sao cho đại lượng cần đo bằng khoảng 50 - 80% của giá trị cực đại X_m .

iii) Sai số tuyệt đối chưa nói lên được độ chính xác của kết quả đo. Ví dụ, nếu so sánh kết quả đo đường kính dây đồng là $d = \bar{d} \pm \overline{\Delta d} = (0,50 \pm 0,01)$ mm với kết quả đo chiều dài của nó là $l = \bar{l} \pm \overline{\Delta l} = (500 \pm 1)$ mm, ta thấy $\overline{\Delta l} = 100\overline{\Delta d}$, nhưng sai số tương đối của l là $\frac{\overline{\Delta l}}{\bar{l}} = 0,2\%$ còn sai số tương đối của d là $\frac{\overline{\Delta d}}{\bar{d}} = 2\%$. Như vậy, phép đo độ dài chính xác gấp 10 lần so với phép đo đường kính. Do đó, đại lượng “sai số tương đối” được đưa ra để đánh giá độ chính xác của kết quả đo. Những phép đo có $\varepsilon \leq 5\%$ được xem là chính xác và $\varepsilon \leq 10\%$ là chấp nhận được. Nếu $\varepsilon > 10\%$ thì cần xem xét lại.

1.2.5. Cách tính sai số của phép đo gián tiếp

Đo gián tiếp là phép đo mà kết quả được tính qua các công thức liên hệ các đại lượng đo trực tiếp. Giả sử ta đo đại lượng F liên hệ với các đại lượng được đo trực tiếp x, y và z thông qua hàm số:

$$F = F(x, y, z)$$

Trong đó, các đại lượng x, y và z được đo trực tiếp và có kết quả đo:

$$x = \bar{X} \pm \overline{\Delta X}; y = \bar{Y} \pm \overline{\Delta Y}; z = \bar{Z} \pm \overline{\Delta Z}$$

Do $\overline{\Delta X} \ll \bar{X}$, $\overline{\Delta Y} \ll \bar{Y}$ và $\overline{\Delta Z} \ll \bar{Z}$, chúng ta có thể xem các sai số này như những vi phân dx, dy và dz của các đại lượng x, y và z . Vì vậy, chúng ta có thể áp dụng phép tính vi phân đối với hàm số $F = F(x, y, z)$, để tính các sai số $\overline{\Delta F}$ và $\overline{\Delta F}/\bar{F}$ một cách thuận tiện và nhanh chóng.

Vì $d(\ln F) = dF/F$, nên ta có thể viết lại:

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta F}}{\bar{F}} = \frac{d\bar{F}}{\bar{F}} = d(\ln \bar{F})$$

trong đó, \bar{F} là giá trị trung bình của F và được xác định:

$$\bar{F} = F(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$$

Ta có:

$$d(\ln \bar{F}) = \frac{d\bar{F}}{\bar{F}} = \frac{1}{\bar{F}} \left(\frac{\delta \bar{F}}{\delta x} dx + \frac{\delta \bar{F}}{\delta y} dy + \frac{\delta \bar{F}}{\delta z} dz \right)$$

Thay dx , dy và dz bằng $\overline{\Delta X}$, $\overline{\Delta Y}$ và $\overline{\Delta Z}$ và lấy giá trị tuyệt đối của các số hạng, sai số tương đối trung bình của F được viết lại:

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta F}}{\bar{F}} = \left| \frac{1}{\bar{F}} \right| \left(\left| \frac{\delta \bar{F}}{\delta x} \right| \overline{\Delta X} + \left| \frac{\delta \bar{F}}{\delta y} \right| \overline{\Delta Y} + \left| \frac{\delta \bar{F}}{\delta z} \right| \overline{\Delta Z} \right) \quad (1.2.11)$$

trong đó $\frac{\delta \bar{F}}{\delta x}$, $\frac{\delta \bar{F}}{\delta y}$ và $\frac{\delta \bar{F}}{\delta z}$ lần lượt là các đạo hàm riêng phần của hàm số \bar{F} đối với các biến x , y và z .

Sai số tuyệt đối trung bình của F :

$$\overline{\Delta F}' = \varepsilon \cdot \bar{F} \quad (1.2.12)$$

Kết quả cuối cùng của phép đo gián tiếp là:

$$F = \bar{F} \pm \overline{\Delta F} \quad (1.2.13)$$

Phép tính vi phân cho phép tính sai số tuyệt đối ΔF và sai số tương đối ε của các hàm F khác nhau được thể hiện trong Bảng 1.2.1.

Chú ý: Trong thí nghiệm, các hằng số như π , g ... là những đại lượng được xác định từ thực nghiệm nên cũng có sai số. Các hằng số này thường chứa rất nhiều số chữ số có nghĩa. Tuy nhiên, ta chỉ chọn số chữ số có nghĩa trong chúng sao cho sai số tương đối của chúng nhỏ hơn 10% tổng sai số tương đối của các đại lượng đo trực tiếp khác.

Bảng 1.2.1. Phép tính sai số tuyệt đối ΔF và sai số tương đối ε của các hàm F khác nhau.

HÀM SỐ	CÔNG THỨC TÍNH SAI SỐ	
	Tuyệt đối (ΔF)	Tương đối (ε)
$F = x + y + z$	$\Delta X + \Delta Y + \Delta Z$	$\frac{\Delta X + \Delta Y + \Delta Z}{X + Y + Z}$
$F = x - y$	$\Delta X + \Delta Y$	$\frac{\Delta X + \Delta Y}{X - Y}$
$F = x \cdot y$	$Y\Delta X + X\Delta Y$	$\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y}$
$F = x \cdot y \cdot z$	$YZ\Delta X + XZ\Delta Y + XY\Delta Z$	$\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y} + \frac{\Delta Z}{Z}$
$F = x^n$	$nX^{n-1} \cdot \Delta X$	$n \frac{\Delta X}{X}$
$F = \sqrt[n]{x}$	$\frac{1}{n} X^{\frac{1}{n}-1} \cdot \Delta X$	$\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta X}{X}$
$F = \frac{x}{y}$	$\frac{Y\Delta X + X\Delta Y}{Y^2}$	$\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y}$
$F = \sin x$	$ \cos X \Delta X$	$ \cot X \Delta X$
$F = \cos x$	$ \sin X \Delta X$	$ \tan X \Delta X$
$F = \tan x$	$\frac{\Delta X}{\cos^2 X}$	$\frac{2\Delta X}{ \sin 2X }$
$F = \cot x$	$\frac{\Delta X}{\sin^2 X}$	$\frac{2\Delta X}{ \sin 2X }$

Ví dụ: Xác định kết quả và sai số của phép đo thể tích của một khối trụ kim loại. Kết quả đo trực tiếp đường kính D và độ cao h lần lượt là $D = (21,5 \pm 0,1)$ mm và $h = (62,2 \pm 0,1)$ mm.

Thể tích của hình trụ được tính theo công thức:

$$V = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 h$$

Suy ra:

$$\ln \bar{V} = \ln \pi + 2 \ln \bar{D} + \ln \bar{h} - \ln 4$$

$$d(\ln \bar{V}) = \frac{d\bar{V}}{\bar{V}} = \frac{d\pi}{\pi} + 2 \frac{d\bar{D}}{\bar{D}} + \frac{d\bar{h}}{\bar{h}}$$

Sai số tương đối trung bình của thể tích hình trụ:

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta V}}{\bar{V}} = \frac{\Delta \pi}{\pi} + 2 \frac{\overline{\Delta D}}{\bar{D}} + \frac{\overline{\Delta h}}{\bar{h}}$$

Trong công thức tính sai số tương đối ở trên có xuất hiện hằng số π . Tổng sai số tương đối của các đại lượng khác:

$$2 \frac{\overline{\Delta D}}{\bar{D}} + \frac{\overline{\Delta h}}{\bar{h}} = 2 \times \frac{0,1}{21,5} + \frac{0,1}{62,2} = 0,012$$

Như vậy, ở đây ta chọn số chữ số có nghĩa của π sao cho sai số tương đối:

$$\frac{\Delta \pi}{\pi} < 10\% \times 0,012 = 0,001$$

nghĩa là

$$\Delta \pi < 0,001 \times 3,1416 \approx 0,003$$

Như vậy phải lấy $\pi = 3,14$ vì

$$\Delta \pi = 3,1416 - 3,14 = 0,0016 < 0,003$$

Không được lấy $\pi = 3,1$ vì

$$\Delta \pi = 3,1416 - 3,1 = 0,0416 > 0,003$$

Khi đó sai số tương đối trung bình của thể tích là:

$$\begin{aligned} \varepsilon = \frac{\overline{\Delta V}}{\bar{V}} &= \frac{\Delta \pi}{\pi} + 2 \frac{\overline{\Delta D}}{\bar{D}} + \frac{\overline{\Delta h}}{\bar{h}} = \frac{0,003}{3,142} + 2 \times \frac{0,1}{21,5} + \frac{0,1}{62,2} = 0,012 \\ &= 1,2\% \end{aligned}$$

Giá trị trung bình của thể tích khối trụ:

$$\begin{aligned}\bar{V} &= \frac{\pi \bar{D}^2}{4} \bar{h} = 3,14 \frac{21,5^2}{4} 62,2 = 22570,28 \text{ mm}^3 \\ &= 2,26 \times 10^4 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Tính sai số tuyệt đối trung bình:

$$\begin{aligned}\Delta \bar{V} &= \varepsilon \bar{V} = 0,012 \times 2,26 \times 10^4 = 0,02712 \times 10^4 \\ &= 0,03 \times 10^4 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Kết quả cuối cùng (đã qui tròn)

$$V = (2,26 \pm 0,03) \times 10^4 \text{ mm}^3$$

1.2.6. Số 0 và các chữ số có nghĩa

Trong thí nghiệm, khi bạn thực hiện một phép đo thì cần lưu ý các chữ số 0 khi đếm các chữ số có nghĩa. Ví dụ: các chữ số 0 trong số 0,053 không có nghĩa vì chúng chỉ là số định vị dấu thập phân. Có hai chữ số có nghĩa trong số 0,053 là 5 và 3. Tuy nhiên, nếu chữ số 0 xuất hiện giữa các chữ số chữ số khác không thì nó có nghĩa. Ví dụ: cả hai chữ số 0 trong số 10 053 đều có nghĩa vì hai chữ số 0 này đã được đo thực sự. Do đó, số 10 053 có năm chữ số có nghĩa. Các chữ số 0 trong số 1 300 có thể có ý nghĩa hoặc không, tùy thuộc vào cách viết số. Chúng có thể có nghĩa là số được biết đến với số 0 cuối cùng hoặc các số 0 định vị. Vì vậy, 1 300 có thể có hai, ba hoặc bốn chữ số có nghĩa. Để tránh sự mơ hồ, số 1 300 thường được viết trong kí hiệu khoa học là $1,3 \times 10^3$. Chỉ các chữ số có nghĩa mới được đưa ra trong hệ số \times với một số trong kí hiệu khoa học (ở dạng $a \times 10^b$). Do đó, chúng ta biết rằng 1 và 3 là các chữ số có nghĩa duy nhất trong số này. Tóm lại, các chữ số 0 có ý nghĩa ngoại trừ khi chúng chỉ đóng vai trò là số giữ chỗ. Bảng 1.2.2 cung cấp các ví dụ về số lượng các chữ số có nghĩa khác nhau.

Khi kết hợp các phép đo với độ chính xác và độ tập trung khác nhau, số chữ số có nghĩa trong kết quả cuối cùng không được

lớn hơn số chữ số có nghĩa trong giá trị đo kém chính xác nhất. Có hai quy tắc khác nhau, một quy tắc cho nhân, chia và một quy tắc khác cho cộng, trừ như được thảo luận bên dưới.

Bảng 1.2.2. Ví dụ về các chữ số có nghĩa.

Số	Số chữ số có nghĩa	Lập luận
1,657	4	Không có số 0 và tất cả các số khác 0 luôn có ý nghĩa.
0,4578	4	Số 0 đầu tiên chỉ là chỗ dành sẵn cho dấu thập phân.
0,000458	3	Bốn số 0 đầu tiên là số giữ chỗ cần thiết để báo cáo dữ liệu cho vị trí phần mười nghìn.
2 000,56	6	Ba số 0 có ý nghĩa ở đây vì chúng xuất hiện giữa các số liệu quan trọng khác.
45,600	3	Không có gạch dưới hoặc kí hiệu khoa học, chúng tôi giả định rằng hai số 0 cuối cùng là số giữ chỗ và không quan trọng.
15 895 <u>000</u>	7	Hai số 0 được gạch dưới là quan trọng, trong khi số 0 cuối cùng thì không, vì nó không được gạch dưới.
$5,457 \times 10^{13}$	4	Trong kí hiệu khoa học, tất cả các số được báo cáo trước dấu nhân đều có nghĩa.
$6,520 \times 10^{-23}$	4	Trong kí hiệu khoa học, tất cả các số được báo cáo trước dấu nhân đều có nghĩa, kể cả số 0.

1.2.6.1. Đối với phép nhân và phép chia

Kết quả cuối cùng phải có cùng số chữ số có nghĩa với số chữ số có nghĩa của thừa số có ít chữ số có nghĩa nhất. Ví dụ, diện tích của một hình tròn có thể được tính từ bán kính của nó bằng cách sử dụng công thức $A = \pi r^2$. Chúng ta hãy xem diện tích sẽ có bao nhiêu chữ số có nghĩa nếu bán kính chỉ có hai chữ số có

nghĩa, ví dụ, $r = 2,0$ m. Sau đó, sử dụng một máy tính giữ tám số quan trọng, bạn sẽ nhận được

$$A = \pi r^2 = (3,1415927 \dots) \times (2,0 \text{ m})^2 = 12,5663708 \text{ m}^2$$

Nhưng vì bán kính r chỉ có hai chữ số có nghĩa nên diện tích A chỉ có 2 chữ số có nghĩa. Như vậy, diện tích hình tròn có giá trị $A = 13 \text{ m}^2$ mặc dù giá trị của π có ít nhất tám chữ số có nghĩa.

1.2.6.2. Đối với phép cộng và phép trừ

Kết quả cuối cùng phải có cùng chữ số thập phân với số hạng ít chính xác nhất. Ví dụ: Giả sử rằng bạn mua 7,56 kg khoai tây trong một cửa hàng tạp hóa và được đo bằng một chiếc cân có độ chính xác là 0,01 kg. Sau đó, bạn để lại 6,052 kg khoai tây tại phòng thí nghiệm, nơi có cân với độ chính xác 0,001 kg. Cuối cùng, bạn về nhà và thêm 13,7 kg khoai tây bằng với độ chính xác 0,1 kg. Bây giờ bạn có bao nhiêu khoai tây và bao nhiêu chữ số có nghĩa là phù hợp trong câu trả lời? Khối lượng được tìm thấy bằng phép cộng và trừ đơn giản:

$$7,56 \text{ kg} - 6,052 \text{ kg} + 13,7 \text{ kg} = 15,208 \text{ kg}$$

Phép đo kém chính xác nhất là 13,7 kg. Phép đo này được biểu thị đến 0,1 chữ số thập phân nên câu trả lời cuối cùng cũng phải được biểu thị đến 0,1 chữ số thập phân. Vì vậy, câu trả lời nên được làm tròn đến hàng phần mười, cho 15,2 kg. Điều này cũng đúng với các số không thập phân. Ví dụ,

$$6\,527,23 + 2 = 6\,529,23 = 6\,529$$

chúng ta không thể biết vị trí thập phân trong câu trả lời vì 2 không có vị trí thập phân nào có ý nghĩa.

Chúng ta nên giữ lại các số liệu bổ sung quan trọng trong khi tính toán và chỉ làm tròn số chính xác các số liệu quan trọng trong các đáp số cuối cùng. Lí do là những sai sót nhỏ do làm tròn trong khi tính toán đôi khi có thể tạo ra sai số đáng kể trong đáp số cuối

cùng. Tương tự như vậy, chúng ta sẽ tránh làm tròn số ở kết quả trung gian khi đếm và thực hiện tính toán, trong đó nhiều số nhỏ cần được cộng và trừ chính xác để cho ra số cuối cùng có thể lớn hơn nhiều.

LƯU Ý:

Để nhanh chóng và đỡ phức tạp khi tính toán ta dùng các qui tắc sau:

1. Đối với phép đo trực tiếp thì giá trị trung bình và sai số tuyệt đối trung bình chỉ cần tính tới những con số tương ứng với độ chính xác của dụng cụ đo.

2. Đối với phép đo gián tiếp, giá trị trung bình và sai số tuyệt đối trung bình chỉ cần tính đến những con số nào phù hợp với giá trị của sai số tương đối trung bình. Còn chính bản thân sai số tương đối trung bình chỉ cần tính hai con số có nghĩa.

3. Để thực hiện qui tắc 1 và 2 ta phải qui tròn những giá trị gần đúng theo qui tắc sau: con số có nghĩa cuối cùng giữ lại sẽ không đổi nếu con số sau nó vừa được bỏ đi nhỏ hơn 5 và phải tăng thêm một đơn vị nếu con số sau nó vừa bỏ đi lớn hơn hoặc bằng 5 (trừ trường hợp con số 5 này lại xuất hiện do sự qui tròn trước đó). Ví dụ khi qui tròn tới phần nghìn thì $0,2345 \approx 0,235$, còn khi qui tròn tới phần trăm thì $0,2345 \approx 0,23$. Phải qui tròn sao cho ϵ không tăng hoặc giảm quá 10% trị thực của nó. Ví dụ $\epsilon = 1,2\%$ không thể qui tròn $\epsilon = 1\%$ vì như vậy ϵ đã giảm 0,2%, lớn hơn $10\% \epsilon = 0,12\%$.

4. Trong các công thức xác định các đại lượng gián tiếp ta gặp các đại lượng cho trước hoặc hằng số, nếu không có sai số ghi kèm theo thì ta lấy sai số bằng đơn vị đo có bậc nhỏ nhất ứng với số cuối của số đo các đại lượng đó. Ví dụ, với đại lượng cho trước $l = 18,27 \text{ m}$ thì $\Delta l = 0,01 \text{ m}$ và do đó $l = 18,27 \pm 0,01 \text{ m}$.

1.3. Đồ thị và phân tích đồ thị trong vật lí

1.3.1. Đồ thị trong vật lí

Hầu hết các kết quả trong khoa học được trình bày trong các bài báo trên tạp chí khoa học bằng cách sử dụng đồ thị. Đồ thị

trình bày dữ liệu theo cách dễ hình dung đối với người đọc nói chung, đặc biệt là những người không quen với những gì đang được trình bày. Chúng cũng hữu ích để trình bày một lượng lớn dữ liệu hoặc dữ liệu có xu hướng phức tạp theo cách dễ đọc.

Một đồ thị thường được sử dụng trong vật lí và các ngành khoa học khác là đồ thị đường vì nó cho nhiều thông tin về mối liên hệ giữa hai đại lượng hơn các dạng đồ thị khác.

Bảng 1.3.1. Số liệu di chuyển của con tàu.

Thời gian [phút]	0	10	20	30	40	50	60	70
Khoảng cách từ ga [km]	0	24	36	60	84	97	116	140

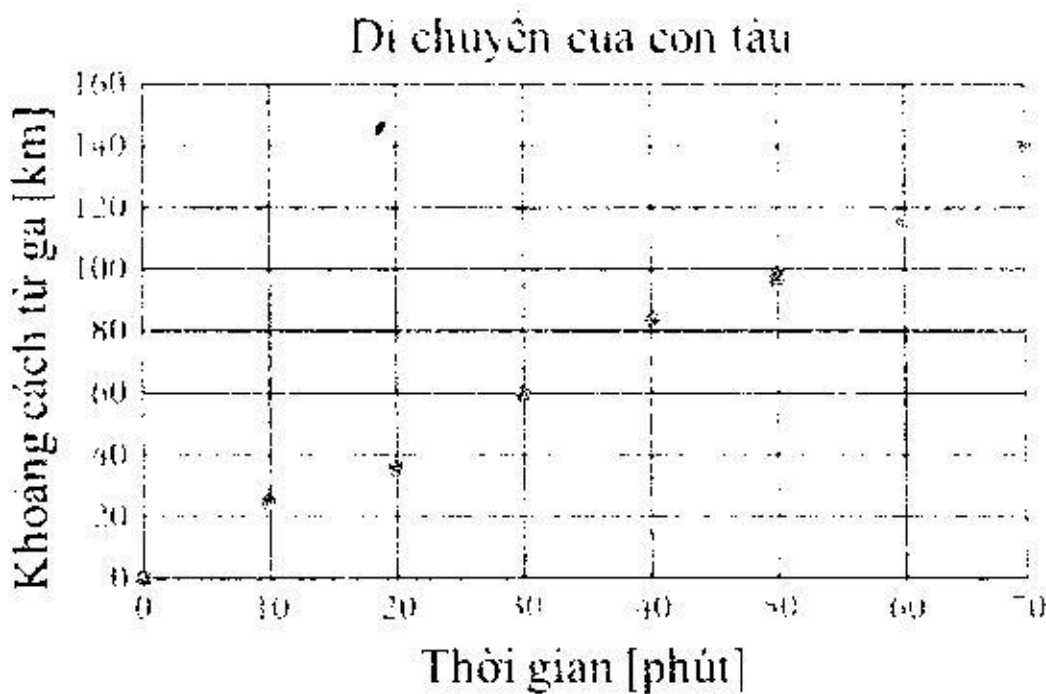
Ví dụ, hãy xây dựng một đồ thị đường dựa trên dữ liệu trong Bảng 1.3.1, cho biết khoảng cách đo được của một đoàn tàu đi từ ga so với thời gian. Hai biến số của chúng, hoặc những thứ thay đổi dọc theo đồ thị, là thời gian tính bằng phút và khoảng cách từ nhà ga, tính bằng km. Hãy nhớ rằng dữ liệu đo được có thể không có độ chính xác hoàn hảo.

Quá trình vẽ đồ thị được thực hiện theo trình tự như sau:

1. Vẽ hai trục. Trục hoành (trục x), hiển thị biến độc lập, là biến được điều khiển hoặc thao tác. Trục tung (trục y), hiển thị biến phụ thuộc, biến này phụ thuộc vào giá trị của biến độc lập. Trong dữ liệu trên, thời gian là biến độc lập và phải được vẽ trên trục x. Khoảng cách từ nhà ga là biến phụ thuộc và phải được vẽ trên trục y.
2. Gán nhãn mỗi trục trên đồ thị với tên của mỗi biến, theo sau là kí hiệu cho các đơn vị của nó trong ngoặc vuông [] (hoặc ngoặc đơn ()). Trong ví dụ này, sử dụng “Thời gian [phút]” làm nhãn cho trục x, “Khoảng cách từ ga [km]” làm nhãn cho trục y.
3. Xác định tỉ lệ tốt nhất để sử dụng cho việc đánh số mỗi trục. Nói chung, ta cần chọn thang điểm cho cả hai trục sao cho (i) hiển thị tất cả dữ liệu và (ii) giúp dễ dàng xác định

xu hướng trong dữ liệu. Nếu chúng ta tăng bước nhảy số liệu quá lớn, sẽ khó thấy dữ liệu thay đổi như thế nào. Tương tự như vậy, nếu tạo bước nhảy số liệu quá nhỏ và tinh thì bạn càng cần nhiều không gian để tạo đồ thị. Số lượng các số liệu quan trọng trong các giá trị trục phải thô hơn số lượng các số liệu quan trọng trong các phép đo.

4. Vẽ dữ liệu lên đồ thị. Đối với điểm dữ liệu đầu tiên, hãy đi dọc theo trục x cho đến khi bạn tìm thấy điểm đánh dấu 10 phút. Sau đó, đi dọc theo trục y từ điểm đó đến mốc đánh dấu 20 km và tính gần đúng vị trí 22 km dọc theo trục y. Đặt một dấu chấm tại vị trí này. Lặp lại cho các điểm dữ liệu khác. Kết quả đồ thị thu được như trong Hình 1.3.1.
5. Thêm tiêu đề vào đầu đồ thị để cho biết đồ thị đang mô tả nội dung gì, chẳng hạn như tham số trục y so với tham số trục x. Trong đồ thị hiển thị ở đây, tiêu đề là “Di chuyển của con tàu”. Nó cũng có thể được đặt tên là khoảng cách của tàu từ ga so với thời gian.

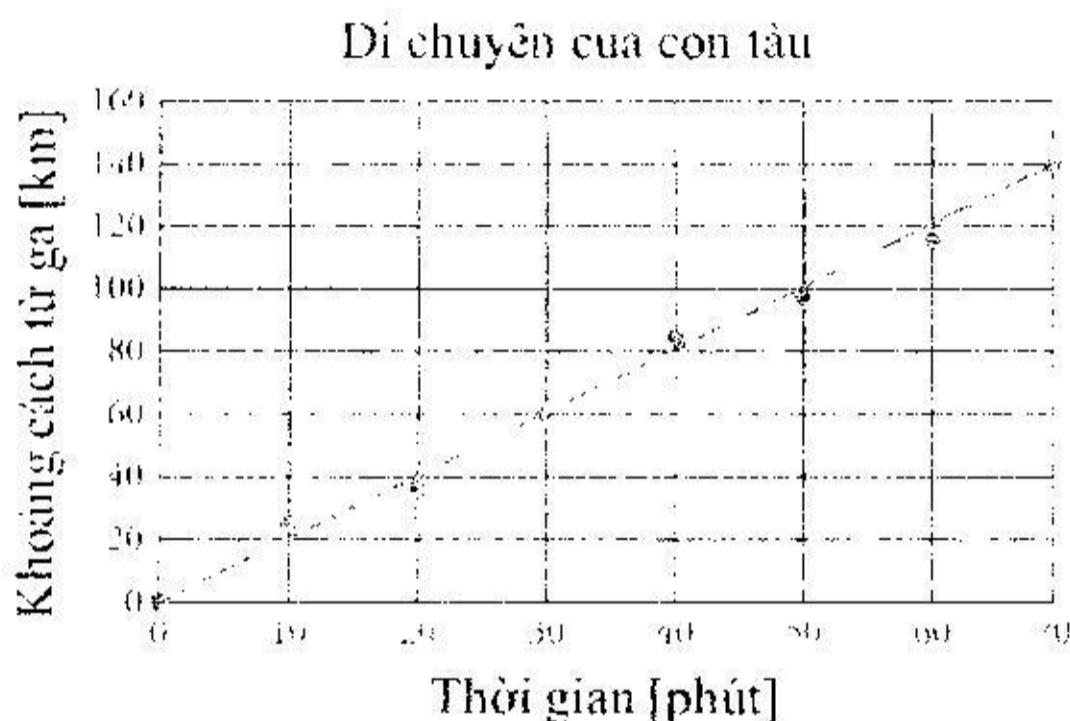


Hình 1.3.1. Đồ thị khoảng cách của con tàu từ ga so với thời gian trong ví dụ.

6. Cuối cùng, ta vẽ đường xu hướng là một đường tròn, không gây khúc xạ cho nó đi qua hoặc lân cận hầu hết các điểm dữ liệu trên đồ thị (Hình 1.3.2). Đường xu hướng biểu diễn sự phụ thuộc đại lượng trên trục y vào đại lượng trên trục x

theo phương trình $y = f(x)$, từ đó người nhìn vào đồ thị có thể thấy mối liên hệ giữa hai đại lượng đó.

Trong trường hợp ví dụ trên, vì các điểm dữ liệu giống như nằm trên một đường thẳng, ta vẽ một đường thẳng làm đường xu hướng. Vẽ nó để đến gần nhất với tất cả các điểm. Dữ liệu thực có thể có một số điểm không chính xác và các điểm được vẽ có thể không nằm trên đường xu hướng. Trong một số trường hợp, không có điểm dữ liệu nào nằm chính xác trên đường xu hướng. Những điểm nằm quá xa đường xu hướng cần được kiểm tra lại bằng thực nghiệm.



Hình 1.3.2. Đồ thị hoàn chỉnh với đường xu hướng.

1.3.2. Phân tích đồ thị

Một cách để có được khái quát nhanh tập dữ liệu là xem xét phương trình đường xu hướng của nó. Nếu đồ thị tạo ra một đường thẳng, phương trình của đường xu hướng có dạng

$$y = ax + b$$

Điểm b trong phương trình là hệ số y , còn a là hệ số góc. Hệ số y cho bạn biết giá trị y mà đường thẳng giao với trục tung. Trong trường hợp của đồ thị trên, hệ số y xảy ra tại 0, tại điểm đầu của

đồ thị. Do đó, hệ số y cho ta biết ngay vị trí bắt đầu của đường đồ thị trên trục y .

Hệ số góc a mô tả mức độ di chuyển lên hoặc xuống trên trục y dọc theo chiều dài của đường. Hệ số góc được tính bằng cách sử dụng phương trình sau

$$a = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)} \quad (1.3.1)$$

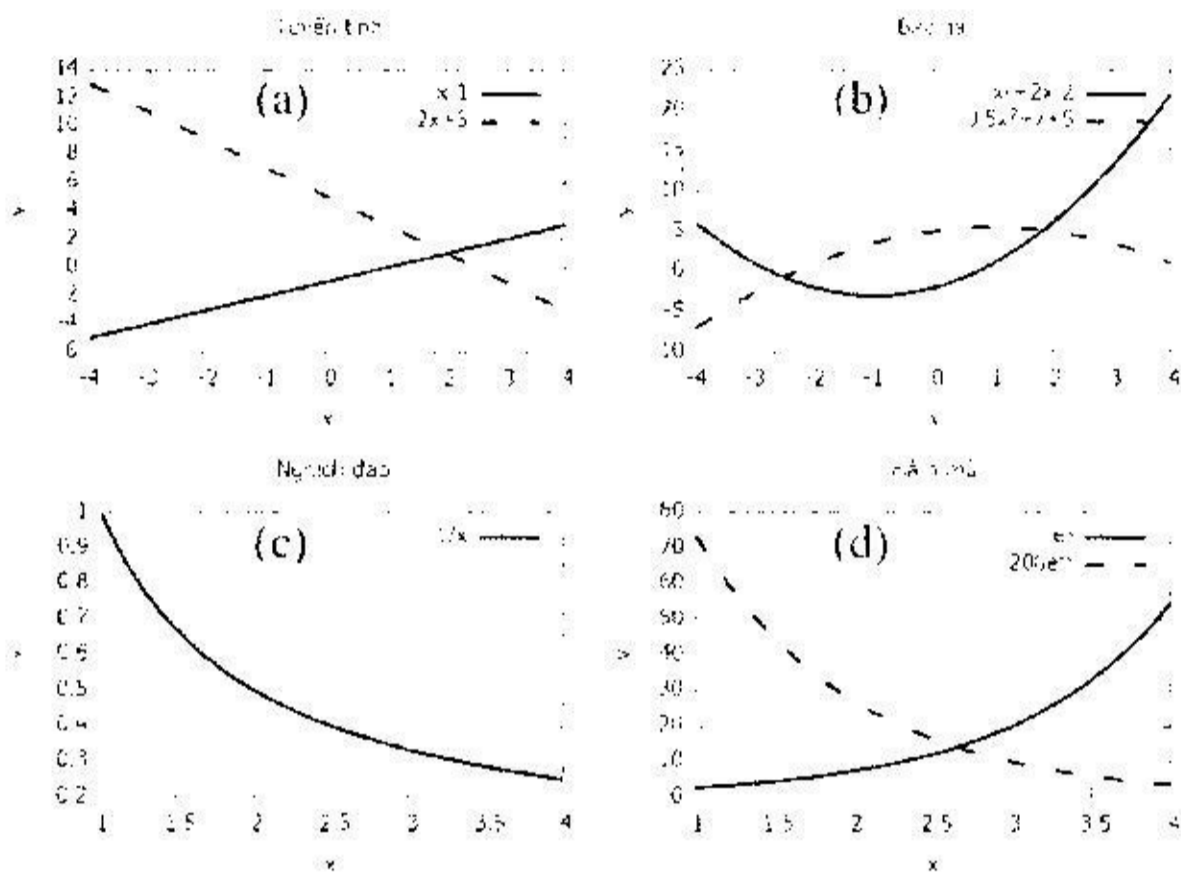
Để giải phương trình này, ta cần chọn hai điểm trên đường thẳng (tốt nhất là cách xa nhau trên đường thẳng để hệ số góc tính được mô tả đường chính xác). Đại lượng Y_2 và Y_1 đại diện cho giá trị y từ hai điểm trên đường (không phải điểm dữ liệu) mà bạn đã chọn, trong khi X_2 và X_1 đại diện cho hai giá trị x của những điểm đó.

Hệ số góc có thể cho ta biết nhiều thông tin về đồ thị. Hệ số góc của một đường thẳng nằm ngang hoàn toàn sẽ bằng 0, trong khi hệ số góc của đường thẳng đứng hoàn toàn sẽ không xác định (∞). Hệ số góc dương chỉ ra rằng đường di chuyển lên trục y khi giá trị x tăng lên trong khi hệ số góc âm có nghĩa là đường di chuyển xuống trục y . Hệ số góc càng âm hoặc càng dương thì đường di chuyển lên hoặc xuống càng dốc.

Công thức $y = ax + b$ chỉ áp dụng cho các mối quan hệ tuyến tính hoặc những mối quan hệ tạo ra một đường thẳng. Một loại đường phổ biến khác trong vật lý là mối quan hệ bậc hai, xảy ra khi một trong các biến được bình phương. Ví dụ, quan hệ giữa quãng đường đi được và gia tốc chuyển động của một vật. Một mối quan hệ thứ ba trong vật lý là mối quan hệ nghịch đảo, trong đó một biến số giảm khi biến số kia tăng lên. Một ví dụ trong vật lý là thế năng Coulomb. Khi khoảng cách giữa hai vật mang điện tăng lên thì thế năng tĩnh điện giữa hai vật mang điện giảm. Mối quan hệ tỉ lệ nghịch được thể hiện trong phương trình:

$$y = \frac{a}{x}$$

Mối quan hệ thứ tư thường thấy là mối quan hệ hàm mũ, trong đó sự thay đổi trong biến độc lập tạo ra sự thay đổi tỉ lệ trong biến phụ thuộc. Khi giá trị của biến phụ thuộc càng lớn thì tốc độ tăng lên của nó cũng càng nhanh. Đồ thị biểu diễn các mối liên hệ phổ biến trong vật lí được thể hiện trong Hình 1.3.3.



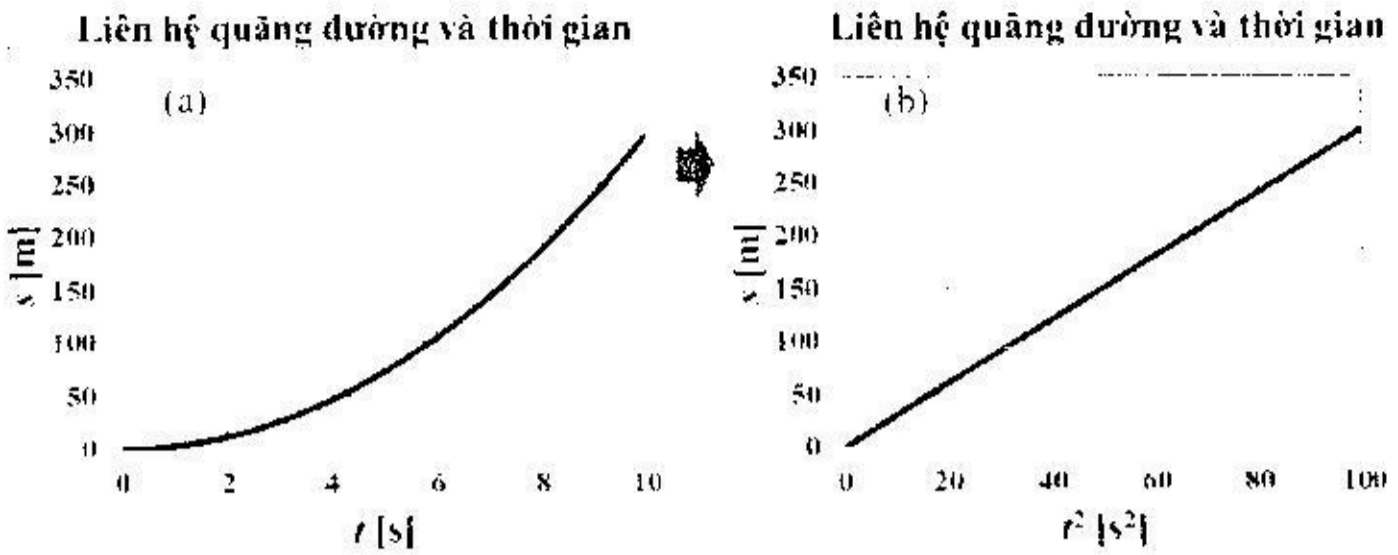
Hình 1.3.3. Các ví dụ về hàm quan hệ (a) tuyến tính, (b) bậc hai, (c) nghịch đảo và (d) hàm mũ.

Để thu được nhiều thông tin từ đồ thị, ta có thể chuyển đồ thị bậc hai, nghịch đảo và hàm mũ về đồ thị đường thẳng thông qua việc đổi biến trên trục hoành. Cụ thể, mối liên hệ giữa quãng đường s và thời gian chuyển động t của một vật chuyển động có gia tốc a với không vận tốc đầu có dạng:

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

Nếu biểu diễn s theo t , đồ thị thu được sẽ là đường parabol như trong Hình 1.3.4a. Tuy nhiên, nếu biểu diễn s theo t^2 , đồ thị thu được sẽ có dạng đường thẳng như trong Hình 1.3.4b. Từ đồ thị, ta

có thể tính được hệ số góc của đường thẳng và suy ra được gia tốc chuyển động a của vật.

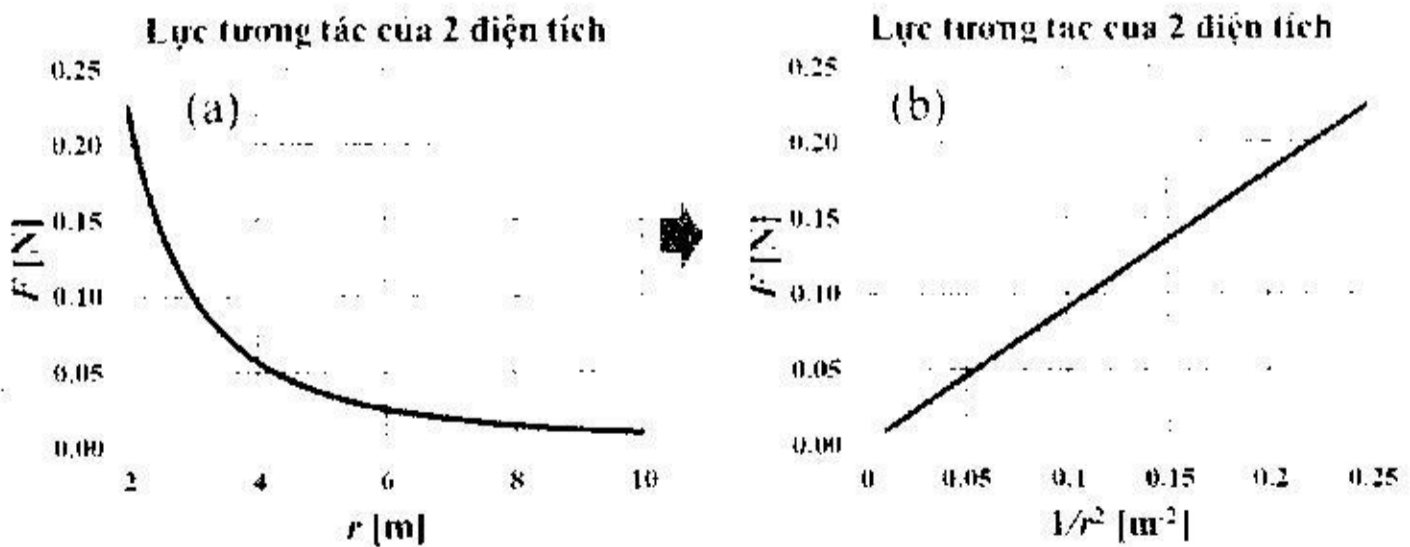


Hình 1.3.4. Chuyển (a) đồ thị parabol sang (b) đồ thị đường thẳng.

Tương tự, mối liên hệ giữa độ lớn lực tương tác F của hai điện tích giống nhau q theo khoảng cách r giữa chúng có dạng:

$$F = k \frac{q^2}{r^2}$$

Nếu biểu diễn F theo r , đồ thị thu được sẽ là đường hypebol như trong Hình 1.3.5a. Tuy nhiên, nếu biểu diễn F theo $1/r^2$, đồ thị thu được sẽ có dạng đường thẳng như trong Hình 1.3.5b. Từ đồ thị, ta có thể tính được hệ số góc của đường thẳng và từ đó suy ra được độ lớn của các điện tích.

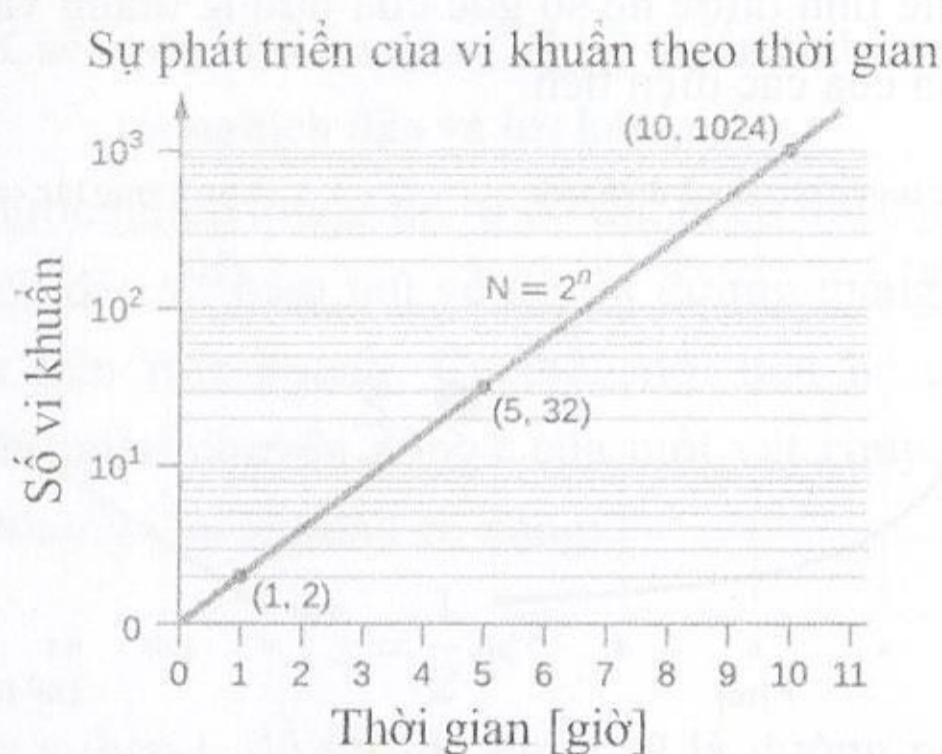


Hình 1.3.5. Chuyển (a) đồ thị dạng hypebol sang (b) đồ thị dạng đường thẳng.

Trong một số trường hợp, một biến có thể có một khoảng giá trị rất lớn. Điều này gây ra khó khăn để tìm được một tỉ lệ tốt nhất để sử dụng cho các trục của đồ thị. Một lựa chọn khả thi là sử dụng thang logarithm (log). Trong thang logarit, giá trị của mỗi dấu ghi nhãn là giá trị của nhãn trước đó nhân với một số hằng số. Đối với thang cơ số 10, mỗi dấu ghi nhãn một giá trị gấp 10 lần giá trị của dấu trước nó. Do đó, thang đo logarit cơ số 10 sẽ được đánh số: 0, 10, 100, 1 000, v.v. Do đó, thang đo logarit bao hàm một khoảng giá trị lớn hơn nhiều so với thang tuyến tính tương ứng, trong đó các dấu sẽ gắn nhãn các giá trị 0, 10, 20, 30, v.v.

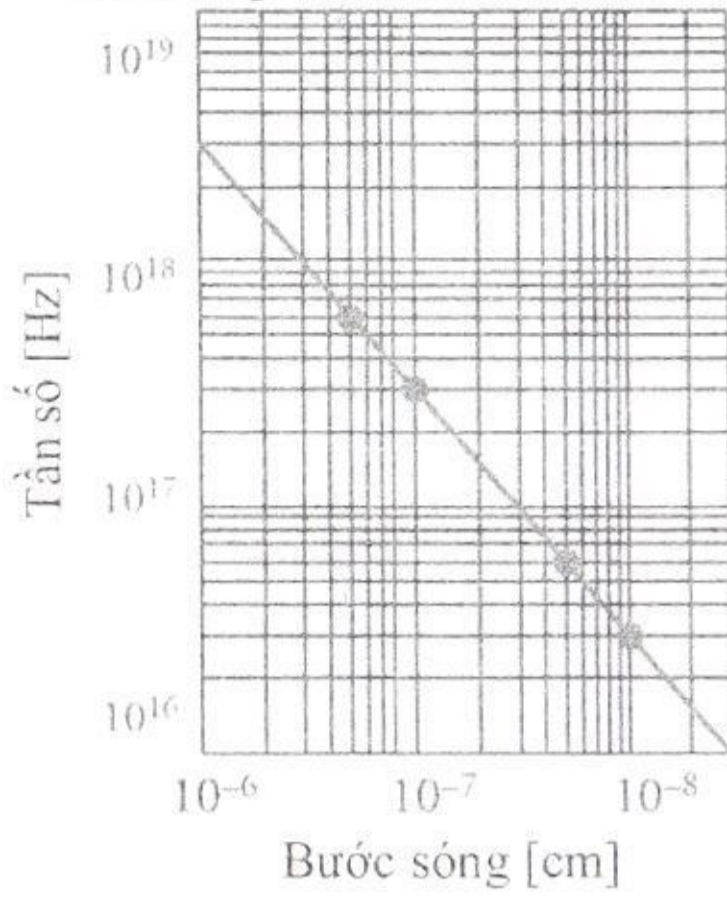
Nếu ta sử dụng thang logarit trên một trục của đồ thị và thang tuyến tính trên trục kia, đó là đồ thị bán log (semi-log). Mọi quan hệ giữa số vi khuẩn được sản sinh và thời gian có thể được biểu diễn dưới dạng đồ thị semi-log như trong Hình 1.3.6.

Nếu một đồ thị có cả hai trục trong thang logarit thì nó được gọi là đồ thị log-log. Mọi quan hệ giữa bước sóng và tần số của bức xạ điện từ như ánh sáng thường được biểu diễn dưới dạng đồ thị log-log như trong Hình 1.3.7.



Hình 1.3.6. Mọi liên hệ giữa số vi khuẩn và thời gian được vẽ dưới dạng đường thẳng nếu sử dụng đồ thị bán log (semi-log).

Liên hệ giữa tần số và bước sóng



Hình 1.3.7. Mối quan hệ giữa tần số và bước sóng của bức xạ điện từ được vẽ dưới dạng đường thẳng nếu sử dụng đồ thị log-log.

CHƯƠNG 2

THÍ NGHIỆM CƠ HỌC

2.1. Làm quen với các dụng cụ đo cơ học

2.1.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Sử dụng được thước kẹp, thước Panme để đo kích thước của các vật rắn với độ chính xác cao;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động. có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

2.1.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Hãy liệt kê các dụng cụ và phương pháp đo chính xác đường kính ngoài và chu vi của một hình trụ.

Câu hỏi 3: Hãy liệt kê các dụng cụ và phương pháp đo chính xác đường kính trong và chiều cao của một hình trụ rỗng.

Câu hỏi 4: Hãy liệt kê các dụng cụ và phương pháp đo chính xác đường kính và chu vi của một viên bi tròn.

2.1.3. Cơ sở lý thuyết

Thước kẹp và thước Panme là hai loại thước được sử dụng phổ biến để đo kích thước của các vật rắn trong vật lý và kỹ thuật.

2.1.3.1. Thước kẹp

Thước kẹp là một loại dụng cụ dùng đo độ dài của vật với độ chính xác tới 0,1 - 0,02 mm. Cấu tạo của thước kẹp được minh họa

ở Hình 2.1.1. Phần chính của nó gồm một thước milimet A gắn với hàm kẹp C_1 và một thước phụ B, gọi là du xích, gắn với hàm kẹp C_2 có thể dịch chuyển dọc theo thân thước A. Trên du xích B người ta khắc N khoảng chia nhỏ đều nhau. N khoảng chia này đúng bằng M khoảng chia trên thước milimet A. Nếu gọi a và b lần lượt là giá trị của mỗi khoảng chia trên thước A và du xích B. Khi đó, ta có:

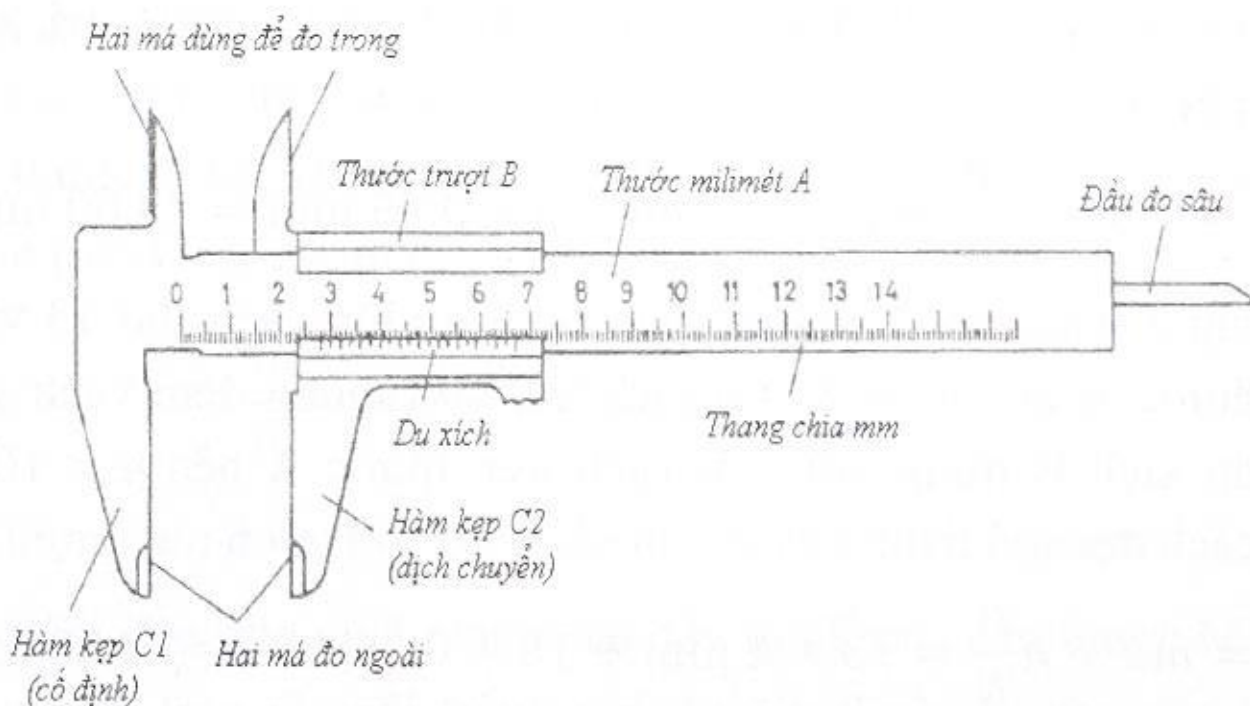
$$Nb = Ma \text{ hay } \frac{b}{M} = \frac{a}{N} \quad (2.1.1)$$

Đại lượng a/N được gọi là độ chính xác của thước kẹp.

Khi hai hàm kẹp C_1 và C_2 chạm nhau, vạch số 0 trên thước A và vạch số 0 trên du xích B trùng nhau. Muốn đo độ dài của vật, ta kẹp chặt vật ấy giữa hai hàm kẹp C_1 và C_2 . Khoảng cách giữa hai vạch số 0 của thước A và du xích B chính bằng chiều dài của vật. Giả sử lúc đó ta thấy vạch số 0 của du xích B nằm giữa vạch thứ m và $(m + 1)$ của thước A thì chiều dài L của vật sẽ là:

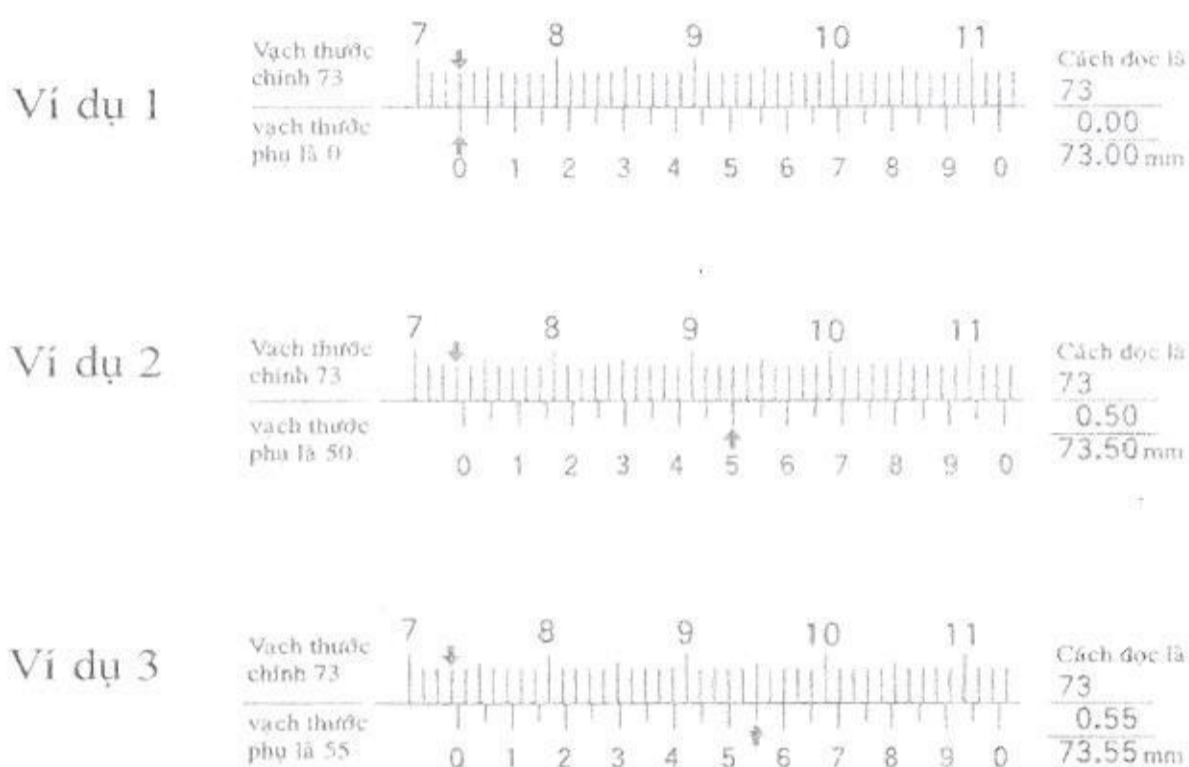
$$L = ma + n \frac{a}{N} \quad (2.1.2)$$

với n là vạch trên thước du xích B trùng với một vạch nào đó trên thước A.



Hình 2.1.1. Cấu tạo của thước kẹp.

Ở hai đầu trên của hai hàm kẹp C_1, C_2 có 2 má dùng để đo đường kính trong của hình trụ rỗng (xem Hình 2.1.1). Muốn đo đường kính trong của hình trụ rỗng, ta đặt hai má vào trong hình trụ và kéo chúng ra cho tới khi tiếp xúc với thành trong của ống theo đường kính. Đọc khoảng cách giữa hai vạch số 0 ta sẽ được đường kính trong của hình trụ rỗng.



Hình 2.1.2. Các ví dụ minh họa cách đọc thước kẹp.

Để dễ hiểu, người đo có thể tham khảo các ví dụ ở Hình 2.1.2. Trong ví dụ này, thước kẹp được sử dụng có $a = 1 \text{ mm}$ và $N = 20$ khoảng chia, độ chính xác là $a/N = 0,05 \text{ mm}$. Ở ví dụ 1, vạch số 0 trên du xích B trùng với vạch 73 trên thước A, cách đọc giá trị đo là:

$$L_1 = ma + n \frac{a}{N} = 73 \times 1 \text{ mm} + 0 \times 0,05 \text{ mm} = 73,00 \text{ mm}$$

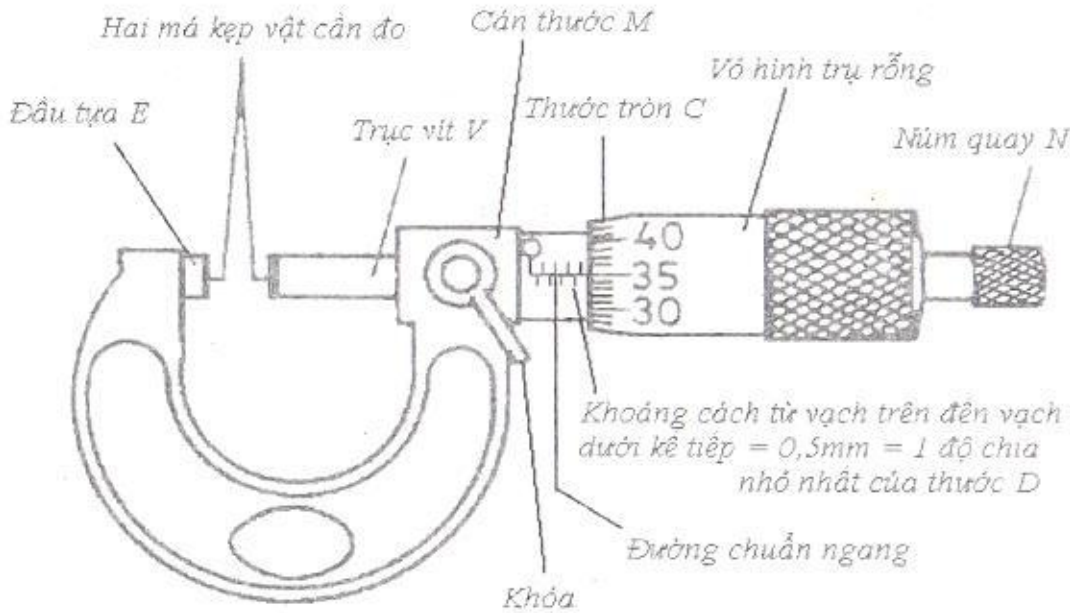
Ở ví dụ 2, vạch số 0 trên du xích B nằm giữa vạch thứ 73 và 74 trên thước A nên $m = 73$ và vạch thứ 10 (không đếm vạch số 0) trên du xích B trùng với một vạch trên thước A nên $n = 10$. Vì vậy, cách đọc giá trị:

$$L_2 = ma + n \frac{a}{N} = 73 \times 1 \text{ mm} + 10 \times 0,05 \text{ mm} = 73,50 \text{ mm}$$

Ở ví dụ 3, vạch số 0 trên du xích B nằm giữa vạch thứ 73 và 74 trên thước A nên $m = 73$ và vạch thứ 11 trên du xích B trùng với một vạch trên thước A nên $n = 11$. Vì vậy, cách đọc giá trị:

$$L_3 = ma + n \frac{a}{N} = 73 \times 1 \text{ mm} + 11 \times 0,05 \text{ mm} = 73,55 \text{ mm}$$

2.1.3.2. Thước Panme



Hình 2.1.3. Cấu tạo của thước Panme.

Cấu tạo của thước Panme được mô tả trên Hình 2.1.3. Phần chính của nó gồm 1 trục vít V được lồng qua lỗ ren của cán thước M. Trên trục vít V có gắn một vỏ hình trụ rỗng, ở đầu vỏ hình trụ này có khắc một thước tròn C chia thành $n = 50$ độ chia cách đều nhau. Khi quay vít V một vòng, thước tròn C sẽ dịch chuyển một đoạn $a = 0,5$ mm dọc theo một thước thẳng D. Hai vạch liền kề trên thước thẳng D cách nhau 0,5 mm. Như vậy, mỗi độ chia của thước tròn C tương ứng với:

$$\frac{a}{n} = \frac{0,5 \text{ mm}}{50} = 0,01 \text{ mm} \quad (2.1.3)$$

Đại lượng a/n được gọi là độ chính xác của thước Panme.

Khi đầu trục vít V chạm sát đầu tựa E của cán thước M, số 0 trên thước tròn C phải trùng với đường chuẩn ngang trên thước thẳng D tại vị trí số 0 của thước D. Muốn dùng Panme để đo

đường kính của viên bi, ta đặt viên bi vào giữa đầu tựa E và đầu trục vít V. Quay nút N để dịch chuyển trục vít V cho tới khi viên bi kẹt vừa đủ chặt.

Đường kính của viên bi khi đó được tính theo công thức:

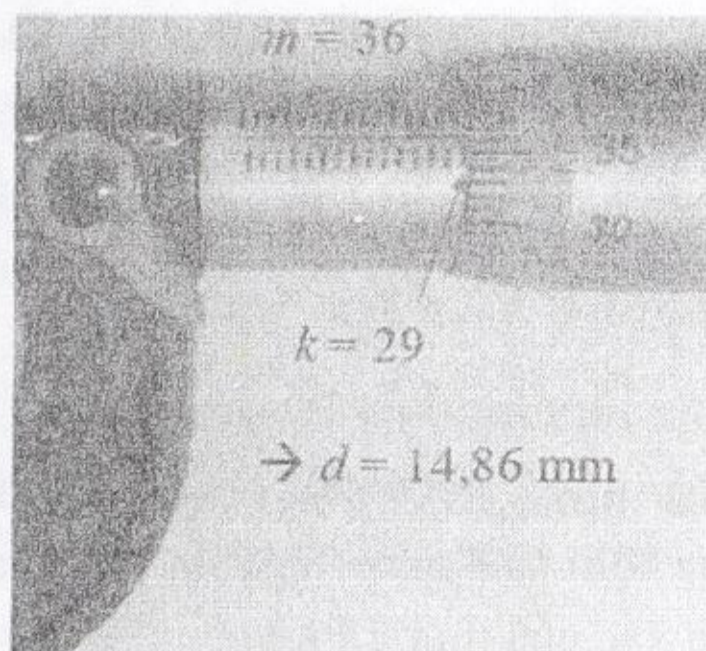
$$d = ka + m \frac{a}{n} \quad (2.1.4)$$

trong đó, k là tổng số vạch đọc được trên thước D, còn m là số thứ tự của vạch chia nào đó trên thước tròn C trùng với đường chuẩn ngang của thước thẳng D.

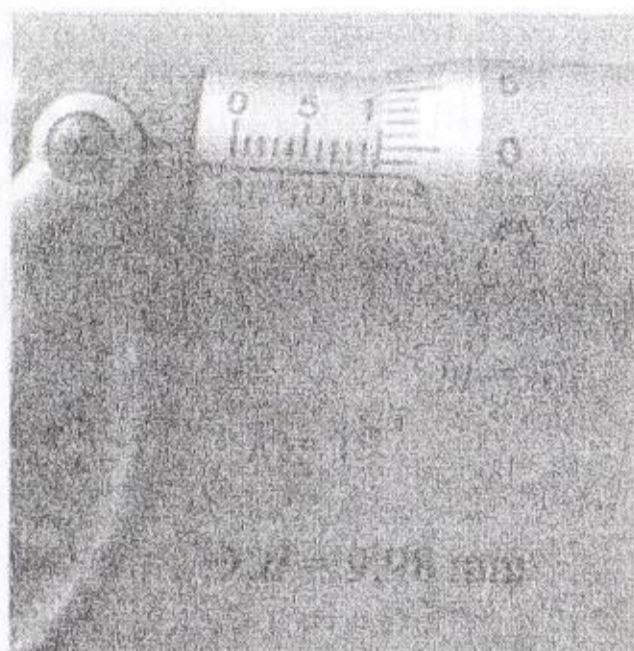
Trong các bài thí nghiệm của chương này, ta thường dùng loại Panme có $a = 0,5$ mm và $n = 50$. Khi đó, công thức (2.1.4) có dạng:

$$d = \left(0,5k + \frac{m}{100} \right) \text{ mm} \quad (2.1.5)$$

Để dễ hiểu, sinh viên có thể tham khảo các cách đọc thước ở trong Hình 2.1.4. Hình 2.1.4a là cách đọc với giá trị đo được 14,86 mm, Hình 2.1.4b là cách đọc với giá trị đo được 9,98 mm.



(a)

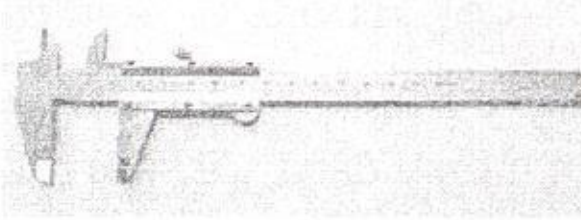





(b)

Hình 2.1.4: Các ví dụ minh họa về cách đọc thước Panme.

2.1.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ như bảng bên dưới:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Thước kẹp	01	
2	Thước Panme	01	
3	Ống kim loại hình trụ	01	
4	Tấm thủy tinh	01	

2.1.5. Tiến trình thí nghiệm

2.1.5.1. Xác định kích thước (đường kính ngoài, đường kính trong, chiều cao) của ống trụ kim loại

- Bước 1: Sử dụng thước kẹp đo đường kính ngoài D , đường kính trong d và chiều cao h của ống kim loại hình trụ.
- Bước 2: Ghi lại các kết quả đo được vào bảng 2.1.1.
- Bước 3: Lặp lại các bước 1 và 2 thêm bốn lần nữa tại các vị trí khác nhau để lấy các giá trị trung bình.

2.1.5.2. Xác định bề dày của tấm thủy tinh bằng thước Panme

- Bước 4: Dùng thước Panme đo bề dày T của tấm thủy tinh.
- Bước 5: Ghi lại các kết quả đo được vào bảng 2.1.1.

- Bước 6: Lặp lại các bước 4 và 5 thêm bốn lần nữa tại các vị trí khác nhau để lấy các giá trị trung bình.

2.1.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

2.1.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới. Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 2.1.1. Kết quả đo kích thước của ống kim loại hình trụ và tấm thủy tinh.

Độ chính xác của thước kẹp: mm								
Độ chính xác của Panme: mm								
Lần đo	Ống kim loại hình trụ						Tấm thủy tinh	
	D [mm]	ΔD [mm]	d [mm]	Δd [mm]	h [mm]	Δh [mm]	T [mm]	ΔT [mm]
1								
2								
3								
4								
5								
Trung bình	$\bar{D} =$	$\overline{\Delta D} =$	$\bar{d} =$	$\overline{\Delta d} =$	$\bar{h} =$	$\overline{\Delta h} =$	$\bar{T} =$	$\overline{\Delta T} =$

2.1.6.2. Phân tích kết quả

- Đường kính ngoài của ống trụ kim loại:

$$D = \bar{D} \pm \overline{\Delta D}$$

- Đường kính trong của ống trụ kim loại:

$$d = \bar{d} \pm \overline{\Delta d}$$

- Chiều cao của ống trụ kim loại:

$$h = \bar{h} \pm \overline{\Delta h}$$

- Bề dày của tấm thủy tinh:

$$T = \bar{T} \pm \overline{\Delta T}$$

- Nhận xét các kết quả thí nghiệm.

2.1.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

2.2. Xác định khối lượng riêng của vật rắn

2.2.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Đề xuất được phương án đo khối lượng riêng của một vật rắn có hình dạng đối xứng bất kì;
- Thực hiện được thí nghiệm đo khối lượng riêng sử dụng cân tiểu li và thước kẹp đúng quy trình;
- Phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

2.2.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Nêu nguyên tắc cân khối lượng của một vật rắn.

Câu hỏi 4: Trình bày các phương pháp đo thể tích của một vật rắn có tính đối xứng.

2.2.3. Cơ sở lý thuyết

2.2.3.1. Khối lượng riêng

Khối lượng riêng của vật rắn là một đại lượng vật lý có trị số bằng khối lượng ứng với một đơn vị thể tích của vật rắn đó.

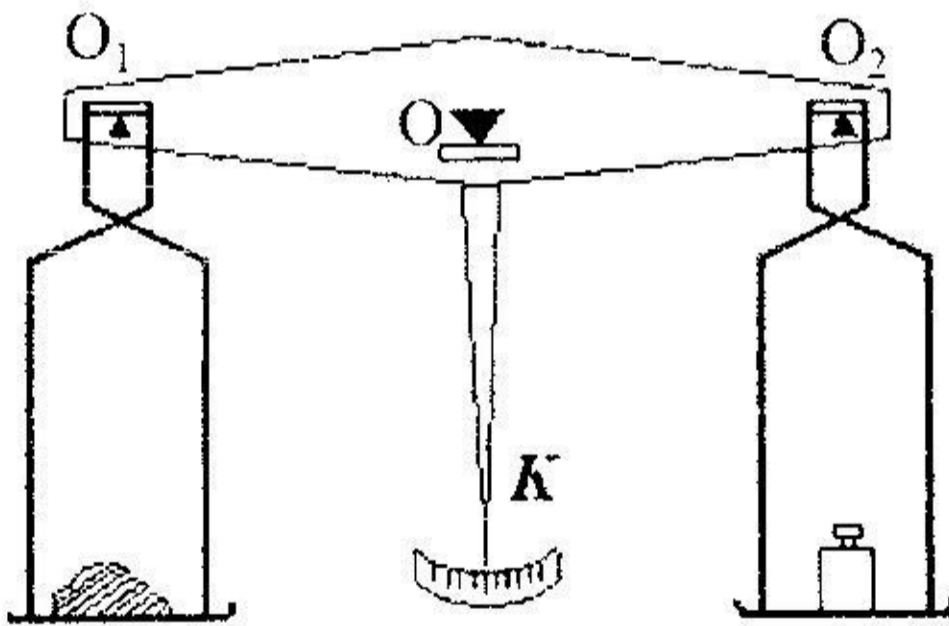
Vật đồng chất có khối lượng m , thể tích V có khối lượng riêng là:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.2.1)$$

Từ công thức (2.2.1), ta thấy muốn đo khối lượng riêng ρ của một vật rắn ta phải cân khối lượng m và đo thể tích V của nó. Đơn vị của khối lượng riêng là kg/m^3 .

2.2.3.2. Nguyên lý cân khối lượng của một vật rắn

Cân khối lượng của một vật rắn là dùng cân để so sánh khối lượng của vật đó với khối lượng của các quả cân đã được chọn làm mẫu.



Hình 2.2.1. Nguyên lý cân khối lượng của một vật rắn.

Cân trong phòng thí nghiệm gồm bộ phận chính là một đòn cân nằm ngang có thể tự do quay quanh một trục cũng nằm ngang O đi qua chính giữa đòn cân và hai đĩa cân treo ở hai trục O_1, O_2 ở hai đầu đòn cân như Hình 2.2.1. Một kim dài K gắn giữa đòn cân chuyển động trước một mặt chia độ giúp ta xác định vị trí của đòn cân. Khi hai đĩa cân không mang gia trọng nào thì đòn cân sẽ nằm

ở vị trí cân bằng nào đó sao cho trọng tâm G của cân nằm trên đường thẳng đứng đi qua trục O, khi đó kim K dừng lại ở một vạch nào đó trên mặt chia độ, đó là vị trí cân bằng của cân.

Đặt lên đĩa cân trái một vật có khối lượng m và đặt lên đĩa cân phải các quả cân có khối lượng tổng cộng là M để cân trở lại vị trí cân bằng cũ, khi đó mômen trọng lực của vật và của các quả cân đối với điểm O phải bằng nhau:

$$mgl = MgL \quad (2.2.2)$$

Ở đây $l = O_1O$ là cánh tay đòn trái, $L = O_2O$ là cánh tay đòn phải. Từ đó ta có:

$$m = \frac{ML}{l} \quad (2.2.3)$$

Nếu hai cánh tay đòn bằng nhau thì:

$$m = M \quad (2.2.4)$$

Công thức (2.2.4) cho biết khối lượng của vật bằng tổng khối lượng của các quả cân đặt cân bằng với vật. Phép cân một lần như vậy được gọi là phép cân đơn.

2.2.3.3. Nguyên tắc đo thể tích của vật rắn

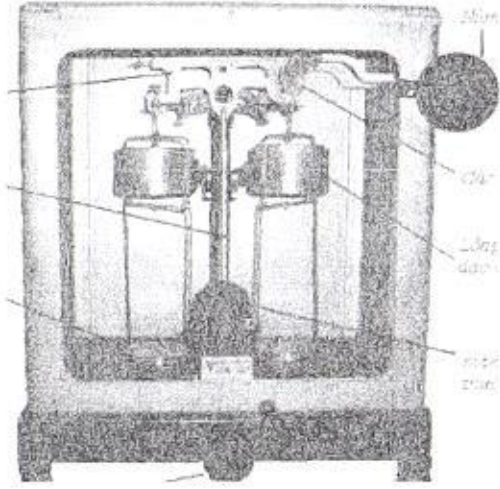
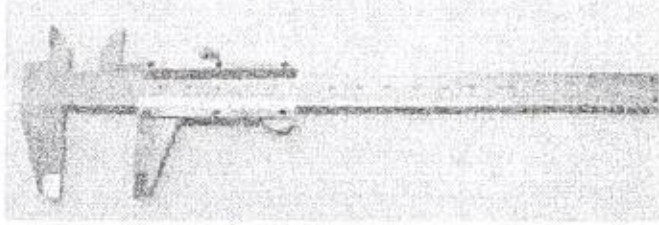

Đối với các vật rắn có dạng hình học đối xứng (khối lập phương, khối trụ, khối cầu, ...) ta có thể đo gián tiếp thể tích của chúng bằng cách dùng thước kẹp để đo độ dài của những kích thước thẳng (như cạnh, chiều cao, đường kính, ...). Sau đó áp dụng các công thức hình học liên hệ giữa thể tích của vật với các kích thước thẳng của chúng để tính thể tích của vật. Cụ thể, thể tích của ống trụ kim loại được xác định theo công thức sau:

$$V = \frac{\pi(D^2 - d^2)h}{4} \quad (2.2.5)$$

Đo đường kính ngoài D , đường kính trong d , chiều cao h của ống trụ bằng thước kẹp. Dựa vào công thức (2.2.5) tính thể tích của ống trụ.

2.2.4. Dụng cụ thí nghiệm

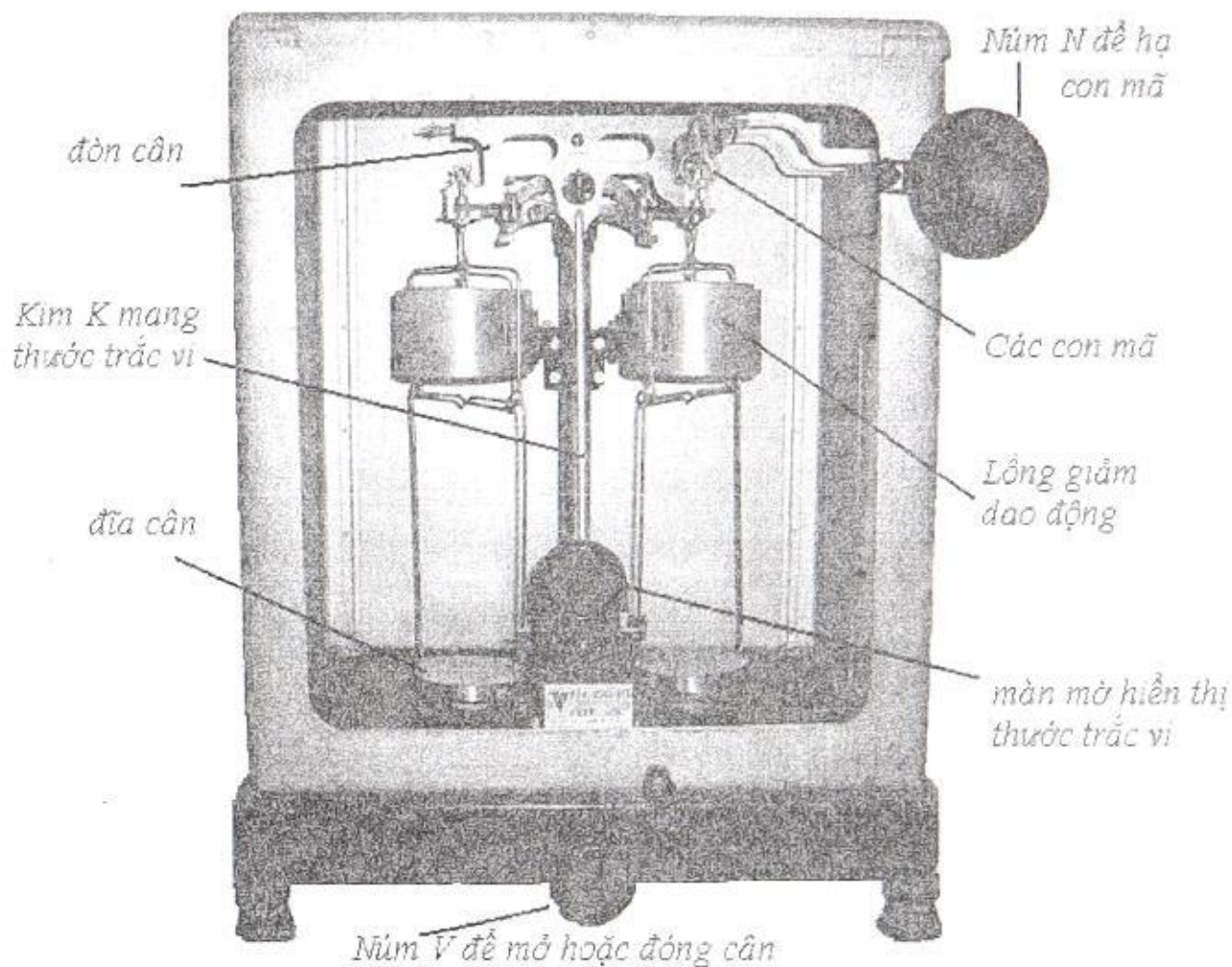
Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Cân chính xác và hộp quả cân	01	
2	Thước kẹp	01	
3	Ống trụ kim loại	01	

2.2.4.1. Cân khối lượng của vật bằng cân chính xác

Cân tiểu li AB - 200 của Liên Xô (cũ) là loại cân chính xác dùng để xác định khối lượng của các vật từ 0,1 mg đến 200 g (Hình 2.2.2). Toàn bộ cân được đặt trong một hộp kín có 3 cửa: 1 cánh cửa trước và 2 cánh cửa hai bên.

Điểm đặc biệt của cân tiểu li này là ở đầu kim K có gắn một thước trắc vi gồm 200 khoảng chia nằm trên một chiều dài 2 cm, vạch nằm ở giữa là vạch số 0. Khi ta vặn núm V để hạ đòn cân xuống thì đèn chiếu bật sáng làm cho thước trắc vi hiện lên trên màn mờ của kính quan sát. Giữa màn có một vạch nhỏ để làm mốc, vạch này có thể dịch chuyển được nhờ một ốc nhỏ ở bên cạnh đó.



Hình 2.2.2. Cân tiểu li AB - 200.

Để giảm dao động của đòn cân, ở mỗi quang treo đĩa cân có mắc hai cái nắp hình trụ lồng vào nhau. Khi đòn cân dao động, không khí bị đẩy ra hay hút vào các nắp hình trụ đó qua các khe hẹp. Độ chênh lệch áp suất cân thiết giữa bên trong và bên ngoài các nắp ấy để không khí thoát qua các khe hẹp có tác dụng chống lại dao động của đòn cân làm dao động của đòn cân chóng tắt. Mỗi hộp quả cân gồm các quả cân: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 và 200 g. Muốn có những khối lượng từ 10 mg đến 1 g người ta dùng các con mã: 10, 10, 20, 50, 100, 100, 200 và 500 mg làm bằng những vòng nhôm có thể nâng lên hoặc hạ xuống đòn cân bên phải nhờ núm vặn N. Núm gồm hai vòng chia độ, vòng ngoài dùng hạ để các con mã hàng trăm mg, vòng trong dùng để hạ các con mã hàng chục mg.

Muốn đo những khối lượng nhỏ từ 0,1 mg đến 10 mg ta sử dụng thước trắc vi gắn ở đầu dưới của kim K. Như đã nói trên, ở hai bên của vạch số 0 của thước trắc vi đều có 100 khoảng chia

ứng với 10 mg. Vì vậy nếu ta coi rằng trong phạm vi khối lượng nhỏ dưới 10 mg độ chia của kim chỉ lệ thuận với khối lượng gia trọng thì mỗi khoảng chia đó sẽ ứng với một gia trọng 0,1 mg.

2.2.4.2. Cách cân khối lượng của vật trên cân chính xác

i) Xác định vị trí cân bằng của cân

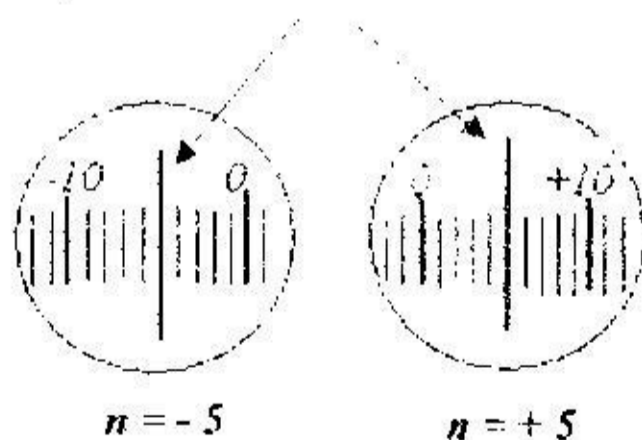
Để phép cân được nhanh chóng, ta không cần điều chỉnh để khi cân thăng bằng vạch số 0 của thước trắc vi nằm đúng vạch chuẩn trên màn quan sát mà chỉ cần xác định xem khi đó vạch n_0 nào của thước trắc vi nằm ở vạch chuẩn mà thôi. Muốn vậy, ta chỉ cần vặn núm V (Hình 2.2.2) để hạ đòn cân xuống và đọc số vạch tính từ vạch số 0 của thước trắc vi dừng lại trên vạch chuẩn. Làm lại thêm vài lần nữa như vậy để lấy giá trị trung bình của nó.

Ví dụ: $n_{01} = -5$; $n_{02} = +3$; $n_{03} = -3$ thì:

$$\bar{n}_0 = \frac{n_{01} + n_{02} + n_{03}}{3} = \frac{-5 + 3 - 3}{3} = -2$$

Hình 2.2.3 chỉ ra cách xác định vạch nào trên thước trắc vi trùng với vạch chuẩn trên màn mờ.

Vạch chuẩn trên màn mờ



Hình 2.2.3. Cách xác định vạch trên thước trắc vi trùng với vạch chuẩn trên màn mờ.

ii) Xác định độ nhạy của cân

Độ nhạy của cân là đại lượng đo bằng gia trọng mà ta đặt vào một đĩa cân để kim chỉ của cân lệch đi một khoảng chia (một vạch) trên mặt chia độ. Theo thiết kế, độ nhạy của cân tiểu li AB-

200 của phòng thí nghiệm là 0,1 mg/khoảng chia. Tuy nhiên, độ nhạy của cân còn phụ thuộc vào khoảng cách d từ trọng tâm G của toàn bộ đòn cân, các đĩa cân và các vật đặt trên đĩa cân với trục quay O , nên ta cần xác định lại độ nhạy trong điều kiện cụ thể của thí nghiệm. Muốn vậy, trước tiên ta xác định vị trí cân bằng n_0 của cân khi hai bên đĩa cân không mang gì. Tiếp theo, ta vặn núm N để hạ con mã 10 mg xuống đòn cân bên phải và xác định vị trí cân bằng n của cân. Như vậy, gia trọng 10 mg đã làm kim dịch chuyển $|n - n_0|$ khoảng chia. Vậy độ nhạy của cân là:

$$\gamma = \frac{10}{|n - n_0|} \quad (2.2.6)$$

iii) Tiến hành cân lặp để xác định khối lượng các vật

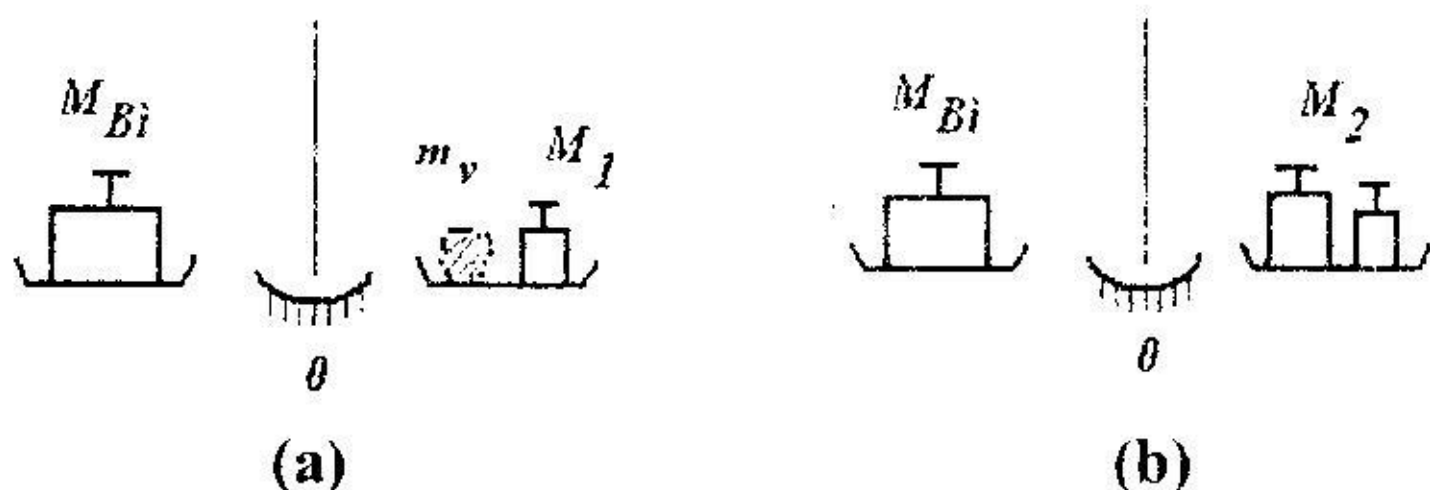
Một cái cân chỉ được gọi là chuẩn nếu ta thêm vào hai đĩa cân hai vật có khối lượng bằng nhau thì thăng bằng của cân không bị thay đổi. Muốn vậy thì hai cánh tay đòn của cân phải hoàn toàn bằng nhau. Tuy nhiên, trong thực tế rất khó chế tạo có những cân như vậy với độ chính xác cao. Vì thế, để xác định thật chính xác khối lượng của vật, người ta dùng phương pháp cân lặp.

Phương pháp cân lặp được thực hiện như sau. Trước hết, đặt lên đĩa trái một quả cân để làm bì, có khối lượng M_{b1} (nên dùng quả cân lớn nhất trong hộp quả cân để độ nhạy của cân trong mỗi lần đo là như nhau); đặt vật cần cân lên đĩa phải và thêm vào đó một số quả cân cùng một số con mã cần thiết để khi thử cân bằng của cân, thước trắc vi gắn liền với kim không lệch hẳn khỏi vạch chuẩn của màn mờ (Hình 2.2.4a). Gọi M_1 là tổng khối lượng các quả cân và các con mã đã hạ xuống đĩa cân bên phải, n_1 là vạch của thước trắc vi dừng lại trước vạch chuẩn. Muốn đưa thước trắc vi về vị trí cân bằng ban đầu n_0 (đã tìm ở bước i), ta thêm vào đĩa cân bên phải một gia trọng có khối lượng $\gamma(n_1 - n_0)$. Từ đó, công thức (2.2.2) được viết lại có dạng:

$$M_{b1} l = [m_v + M_1 + \gamma(n_1 - n_0)]L \quad (2.2.7)$$

Sau đó, thay vật m_v ở đĩa cân bên phải bằng các quả cân và con mã để cân thăng bằng trở lại như Hình 2.2.4b. Lúc này, thước trắc vi dừng lại trước vạch chuẩn n_2 . Khi đó, gọi M_2 là tổng khối lượng của các quả cân và con mã ở đĩa cân bên phải. Tương tự, công thức (2.2.2) được viết lại có dạng:

$$M_{Bi} l = [M_2 + \gamma(n_2 - n_0)]L \quad (2.2.8)$$



Hình 2.2.4. Cách cân lập để xác định khối lượng vật.

Từ công thức (2.2.7) và (2.2.8) ta có:

$$m_v + M_1 + \gamma(n_1 - n_0) = M_2 + \gamma(n_2 - n_0)$$

Vậy khối lượng của vật được xác định theo công thức:

$$m_v = M_2 - M_1 + \gamma(n_2 - n_1) \quad (2.2.9)$$

2.2.5. Tiến trình thí nghiệm

2.2.5.1. Xác định độ nhạy của cân

- Bước 1: Đóng kín tủ kính của cân, vặn núm V để hạ đòn cân xuống và đọc số vạch (tính từ vạch số 0 của thước trắc vi) dừng lại trên vạch chuẩn - đó là vị trí cân bằng n_0 của cân khi không mang gia trọng.

- Bước 2: Ghi kết quả đọc được n_0 vào bảng 2.2.1.

- Bước 3: Làm lại các bước 1 và 2 thêm 4 lần nữa để lấy giá trị trung bình.

- Bước 4: Vận núm N để hạ con mã 10 mg xuống đòn cân bên phải và đọc giá trị của vạch nhỏ n của thước trắc vi dừng lại trên vạch chuẩn của đèn mờ.

- Bước 5: Ghi kết quả đọc được n vào bảng 2.2.1.

- Bước 6: Làm lại các bước 4 và 5 thêm 4 lần nữa để lấy giá trị trung bình.

2.2.5.2. Xác định khối lượng của ống kim loại hình trụ

- Bước 7: Khóa cân bằng cách nâng đòn cân lên bằng núm V. Đặt lên đĩa cân bên trái một quả cân làm bì (quả cân lớn nhất); đặt ống trụ kim loại cần xác định khối lượng vào giữa đĩa cân bên phải, đặt các quả cân vào bên cạnh vật, hạ các con mã (nếu cần) cho đến khi hạ đòn cân xuống (mở cân) thước trắc vi không lệch hẳn khỏi vạch chuẩn trên màn mờ (cân đã cân bằng). Đọc khối lượng M_1 của các quả cân và con mã (nếu có) trên đĩa cân bên phải, số vạch n_1 của thước trắc vi dừng lại trước vạch chuẩn của màn mờ.

Lưu ý: Khi mở cân bằng cách vận núm V, nếu thước trắc vi lệch hẳn khỏi vạch chuẩn trên màn mờ (cân chưa cân bằng) thì khóa cân trước rồi mới điều chỉnh khối lượng các quả cân bên phải. Phải đảm bảo cân đã được khóa trước khi điều chỉnh khối lượng trên các đĩa cân.

- Bước 8: Ghi kết quả đọc được M_1, n_1 vào bảng 2.2.1.

- Bước 9: Làm lại các bước 7 và 8 thêm 4 lần nữa để lấy giá trị trung bình.

- Bước 10: Khóa cân bằng núm V. Lấy vật ra khỏi đĩa cân bên phải và thêm vào đó một số quả cân và con mã (nếu cần) để khi hạ đòn cân xuống, một vạch nào đó của thước trắc vi dừng lại trước vạch chuẩn của màn mờ. Đọc khối lượng M_2 của tổng các quả cân trên đĩa phải, đọc vạch n_2 của thước trắc vi nằm ở vạch chuẩn của màn mờ.

- Bước 11: Ghi kết quả đo được M_2, n_2 vào bảng 2.2.1.

- Bước 12: Đóng, mở cân thêm 4 lần nữa để đọc các số vạch n_2 rồi ghi vào bảng số liệu.

2.2.5.3. Xác định thể tích của ống trụ kim loại

- Bước 13: Dùng thước kẹp đo đường kính ngoài D , đường kính trong d và chiều cao h của ống trụ kim loại.

- Bước 14: Ghi lại các kết quả đo được vào bảng 2.2.2.

- Bước 15: Lặp lại các bước 13 và 14 thêm bốn lần nữa để lấy các giá trị trung bình.

2.2.5.4. Xác định khối lượng riêng của ống trụ kim loại

- Bước 16: Sử dụng kết quả thí nghiệm thu được trong phần 2.2.5.1 đến 2.2.5.3 để xác định khối lượng riêng của ống trụ kim loại.

- Bước 17: Tháo rời tất cả các dụng cụ thí nghiệm đã được lắp ráp. Đưa các dụng cụ thí nghiệm về vị trí ban đầu.

2.2.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

2.2.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới. Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 2.2.1. Kết quả đo khối lượng của ống trụ bằng cân chính xác.

Lần đo	n_0	Δn_0	n	Δn	M_1	n_1	Δn_1	M_2	n_2	Δn_2
1										
2										
3										
4										
5										
Trung bình										

Bảng 2.2.2. Kết quả đo kích thước của ống trụ bằng thước kẹp.

Độ chính xác của thước kẹp: mm						
Lần đo	D	ΔD	d	Δd	h	Δh
1						
2						
3						
4						
5						
Trung bình						

2.2.6.2. Phân tích kết quả

i) Xác định khối lượng ống trụ kim loại

- Độ nhạy của cân:

$$\bar{\gamma} = \frac{10}{|\bar{n} - \bar{n}_0|}$$

- Sai số tuyệt đối trung bình của độ nhạy:

$$\overline{\Delta\gamma} = \frac{10(\overline{\Delta n} - \overline{\Delta n}_0)}{(\bar{n} - \bar{n}_0)^2}$$

- Giá trị trung bình của khối lượng:

$$\overline{m_v} = (M_2 - M_1) + \bar{\gamma}(\bar{n}_2 - \bar{n}_1)$$

- Sai số tuyệt đối trung bình của khối lượng:

$$\overline{\Delta m_v} = \bar{\gamma}(\overline{\Delta n}_2 + \overline{\Delta n}_1) + \overline{\Delta\gamma}(\bar{n}_2 - \bar{n}_1)$$

- Khối lượng của ống trụ kim loại:

$$m_v = \overline{m_v} \pm \overline{\Delta m_v}$$

ii) Thể tích ống trụ kim loại

- Sai số tương đối trung bình:

$$\varepsilon_v = \frac{\overline{\Delta V}}{\bar{V}} = 2 \left(\frac{\bar{D} \cdot \overline{\Delta D} + \bar{d} \cdot \overline{\Delta d}}{\bar{D}^2 - \bar{d}^2} \right) + \frac{\overline{\Delta h}}{\bar{h}} + \frac{\Delta\pi}{\pi}$$

- Giá trị trung bình:

$$\bar{V} = \frac{\pi}{4} (\bar{D}^2 - \bar{d}^2) \bar{h}$$

- Sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta V} = \varepsilon_v \bar{V}$$

- Kết quả:

$$V = \bar{V} \pm \overline{\Delta V}$$

iii) Xác định khối lượng riêng của ống trụ kim loại

- Sai số tương đối trung bình:

$$\bar{\varepsilon}_\rho = \frac{\overline{\Delta \rho}}{\bar{\rho}} = \frac{\overline{\Delta m_v}}{\bar{m}_v} + \frac{\overline{\Delta v}}{\bar{v}}$$

- Giá trị trung bình:

$$\bar{\rho} = \frac{\bar{m}_v}{\bar{v}}$$

- Sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta \rho} = \bar{\varepsilon}_\rho \cdot \bar{\rho}$$

- Kết quả:

$$\rho = \bar{\rho} \pm \overline{\Delta \rho}$$

- Nhận xét các kết quả thí nghiệm.

- Phân tích các nguyên nhân dẫn đến sai số của phép đo và đề xuất hướng khắc phụ (nếu có).

2.2.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

2.3. Xác định hệ số ma sát nghỉ và ma sát trượt

2.3.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Đề xuất được phương án thí nghiệm để đo hệ số ma sát giữa hai bề mặt;

- Thực hiện được thí nghiệm đo hệ số ma sát đúng quy trình;
- Phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phân biện.

2.3.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm này là gì?

Câu hỏi 2: Nêu ngắn gọn cơ sở lý thuyết của phương pháp đo hệ số ma sát bằng mặt phẳng nghiêng.

Câu hỏi 3: Nêu rõ vai trò, chức năng của từng dụng cụ được sử dụng trong thí nghiệm.

Câu hỏi 4: Để thu được các đại lượng cần đo, ta cần tiến hành thí nghiệm theo trình tự nào?

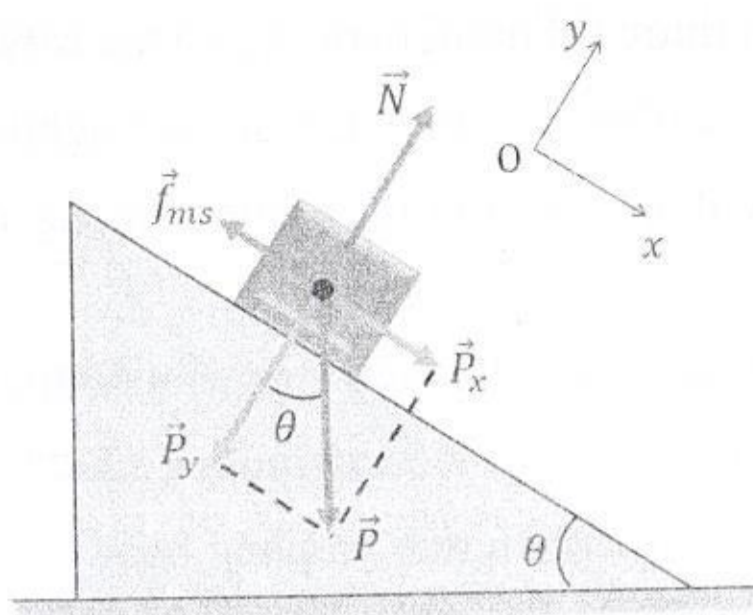
Câu hỏi 5: Ma sát có ảnh hưởng như thế nào trong kỹ thuật và đời sống? Làm thế nào để tăng hoặc giảm hệ số ma sát?

Câu hỏi 6: Đề xuất một vài phương pháp khác để đo hệ số ma sát.

2.3.3. Cơ sở lý thuyết

Cho một vật có khối lượng m trượt không vận tốc đầu từ đỉnh của một mặt phẳng nghiêng một góc θ so với mặt phẳng nằm ngang như Hình 2.3.1. Gọi μ là hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt phẳng nghiêng. Các lực tác dụng lên vật:

- trọng lực $\vec{P} = m\vec{g}$;
- phản lực \vec{N} ;
- lực ma sát trượt \vec{f}_{ms} ;



Hình 2.3.1. Chuyển động của vật trên mặt phẳng nghiêng.

Phương trình chuyển động của vật (Định luật II Newton):

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{f}_{ms} = m\vec{a} \quad (2.3.1)$$

Chiếu phương trình (2.3.1) lên phương Oy , ta có:

$$mg\cos\theta = N \quad (2.3.2)$$

Chiếu phương trình (2.3.1) lên phương Ox , ta có:

$$mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma \quad (2.3.3)$$

Từ (2.3.3), để vật trượt trên mặt phẳng nghiêng với không vận tốc đầu, gia tốc chuyển động $a > 0$, hay:

$$\sin\theta > \mu\cos\theta$$

Suy ra:

$$\tan\theta > \mu \quad (2.3.4)$$

Góc mặt phẳng nghiêng mà tại đó vật bắt đầu trượt được gọi là góc tới hạn θ_c . Hệ số ma sát nghỉ được xác định:

$$\mu_s = \tan\theta_c \quad (2.3.5)$$

Khi góc nghiêng $\theta > \theta_c$, vật sẽ chuyển động nhanh dần đều với tốc độ ban đầu bằng không. Do đó, gia tốc liên hệ với quãng đường đi được s và thời gian t theo công thức:

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (2.3.6)$$





Từ (2.3.3) và (2.3.6), hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt phẳng nghiêng được xác định theo công thức:

$$\mu = \tan\theta - \frac{2s}{gt^2\cos\theta} \quad (2.3.7)$$

Trong thí nghiệm này, để xác định hệ số ma sát trượt μ giữa vật và mặt phẳng nghiêng, ta đo góc nghiêng θ của mặt phẳng nghiêng bằng một bảng chia độ gắn ở đỉnh của mặt phẳng nghiêng, đo quãng đường đi được s của vật bằng thước milimet, đo thời gian t vật đi được quãng đường s kể từ lúc thả bằng đồng hồ bấm giây.

2.3.4. Dụng cụ thí nghiệm

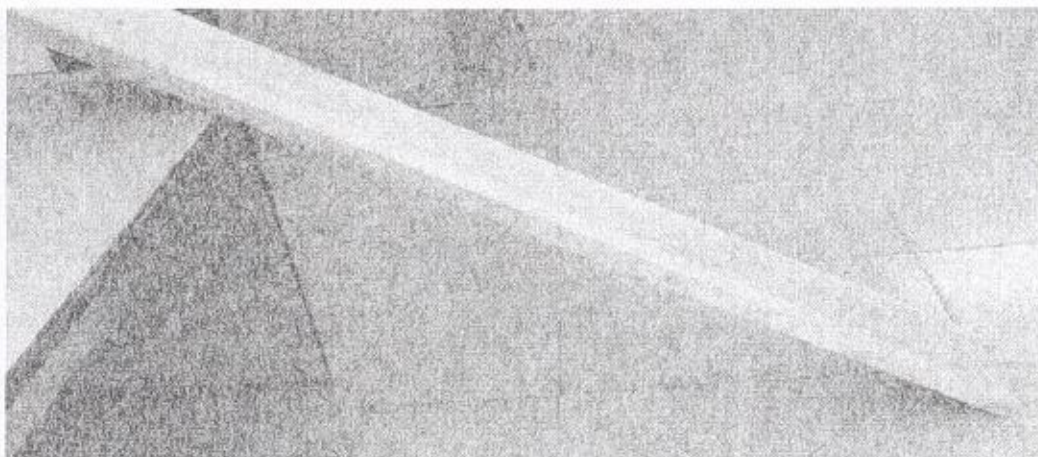
Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Ván gỗ phẳng	01	
2	Khối gỗ	02	
3	Đồng hồ bấm giây	01	
4	Thước cuộn milimet	01	

2.3.5. Tiến trình thí nghiệm

2.3.5.1. Xác định góc tới hạn của mặt phẳng nghiêng

- Bước 1: Tạo mặt phẳng nghiêng như Hình 2.3.2.



Hình 2.3.2. Tạo mặt phẳng nghiêng.

- Bước 2: Đặt đĩa tròn bằng gỗ trên ván gỗ rồi tăng dần góc nghiêng của ván gỗ cho đến khi đĩa tròn gỗ bắt đầu trượt thì dừng lại. Đọc giá trị góc nghiêng θ_c trên thước đo độ tại thời điểm đĩa tròn bắt đầu trượt.

- Bước 3: Ghi các kết quả đọc được θ_c vào bảng 2.3.1.

- Bước 4: Làm lại các bước 2 và 3 thêm bốn lần nữa để lấy giá trị trung bình.

2.3.5.2. Xác định hệ số ma sát trượt

- Bước 5: Đưa đầu mặt phẳng nghiêng lên cao thêm một chút để cho góc nghiêng của mặt phẳng nghiêng $\theta_l > \theta_c$.

- Bước 6: Đọc và ghi lại giá trị của θ_l vào bảng 2.3.2.

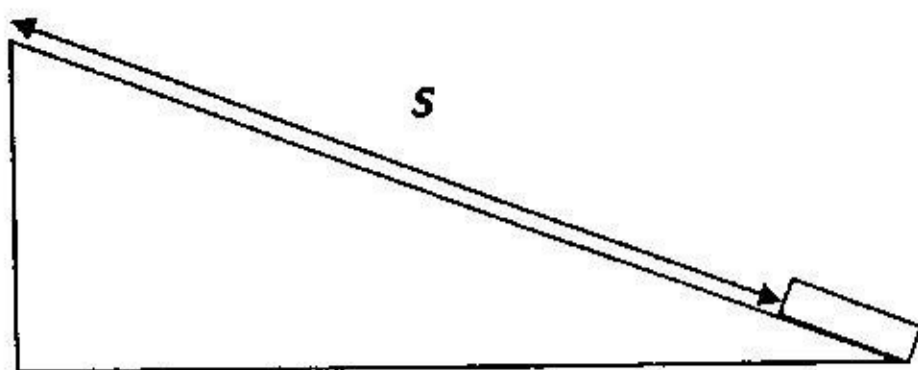
- Bước 7: Đặt đĩa tròn trên đỉnh mặt phẳng nghiêng sao cho mép trên của đĩa và mặt phẳng nghiêng trùng khớp nhau.

- Bước 8: Buông nhẹ tay để cho đĩa trượt không vận tốc đầu, dùng đồng hồ bấm giây để đo thời gian t đĩa tròn bắt đầu trượt cho đến khi mép dưới của đĩa và mặt phẳng nghiêng trùng khớp nhau.

- Bước 9: Đọc và ghi giá trị của t vào bảng 2.3.2.

- Bước 10: Làm lại các bước 7 đến 9 thêm bốn lần nữa để lấy giá trị trung bình.

- Bước 11: Dùng thước milimet đo quãng đường s đĩa tròn đi được. Đó là khoảng cách từ mép trên của mặt phẳng nghiêng đến một vị trí nào đó trên mặt phẳng nghiêng trùng với mép trên của đĩa tròn (Hình 2.3.3).



Hình 2.3.3. Đo quãng đường s vật đi được.

- Bước 12: Đọc và ghi giá trị của s vào bảng 2.3.2.
- Bước 13: Làm lại các bước 11 và 12 thêm bốn lần nữa để lấy giá trị trung bình.
- Bước 14: Làm lại các bước 5 đến 13 với góc nghiêng của mặt phẳng nghiêng $\theta_2 = \theta_1 + 5^\circ$ và $\theta_3 = \theta_1 + 10^\circ$.
- Bước 15: Đưa các dụng cụ thí nghiệm về vị trí ban đầu.

2.3.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

2.3.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới. Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 2.3.1. Kết quả đo góc tới hạn θ_c của mặt phẳng nghiêng.

Lần	1	2	3	4	5	Trung bình
θ_c						$\bar{\theta}_c =$
$\Delta\theta_c = \theta_c - \bar{\theta}_c $						

Bảng 2.3.2: Kết quả đo θ , t , và s .

Độ chính xác của thước mm:							
Độ chính xác của thước đo độ $\Delta\theta$:							
Độ chính xác của đồng hồ bấm giây:							
θ	s (m)	t (s)					\bar{t} (s)
		1	2	3	4	5	
$\theta_1 =$							
$\theta_2 =$							
$\theta_3 =$							

2.3.6.2. Kết quả thí nghiệm

i) Góc tới hạn

- Kết quả:

$$\theta_c = \bar{\theta}_c \pm \overline{\Delta\theta}_c$$

ii) Hệ số ma sát trượt

- Giá trị trung bình của hệ số ma sát trượt:

$$\bar{\mu} = \tan\theta - \frac{2\bar{s}}{g\bar{t}^2\cos\theta}$$

- Sai số tuyệt đối trung bình của hệ số ma sát trượt:

$$\begin{aligned}\overline{\Delta\mu} &= \Delta(\tan\theta) + \Delta\left(\frac{2\bar{s}}{g\bar{t}^2\cos\theta}\right) \\ &= \frac{\Delta\theta}{\cos^2\theta} + \left(\frac{\overline{\Delta s}}{\bar{s}} + \frac{\Delta g}{g} + 2\frac{\overline{\Delta t}}{\bar{t}} + \Delta\theta\tan\theta\right)\frac{2\bar{s}}{g\bar{t}^2\cos\theta}\end{aligned}$$

- Kết quả:

θ	$\mu = \bar{\mu} \pm \overline{\Delta\mu}$
$\theta_1 =$	
$\theta_2 =$	
$\theta_3 =$	

- Nhận xét các kết quả thí nghiệm.

- Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả đo và cách khắc phục (nếu có).

2.3.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nội báo cáo theo đúng kế hoạch.

2.4. Kiểm nghiệm định luật III Newton và lí thuyết va chạm

2.4.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Đề xuất được phương án để kiểm nghiệm được định luật III Newton trên đệm không khí;

- Khảo sát được quá trình va chạm xuyên tâm giữa hai vật chuyển động trên băng đệm không khí đối với va chạm đàn hồi và va chạm mềm;

- Phân tích, nhận xét được kết quả thí nghiệm;

- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;

- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;

- Phát triển kĩ năng làm việc và quản lí nhóm;

- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

2.4.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Phân biệt va chạm đàn hồi và va chạm mềm giữa hai vật. Vì sao trong va chạm mềm, động năng của hệ không được bảo toàn?

Câu hỏi 3: Trong thí nghiệm khảo sát va chạm giữa hai vật, xe trượt X_1 cần có vận tốc ban đầu lớn hay nhỏ? Vì sao?

Câu hỏi 4: Hai xe va chạm trực diện với nhau trong trường hợp không dùng lò xo thì va chạm của chúng có còn là va chạm đàn hồi nữa không? Vì sao?

Câu hỏi 5: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

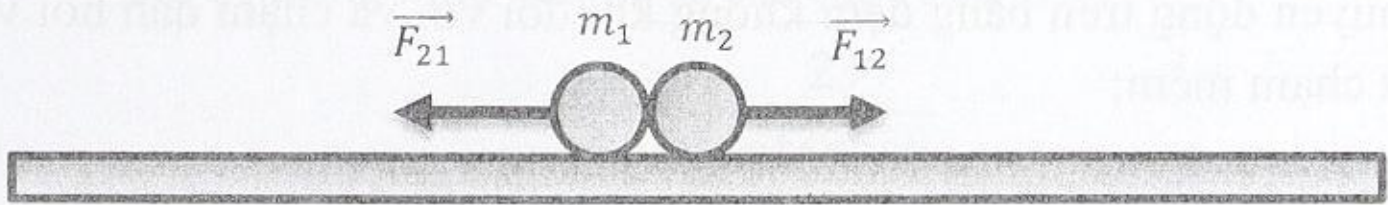
Câu hỏi 6: Vì sao đệm khí làm giảm ma sát chuyển động?

Câu hỏi 7: Trước khi tiến hành thí nghiệm, tại sao cần phải điều chỉnh thanh tạo đệm khí nằm ngang?

Câu hỏi 8: Hãy liệt kê các phương pháp (ít nhất 3 phương pháp) để kiểm tra thanh tạo đệm khí đã nằm ngang hay chưa?

2.4.3. Cơ sở lý thuyết

2.4.3.1. Định luật III Newton



Hình 2.4.1. Tương tác giữa hai vật khi va chạm.

Xét một va chạm xảy ra với hai vật có khối lượng m_1 và m_2 . Trong suốt thời gian va chạm, vật m_1 tác dụng lên vật m_2 một lực \vec{F}_{12} . Tương tự, vật m_2 tác dụng lên vật m_1 một lực \vec{F}_{21} . Theo định luật III Newton, hai lực này là hai lực cùng phương, ngược chiều và cùng độ lớn:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Hai lực như vậy ta gọi là hai lực trực đối. Chúng là lực và phản lực của nhau.

Độ biến thiên động lượng của vật m_1 và m_2 trong khoảng thời gian va chạm Δt lần lượt là (xem lực tương tác không thay đổi trong suốt thời gian va chạm):

$$\overline{\Delta P_1} = \vec{F}_{21} \Delta t$$

$$\overline{\Delta P_2} = \vec{F}_{12} \Delta t$$

Từ đó, ta có:

$$\frac{\vec{F}_{21}}{\vec{F}_{12}} = \frac{\overline{\Delta P_1}}{\overline{\Delta P_2}} = \frac{m_1(\vec{v}_{1f} - \vec{v}_{1i})}{m_2(\vec{v}_{2f} - \vec{v}_{2i})}$$

trong đó, \vec{v}_{1i} và \vec{v}_{1f} lần lượt là vận tốc của vật m_1 trước và sau va chạm; \vec{v}_{2i} và \vec{v}_{2f} lần lượt là vận tốc của vật m_2 trước và sau va chạm.

Giả sử ban đầu hai vật đứng yên, tiếp xúc nhau và giữa chúng có gắn lò xo. Ta ép chúng một lực nhẹ rồi thả ra. Sau va chạm, các vật sẽ chuyển động thẳng đều. Như vậy, tốc độ của các vật ngay trước va chạm bằng không ($v_{1i} = v_{2i} = 0$) và sau va chạm các vật chuyển động thẳng đều ($v_{1f} = v_1$ và $v_{2f} = v_2$). Khi đó, ta có:

$$\frac{F_{21}}{F_{12}} = \frac{m_1 v_1}{m_2 v_2} \quad (2.4.1)$$

Bằng cách sử dụng công quang điện và gắn các cảm quang trên các vật, tốc độ của các vật được tính theo công thức:

$$v_i = \frac{l_i}{t_i} \quad (2.4.2)$$

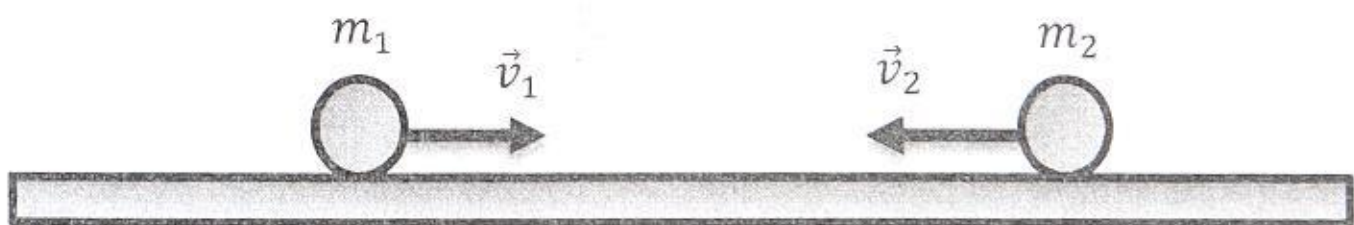
với l_i và t_i lần lượt là bề rộng và thời gian chặn công quang điện của cảm quang gắn trên vật m_i . Từ (2.4.1) và (2.4.2), ta có:

$$\frac{F_{21}}{F_{12}} = \frac{m_1 l_1 t_2}{m_2 l_2 t_1} \quad (2.4.3)$$

Vậy để kiểm nghiệm định luật III Newton, ta đi khảo sát thời gian các cảm quang chuyển động qua các công quang điện.

2.4.3.2. Lí thuyết va chạm

Giả sử một hệ gồm hai vật có khối lượng m_1 và m_2 chuyển động không ma sát dọc theo một máng ngang với vận tốc \vec{v}_1 và \vec{v}_2 tới va chạm xuyên tâm vào nhau (Hình 2.4.2).



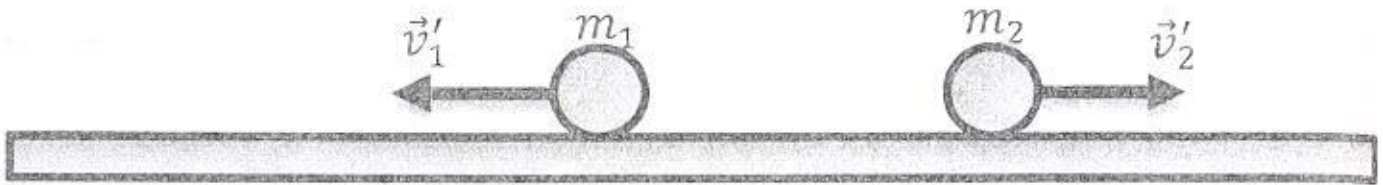
Hình 2.4.2. Hình ảnh minh họa chuyển động của hai vật trước va chạm.

Nếu thời gian va chạm giữa hai vật ngắn và sau đó hai vật chuyển động theo hai hướng ngược nhau. Đó là va chạm đàn hồi.

Nếu sau va chạm, hai vật gắn với nhau thành một khối, đó là va chạm mềm.

i) Va chạm đàn hồi

Sau va chạm, hai vật chuyển động với vận tốc \vec{v}'_1 và \vec{v}'_2 dọc theo phương ban đầu và ngược chiều nhau.



Hình 2.4.3. Hình ảnh minh họa chuyển động của hai vật sau va chạm.

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng, ta có: $\vec{p}' = \vec{p}$, hay

$$m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

Chiếu lên phương ngang, suy ra:

$$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (2.4.4)$$

Trong trường hợp này, tổng tổng động năng của hệ vật này được bảo toàn, tức là:

$$\frac{m_1 v'^2_1}{2} + \frac{m_2 v'^2_2}{2} = \frac{m_1 v^2_1}{2} + \frac{m_2 v^2_2}{2} \quad (2.4.5)$$

Giải hệ hai phương trình (2.4.4) và (2.4.5), ta tìm được:

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad (2.4.6)$$

$$v'_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2} \quad (2.4.7)$$

Từ (2.4.6) và (2.4.7), ta suy ra:

- Nếu $m_1 = m_2$ thì $v'_1 = v_2$ và $v'_2 = v_1$, tức là sau va chạm hai vật trao đổi vận tốc cho nhau.

- Nếu $m_1 = m_2$ và $v_2 = 0$ thì $v_1' = 0$ và $v_2' = v_1$, tức là sau va chạm hai vật trao đổi vận tốc cho nhau, nhưng vật m_1 đứng yên, còn vật m_2 chuyển động với vận tốc bằng vận tốc của vật m_1 trước va chạm.

Trong bài thí nghiệm này, ta cho xe 1 chuyển động ($v_1 \neq 0$) và xe 2 đứng yên ($v_2 = 0$). Vận tốc v_1' và v_2' của xe 1 và xe 2 sau va chạm là:

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2} \quad (2.4.8)$$

$$v_2' = \frac{2m_1v_1}{m_1 + m_2} \quad (2.4.9)$$

ii) Va chạm mềm

Sau va chạm, hai vật m_1 và m_2 gắn chặt vào nhau và chuyển động với cùng vận tốc v' . Trong trường hợp này, tổng động lượng của hệ vật vẫn bảo toàn: $\vec{p}' = \vec{p}$, hay

$$(m_1 + m_2)\vec{v}' = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$

Chiếu lên phương ngang, suy ra:

$$(m_1 + m_2)v' = m_1v_1 + m_2v_2 \quad (2.4.10)$$

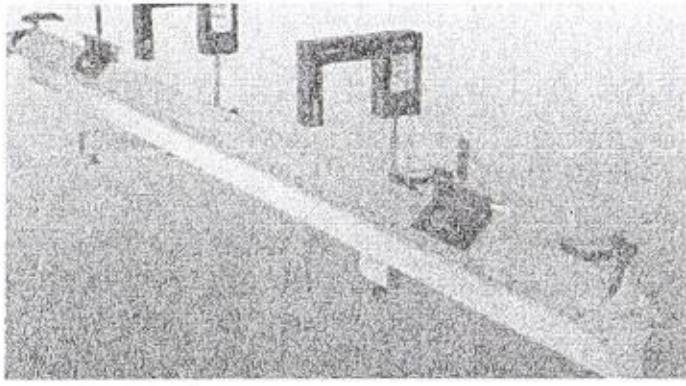

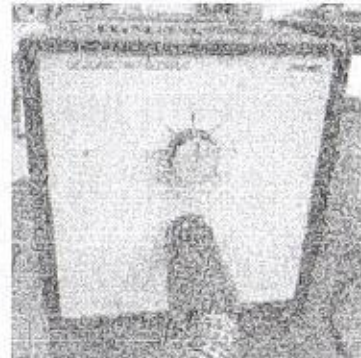
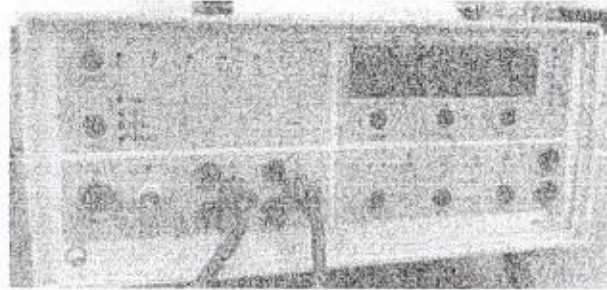
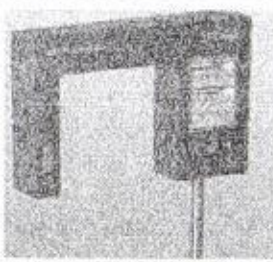
$$v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} \quad (2.4.11)$$

Trong bài thí nghiệm này, ta cho xe 1 chuyển động ($v_1 \neq 0$) và xe 2 đứng yên ($v_2 = 0$). Lúc này vận tốc v' của hệ hai vật sau va chạm là:

$$v' = \frac{m_1v_1}{m_1 + m_2} \quad (2.4.12)$$

2.4.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Băng đệm khí có 3 chân vít điều chỉnh thẳng bằng	01	
2	Xe trượt	02	
3	Bơm nén khí và ống dẫn khí nén	01	
4	Máy đo thời gian hiện số	01	
5	Cổng quang điện	02	

2.4.5. Tiến trình thí nghiệm

2.4.5.1. Điều chỉnh băng đệm khí cân bằng thẳng ngang

- Bước 1: Đặt hai cổng quang E, F nằm trong khoảng giữa hai đầu của thanh đệm khí cách nhau 50 cm trên thước milimét T.

Cắm đầu dây có phích 5 chân của hai cổng quang E và F vào máy đo thời gian.

- Bước 2: Cắm phích lấy điện của máy đo thời gian vào nguồn điện ~ 220 V. Lần lượt bấm nút reset và start.

- Bước 3: Đặt xe trượt X_1 nằm trên băng đệm khí và nằm ngoài hai cổng quang E, F. Cắm phích lấy điện của bơm nén khí vào nguồn điện ~ 220 V để nén không khí vào băng đệm khí.

- Bước 4: Đẩy nhẹ xe trượt chuyển động qua 2 cổng quang. Nếu thời gian đo được bởi hai cổng quang không bằng nhau, vặn từ từ vít V_1 hoặc V_2 ở các chân của thanh đệm khí để điều chỉnh độ cao của một trong hai đầu của thanh đệm khí và cho xe trượt chuyển động qua hai cổng quang cho đến khi thời gian đo được bởi 2 cổng quang bằng nhau. Khi đó thanh đệm khí đã được chỉnh cân bằng thẳng ngang.

+ **Lưu ý:** Giữ nguyên vị trí cân bằng này của thanh đệm khí trong suốt quá trình thí nghiệm.

2.4.5.2. Kiểm chứng định luật III Newton

- Bước 5: Đặt 2 xe trượt X_1, X_2 trên thanh đệm khí và ở phía trong hai cổng quang E, F. Trong trường hợp này, cần lắp thêm vào mỗi đầu đối diện của hai xe trượt X_1 và X_2 một đầu va chạm đàn hồi có gắn lò xo.

- Bước 6: Đưa 2 xe trượt X_1, X_2 lại sát vào nhau và dùng 1 lực nhẹ ép hai xe lại và thả ra. Lúc này xe trượt X_1 chuyển động đi qua cổng quang E và xe trượt X_2 chuyển động đi qua cổng quang F. Gọi t_1 là các khoảng thời gian chắn tia hồng ngoại khi tấm chắn cản quang C_1 của xe 1 đi qua cổng quang E, t_2 là khoảng thời gian chắn tia hồng ngoại khi tấm chắn cản quang C_2 của xe 2 đi qua cổng quang F.

- Bước 7: Đọc và ghi giá trị của t_1 và t_2 vào bảng 2.4.1.

- Bước 8: Dùng thước đo bề rộng l_1 và l_2 của các cản quang điện gắn trên các xe. Ghi các kết quả thu được vào bảng 2.4.1.

- Bước 9: Làm lại các bước 5→8 thêm bốn lần nữa để lấy giá trị trung bình.

2.4.5.3. Khảo sát quá trình va chạm đàn hồi

- Bước 10: Đặt xe trượt X_1 nằm ở gần đầu của băng đệm khí, phía ngoài hai cổng quang E, F. Đồng thời, đặt thêm xe trượt X_2 nằm trên băng đệm khí phía trong hai cổng quang E, F, nhưng gần F hơn. Trong trường hợp này, cần lắp thêm vào mỗi đầu đối diện của hai xe trượt X_1 và X_2 một đầu va chạm đàn hồi có gắn lò xo.

- Bước 11: Đẩy xe trượt X_1 chuyển động đi qua cổng quang E với vận tốc đủ lớn tới va chạm vào xe trượt X_2 đang đứng yên. Sau va chạm, xe trượt X_1 đổi chiều chuyển động đi qua cổng quang E lần thứ hai, xe trượt X_2 chuyển động qua cổng quang F.

Gọi t_1 và t'_1 lần lượt là các khoảng thời gian chắn tia hồng ngoại khi tấm chắn cản quang C_1 trên xe X_1 đi qua cổng E trước và sau va chạm, t'_2 là khoảng thời gian chắn tia hồng ngoại khi tấm chắn cản quang C_2 trên xe X_2 đi qua cổng F sau va chạm.

- Bước 12: Đọc và ghi giá trị của t_1 , t'_1 , t'_2 vào bảng 2.4.2 để tính vận tốc v_1 , v'_1 , v'_2 .

- Bước 13: Làm lại các bước 10 →12 thêm bốn lần nữa để lấy giá trị trung bình.

2.4.5.4. Khảo sát quá trình va chạm mềm

- Bước 14: Tháo tấm chắn cản quang C_2 ra khỏi xe trượt X_2 . Thay hai đầu va chạm đàn hồi trên hai đầu đối diện của hai xe trượt X_1 và X_2 bằng hai đầu va chạm mềm có vải gai móc dính. Sau đó, đặt hai xe trượt X_1 và X_2 tại các vị trí giống vị trí ban đầu của trường hợp va chạm đàn hồi.

- Bước 15: Đẩy xe trượt X_1 chuyển động đi qua cổng quang E với tốc độ v_1 đủ lớn tới va chạm vào xe trượt X_2 đang đứng yên ($v_2 = 0$). Đọc và ghi khoảng thời gian chắn sáng t_1 khi tấm cản quang C_1 trên xe 1 đi qua cổng quang E vào bảng 2.4.3. Sau va chạm, hai đầu va chạm mềm có vải gai móc dính vào nhau nên cả

hai xe trượt X_1 và X_2 tiếp tục chuyển động với cùng vận tốc v' đi qua cổng quang F.

- Bước 16: Đọc và ghi vào bảng 2.4.3 khoảng thời gian chắn sáng t' khi tấm cản quang C_1 của xe 1 đi qua cổng quang F. Tốc độ của xe trượt X_1 trước va chạm và tốc độ của 2 xe X_1 và X_2 sau va chạm được tính theo công thức (2.4.2).

- Bước 17: Làm lại các bước 14 \rightarrow 16 thêm bốn lần nữa để lấy giá trị trung bình.

- Bước 18: Đưa các dụng cụ thí nghiệm về vị trí ban đầu.

2.4.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

2.4.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới. Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 2.4.1: Kết quả thí nghiệm khảo sát định luật III Newton.

Ghi cụ thể các số liệu ở dưới:

+ Khối lượng xe 1: $m_1 = \dots\dots\dots$ (g)

+ Khối lượng xe 2: $m_2 = \dots\dots\dots$ (g)

+ Độ chính xác của thước đo chiều dài: $\dots\dots\dots$ (mm)

+ Độ chính xác của máy đo thời gian: $\dots\dots\dots$ (s)

Lần đo	m_1 (g)	m_2 (g)	t_1 (s)	t_2 (s)	l_1 (mm)	l_2 (mm)
1						
2						
3						
4						
5						

Bảng 2.4.2: Kết quả thí nghiệm khảo sát quá trình va chạm đàn hồi.

Lần đo	Chiều dài tấm chắn cản quang		Trước va chạm		Sau va chạm			
	l_1 (mm)	l_2 (mm)	t_1 (s)	v_1 (m/s)	t'_1 (s)	v'_1 (m/s)	t'_2 (s)	v'_2 (m/s)
1								
2								
3								
4								
5								

Bảng 2.4.3: Kết quả thí nghiệm khảo sát quá trình va chạm mềm.

Lần đo	Trước va chạm		Sau va chạm	
	t_1 (s)	v_1 (m/s)	t' (s)	v' (m/s)
1				
2				
3				
4				
5				

2.4.6.2. Phân tích kết quả

i) Định luật III Newton

$$\frac{\bar{F}_1}{\bar{F}_2} = \frac{\bar{m}_1}{\bar{m}_2} \frac{\bar{t}_2}{\bar{t}_1} \frac{\bar{l}_1}{\bar{l}_2}$$

ii) Va chạm đàn hồi

- Giá trị trung bình của các tốc độ sau va chạm:

$$\bar{v}'_1 = \frac{\bar{l}_1}{\bar{t}'_1}; \bar{v}'_2 = \frac{\bar{l}_2}{\bar{t}'_2}$$

- Sai số tương đối của các tốc độ sau va chạm:

$$\varepsilon_{v'_1} = \frac{\Delta v'_1}{v'_1} = \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta t'_1}{t'_1}; \varepsilon_{v'_2} = \frac{\Delta v'_2}{v'_2} = \frac{\Delta l_2}{l_2} + \frac{\Delta t'_2}{t'_2}$$

- Sai số tuyệt đối của các tốc độ sau va chạm:

$$\Delta v'_1 = \varepsilon_{v'_1} \bar{v}'_1; \Delta v'_2 = \varepsilon_{v'_2} \bar{v}'_2$$

- Tốc độ của các hai xe sau va chạm:

$$v_1' = \bar{v}_1' \pm \overline{\Delta v_1'}$$

$$v_2' = \bar{v}_2' \pm \overline{\Delta v_2'}$$

- Xác định tốc độ của hai xe sau va chạm theo tốc độ xe 1 trước va chạm [theo công thức (2.4.15) và (2.4.16)]:

+ Giá trị trung bình:

$$\bar{v}_1' = \frac{(\bar{m}_1 - \bar{m}_2)\bar{v}_1}{\bar{m}_1 + \bar{m}_2}; \bar{v}_2' = \frac{2\bar{m}_1\bar{v}_1}{\bar{m}_1 + \bar{m}_2}$$

+ Sai số tương đối:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{v_1'} &= \frac{\overline{\Delta v_1'}}{\bar{v}_1'} = \frac{\overline{\Delta m_1}}{\bar{m}_1} + \frac{\overline{\Delta m_2}}{\bar{m}_2} + \frac{\overline{\Delta v_1}}{\bar{v}_1}; \varepsilon_{v_2'} = \frac{\overline{\Delta v_2'}}{\bar{v}_2'} \\ &= \frac{\overline{\Delta m_1}}{\bar{m}_1} + \frac{\overline{\Delta m_2}}{\bar{m}_2} + \frac{\overline{\Delta v_1}}{\bar{v}_1} \end{aligned}$$

+ Sai số tuyệt đối:

$$\overline{\Delta v_1'} = \varepsilon_{v_1'} \bar{v}_1'; \overline{\Delta v_2'} = \varepsilon_{v_2'} \bar{v}_2'$$

+ Tốc độ của các hai xe sau va chạm:

$$v_1' = \bar{v}_1' \pm \overline{\Delta v_1'}$$

$$v_2' = \bar{v}_2' \pm \overline{\Delta v_2'}$$

- So sánh các kết quả thu được từ hai cách tính

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

iii) Va chạm mềm

- Giá trị trung bình của tốc độ sau va chạm:

$$\bar{v}' = \frac{\bar{l}}{\bar{t}'}$$

- Sai số tương đối của tốc độ sau va chạm:

$$\varepsilon_{v'} = \frac{\overline{\Delta v'}}{\bar{v}'} = \frac{\overline{\Delta l}}{\bar{l}} + \frac{\overline{\Delta t'}}{\bar{t}'}$$

- Sai số tuyệt đối của tốc độ sau va chạm:

$$\overline{\Delta v'} = \varepsilon_{v'} \bar{v}'$$

- Tốc độ hai xe sau va chạm:

$$v' = \bar{v}' \pm \overline{\Delta v'}$$

- Xác định tốc độ của hai xe sau va chạm theo tốc độ xe 1 trước va chạm [theo công thức (2.4.20)]:

+ Giá trị trung bình:

$$\bar{v}' = \frac{\overline{m_1 v_1}}{\overline{m_1} + \overline{m_2}}$$

+ Sai số tương đối:

$$\varepsilon_{v'} = \frac{\overline{\Delta v'}}{\bar{v}'} = \frac{\overline{\Delta m_1}}{\overline{m_1}} + \frac{\overline{\Delta m_2}}{\overline{m_2}} + \frac{\overline{\Delta v_1}}{\bar{v}_1}$$

+ Sai số tuyệt đối:

$$\overline{\Delta v'} = \varepsilon_{v'} \bar{v}'$$

+ Tốc độ hai xe sau va chạm:

$$v' = \bar{v}' \pm \overline{\Delta v'}$$

- So sánh các kết quả thu được từ hai cách.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

2.4.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

2.5. Kiểm nghiệm định luật II Newton, định lí động năng và định luật bảo toàn cơ năng

2.5.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Đo được gia tốc của vật chuyển động thẳng biến đổi đều và kiểm nghiệm được định luật II Newton bằng đệm không khí;

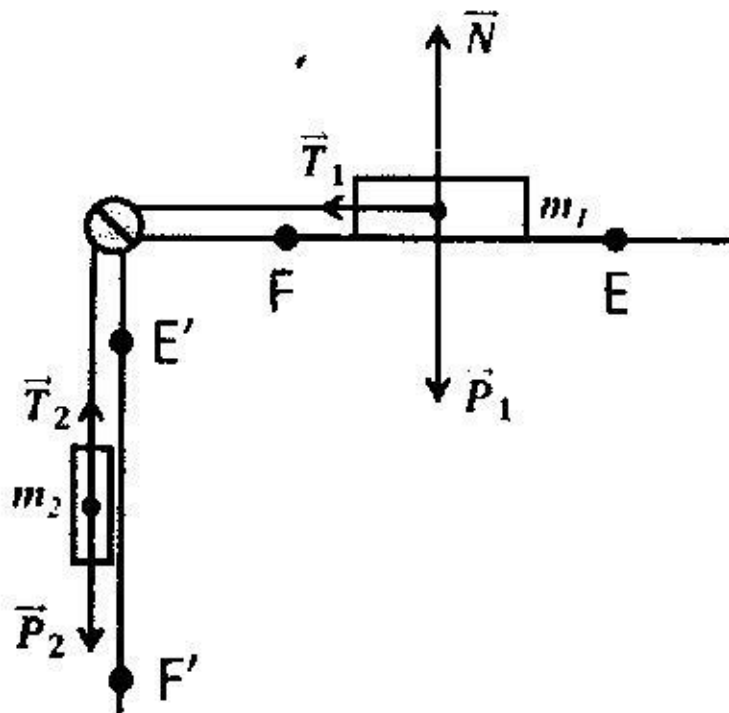
- Kiểm nghiệm được định lí động năng và định luật bảo toàn cơ năng sử dụng đệm không khí;
- Phân tích và nhận xét được các kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động và trách nhiệm;
- Phát triển kĩ năng làm việc và quản lí nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phân biện.

2.5.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm này là gì?

Câu hỏi 2: Trình bày ngắn gọn cơ sở lí thuyết của phương pháp đo gia tốc của vật chuyển động thẳng biến đổi đều bằng đệm không khí.



Hình 2.5.1. Hệ gồm hai vật khối lượng m_1, m_2 chuyển động không ma sát.

Câu hỏi 3: Cho một hệ như Hình 2.5.1. Bỏ qua ma sát và khối lượng của ròng rọc, dây nhẹ và không co giãn, hãy thiết lập công thức tính gia tốc của hệ.

Câu hỏi 4: Phát biểu nội dung và viết biểu thức của định lí động năng. Nếu có ma sát, biểu thức của định lí động năng sẽ được viết lại như thế nào?

Câu hỏi 5: Phát biểu nội dung và viết biểu thức của định luật bảo toàn cơ năng. Nếu có ma sát, biểu thức của định luật bảo toàn cơ năng còn nghiệm đúng không? Vì sao?

Câu hỏi 6: Nêu rõ vai trò, chức năng của từng dụng cụ được sử dụng trong thí nghiệm.

Câu hỏi 7: Để thu được các đại lượng cần đo, ta cần tiến hành thí nghiệm theo trình tự nào?

Câu hỏi 8: Đề xuất các phương pháp khác để đo gia tốc của vật.

2.5.3. Cơ sở lý thuyết

2.5.3.1. Gia tốc (phương pháp động học)

Gia tốc trong chuyển động thẳng biến đổi đều được xác định theo công thức:

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s} \quad (2.5.1)$$

với v_1 và v_2 lần lượt là tốc độ của chất điểm tại thời điểm t_1 và t_2 , s là quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian $\Delta t = t_2 - t_1$.

2.5.3.2. Định luật II Newton (phương pháp động lực học)

Gia tốc của vật theo định luật II Newton có dạng:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (2.5.2)$$

Xét hệ như Hình 2.5.1. Vật m_1 và m_2 được nối bởi một dây không co giãn và có khối lượng không đáng kể. m_1 trượt không ma sát trên mặt phẳng nằm ngang. Bỏ qua khối lượng của ròng rọc, áp dụng định luật II Newton cho từng vật, ta có:

Đối với vật m_1 :

$$\vec{P}_1 + \vec{N} + \vec{T}_1 = m_1 \vec{a} \quad (2.5.3)$$

Đối với vật m_2 :

$$\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = m_2 \vec{a} \quad (2.5.4)$$

Chiếu các phương trình (2.5.3) và (2.5.4) lên phương chuyển động, ta có:

$$T_1 = m_1 a \quad (2.5.5)$$

$$P_2 - T_2 = m_2 a \quad (2.5.6)$$

Sợi dây nối hai vật nhẹ, không co giãn và ròng rọc xem như không có khối lượng nên $T_1 = T_2$. Cộng (2.5.5) và (2.5.6) vế theo vế và rút ra gia tốc a như sau:

$$a = \frac{P_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{m_2 g}{(m_1 + m_2)} \quad (2.5.7)$$

Để kiểm nghiệm định luật II Newton, ta so sánh a xác định từ công thức (2.5.7) với a xác định trong công thức (2.5.1).

2.5.3.3. Định lý động năng

Xét hệ gồm vật m_1 và m_2 được nối với nhau bởi sợi dây không co giãn và có khối lượng không đáng kể như Hình 2.5.1. m_1 trượt không ma sát trên mặt phẳng nằm ngang, bỏ qua khối lượng ròng rọc. Gọi v_E và v_F lần lượt là tốc độ của hệ khi m_1 ở tại E và F cách nhau một khoảng s_{EF} . Độ biến thiên động năng của hệ tại hai điểm trên:

$$\Delta K = K_F - K_E = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) (v_F^2 - v_E^2) \quad (2.5.8)$$

Gọi A là tổng công của ngoại lực tác dụng lên hệ, cũng chính là công của trọng lực \vec{P}_2 tác dụng lên m_2 . Do dây không co giãn nên quãng đường đi được của m_2 bằng khoảng cách EF, suy ra:

$$A = \vec{P}_2 \cdot \vec{\Delta r} = m_2 g s_{EF} \quad (2.5.9)$$

Theo định lí động năng, ta có: $\Delta K = A$, hay:

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)(v_F^2 - v_E^2) = m_2 g s_{EF} \quad (2.5.10)$$

Như vậy để kiểm nghiệm định lí động năng, ta cần xác định tốc độ chuyển động của hệ tại hai điểm bất kì trên quỹ đạo chuyển động và khoảng cách giữa hai điểm đó.

2.5.3.4. Định luật bảo toàn cơ năng

Xét một cơ hệ như trong Hình 2.5.1. Giả sử các vật chuyển động với ma sát không đáng kể. Chọn gốc thế năng tại E', là vị trí của m_2 khi m_1 ở điểm E. Khi m_1 đi được quãng đường s_{EF} từ E đến F, độ cao của m_1 không đổi, độ cao của m_2 giảm một khoảng $h_{EF} = s_{EF}$ kể từ gốc thế năng.

Giả sử khi m_1 tại E, hai vật m_1 và m_2 chuyển động với cùng vận tốc v_E . Cơ năng của hệ tại E:

$$W_E = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_E^2 + m_1 g h_{1E}$$

Khi m_1 tại F, hai vật m_1 và m_2 chuyển động với cùng vận tốc v_F . Cơ năng của hệ tại F:

$$W_F = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_F^2 + m_1 g h_{1E} - m_2 g s_{EF}$$

Khi bỏ qua ma sát, cơ năng của hệ được bảo toàn. Nói cách khác:


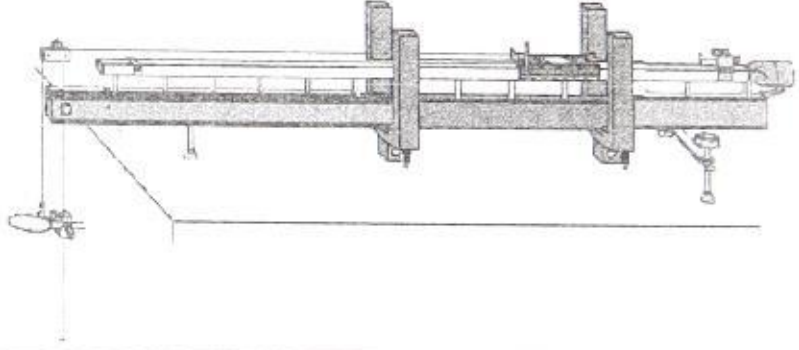


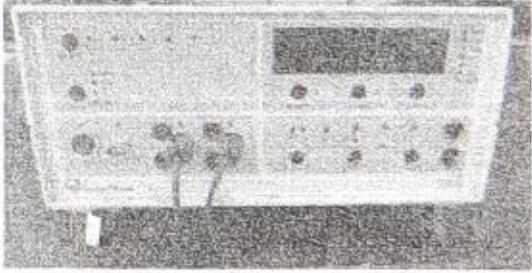



$W_E = W_F$, hay:

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_E^2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_F^2 - m_2 g s_{EF} \quad (2.5.11)$$

Như vậy, để kiểm nghiệm định luật bảo toàn cơ năng, ta cần xác định tốc độ chuyển động của hệ tại hai điểm bất kì trên quỹ đạo chuyển động và khoảng cách giữa hai điểm đó. Khi đó, nếu Công thức (2.5.11) được thoả mãn thì định luật bảo toàn cơ năng được kiểm nghiệm.

2.5.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Xe trượt với cân quang	01	
2	Đệm không khí với các cổng quang	01	
3	Cổng quang điện	02	
4	Bơm đệm không khí	01	
5	Máy đo thời gian	01	
6	Cân đĩa	01	
7	Gia trọng 10 g và bộ giữ	Đủ dùng	
8	Dây nối	01	

2.5.5. Tiến trình thí nghiệm

2.5.5.1. Xác định gia tốc của hệ chuyển động thẳng biến đổi đều và kiểm nghiệm định luật II Newton

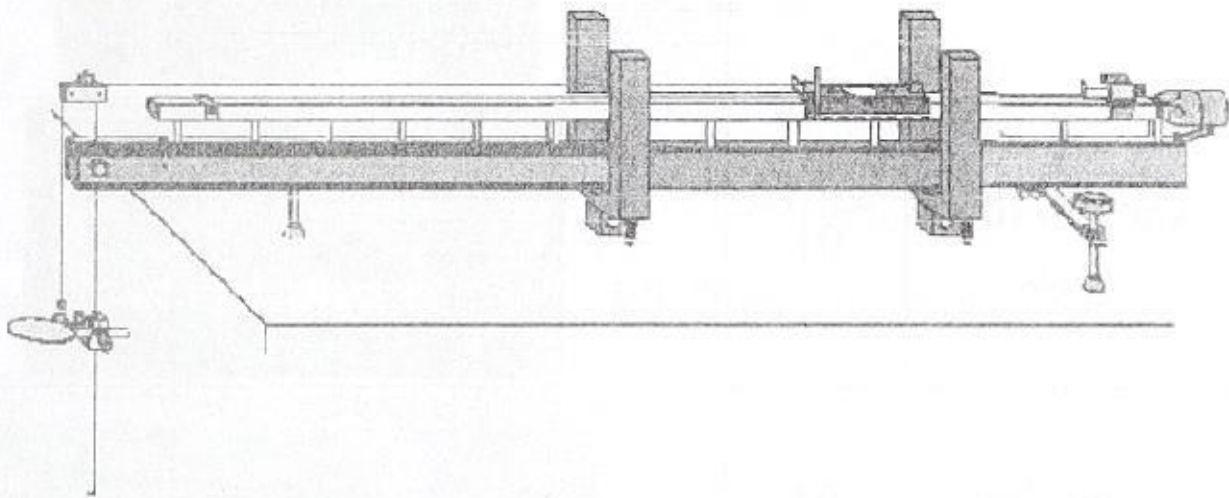
- Bước 1: Nối thanh đệm khí với bơm. Thanh đệm khí phải nằm ngang để thành phần song song với thanh của trọng lực tác dụng lên xe bằng không. Ta có thể điều chỉnh thẳng bằng của đệm bởi các vít ở chân đệm. Điều chỉnh các cổng quang sao cho vuông góc với thanh đệm khí. Nối các cổng quang với cổng E và F trên máy đo thời gian.

- Bước 2: Đo khoảng cách giữa 2 cổng quang E và F. Đo khoảng cách này 3 lần bằng thước dây gắn trên thanh đỡ của đệm không khí. Ghi vào Bảng số liệu 2.5.1.

- Bước 3: Đo chiều rộng l của thanh cản quang trên xe trượt (đo 3 lần). Ghi kết quả đo vào Bảng 2.5.1.

- Bước 4: Xác định khối lượng của xe trượt và các gia trọng. Chọn các khối lượng ban đầu của m_1 và m_2 . Ghi vào Bảng 2.5.2.

- Bước 5: Lắp đặt sơ đồ thí nghiệm như Hình 2.5.2. Lưu ý: dây nối phải nằm trên khe của ròng rọc.



Hình 2.5.2. Sơ đồ lắp đặt thí nghiệm.

- Bước 6: Cho bơm hoạt động để tạo đệm không khí trên thanh trượt. Kiểm tra cân bằng của xe trượt m_1 khi không nối với gia trọng m_2 .

- Bước 7: Cắm điện cho máy đo thời gian, chọn mode đo $t_{E,F}$. Ấn nút **Stop** để thiết lập lại (reset) máy đo thời gian.

- Bước 8: Thả cho xe trượt chuyển động. Xác định khoảng thời gian t_E và t_F khi cản quang trên xe trượt đi qua các cổng quang E và F. Ghi lại kết quả đo vào Bảng 2.5.2. Do thời gian t_E và t_F nhỏ nên vận tốc tức thời của xe trượt khi đi qua các cổng quang E và F được tính theo công thức:

$$v_i = \frac{l}{t_i} \quad (2.5.12)$$

- Bước 9: Thực hiện lại các bước 7, 8 thêm hai lần nữa để lấy giá trị trung bình.

- Bước 10: Chọn thêm hai giá trị khác của m_2 (hoặc m_1). Thực hiện lại các bước 7 \rightarrow 9 cho mỗi giá trị của m_2 (hoặc m_1).

2.5.5.2. Kiểm nghiệm định lý động năng

- Bước 11: Sử dụng các kết quả đo được trong Bảng 2.5.2 để xác định độ biến thiên động năng của hệ theo công thức (2.5.8).

- Bước 12: Sử dụng các kết quả đo được trong Bảng 2.5.1 và 2.5.2 để xác định công của ngoại lực tác dụng lên hệ khi xe trượt đi từ cổng quang E đến F theo công thức (2.5.9).

- Bước 13: Kiểm nghiệm công thức (2.5.10) từ kết quả của bước 11 và bước 12.

2.5.5.3. Kiểm nghiệm định luật bảo toàn cơ năng

- Bước 14: Sử dụng các kết quả đo được trong bảng số liệu 2.5.1 và 2.5.2 để xác định cơ năng của hệ tại cổng quang E và F.

- Bước 15: Kiểm nghiệm công thức (2.5.11) từ kết quả của bước 14.

- Bước 16: Tháo rời tất cả các dụng cụ thí nghiệm đã được lắp ráp. Đưa các dụng cụ thí nghiệm về vị trí ban đầu.

2.5.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

2.5.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới. Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 2.5.1: Khoảng cách s_{EF} giữa hai công quang và chiều rộng l thanh cân quang.

Lần	s_{EF} (m)	l (mm)
1		
2		
3		
TB		

Bảng 2.5.2: Khối lượng và thời gian chuyển động của xe.

+ Độ chính xác của máy đo thời gian (s)

+ Gia tốc trọng trường (m/s^2)

m_1 (g)	m_2 (g)	Lần	t_E (s)	v_E (m/s)	t_F (s)	v_F (m/s)
$m_1 =$	$m_2 =$	1				
		2				
		3				
		TB				
$m_1 =$	$m_2 =$	1				
		2				
		3				
		TB				
$m_1 =$	$m_2 =$	1				
		2				
		3				
		TB				

2.5.6.2. Phân tích kết quả

i) Xác định gia tốc của hệ

Với từng khối lượng m_2 , xác định:

- Theo phương pháp động học:

+ Giá trị trung bình của gia tốc:

$$\bar{a} = \frac{\bar{v}_F^2 - \bar{v}_E^2}{2\bar{s}}$$

+ Sai số tương đối của gia tốc:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\Delta \bar{a}}{\bar{a}} = \frac{2(\bar{v}_F \cdot \Delta \bar{v}_F + \bar{v}_E \cdot \Delta \bar{v}_E)}{\bar{v}_F^2 - \bar{v}_E^2} + \frac{\Delta \bar{s}}{\bar{s}}$$

+ Sai số tuyệt đối:

$$\overline{\Delta a} = \bar{a} \cdot \bar{\varepsilon}$$

+ Kết quả:

$$a = \bar{a} \pm \overline{\Delta a}$$

- Theo phương pháp động lực học:

+ Giá trị trung bình của gia tốc:

$$\bar{a} = \frac{\bar{m}_2 g}{(m_1 + \bar{m}_2)}$$

+ Sai số tương đối của gia tốc:

$$\overline{\Delta a} = \bar{a} \cdot \bar{\varepsilon}$$

+ Kết quả:

$$a = \bar{a} \pm \overline{\Delta a}$$

- So sánh các kết quả thu được từ hai phương pháp động học và động lực học, từ đó kiểm nghiệm định luật II Newton.

- Nhận xét kết quả thí nghiệm.

- Phân tích các nguyên nhân sai số và cách khắc phụ (nếu có).

ii) *Kiểm nghiệm định lí động năng*

- Giá trị trung bình của độ biến thiên động năng:

$$\overline{\Delta K} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) (\bar{v}_F^2 - \bar{v}_E^2)$$

- Sai số tương đối của độ biến thiên động năng:

$$\varepsilon = \frac{2(\bar{v}_F \cdot \overline{\Delta v}_F + \bar{v}_E \cdot \overline{\Delta v}_E)}{\bar{v}_F^2 - \bar{v}_E^2}$$

- Sai số tuyệt đối trung bình của độ biến thiên động năng:

$$\overline{\Delta(\Delta K)} = \varepsilon \overline{\Delta K}$$

- Độ biến thiên động năng của hệ:

$$\Delta K = \overline{\Delta K} \pm \overline{\Delta(\Delta K)}$$

- Giá trị trung bình của công do ngoại lực sinh ra:

$$\bar{A} = m_2 g \bar{h}$$

- Sai số tương đối của công do ngoại lực sinh ra:

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta g}}{\bar{g}} + \frac{\overline{\Delta h}}{\bar{h}}$$

- Sai số tuyệt đối trung bình của công do ngoại lực sinh ra:

$$\overline{\Delta A} = \varepsilon \bar{A}$$

- Công do ngoại lực sinh ra:

$$A = \bar{A} \pm \overline{\Delta A}$$

- So sánh độ biến thiên động năng và công của ngoại lực.

- Nhận xét các kết quả thí nghiệm.

- Phân tích các nguyên nhân dẫn đến sai khác giữa độ biến thiên động năng và công của trọng lực và cách khắc phục (nếu có).

iii) Kiểm nghiệm định luật bảo toàn cơ năng

- Cơ năng tại E:

+ Giá trị trung bình:

$$\bar{W}_E = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \bar{v}_E^2$$

+ Sai số tương đối:

$$\varepsilon = \frac{2\overline{\Delta v}_E}{\bar{v}_E}$$

+ Sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta W}_E = \varepsilon \bar{W}_E$$

+ Kết quả:

$$W_E = \bar{W}_E \pm \overline{\Delta W}_E$$

- Cơ năng tại F:

+ Giá trị trung bình:

$$\bar{W}_F = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \bar{v}_F^2$$

+ Sai số tương đối:

$$\varepsilon = \frac{2\overline{\Delta v}_F}{\overline{v}_F}$$

+ Sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta W}_F = \varepsilon \overline{W}_F$$

+ Kết quả:

$$W_F = \overline{W}_F \pm \overline{\Delta W}_F$$

- So sánh cơ năng tại E và F .

- Nhận xét kết quả thí nghiệm.

- Phân tích các nguyên nhân sai khác giữa cơ năng tại E và F và hướng khắc phục (nếu có).

2.5.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

2.6. Khảo sát chuyển động quay của vật rắn

2.6.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được phương án xác định moment quán tính của vật rắn bằng chuyển động quay;

- Thực hiện được thí nghiệm đúng quy trình để xác định được moment quán tính của vật rắn bằng chuyển động quay;

- Phân tích, nhận xét được kết quả thí nghiệm;

- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;

- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;

- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;

- Phát triển tư duy phân tích và phân biện.

2.6.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm này là gì? Để đạt được mục tiêu đó, bài thí nghiệm này sử dụng phương pháp đo nào?

Câu hỏi 2: Nêu ngắn gọn cơ sở lí thuyết của phương pháp đo moment quán tính của vật rắn.

Câu hỏi 3: Nêu rõ vai trò, chức năng của từng dụng cụ được sử dụng trong thí nghiệm.

Câu hỏi 4: Để thu được các đại lượng cần đo, ta cần tiến hành thí nghiệm theo trình tự nào?

Câu hỏi 5: Đề xuất một vài phương pháp khác để đo moment quán tính của vật rắn.

2.6.3. Cơ sở lí thuyết

2.6.3.1. Moment quán tính

Moment quán tính của một vật đối với một trục quay là một tính chất của vật làm cho vật chống lại sự thay đổi vận tốc góc quay quanh trục của nó.

Xét hệ gồm n chất điểm, khoảng cách giữa các chất điểm được giữ cố định. Moment quán tính của hệ đối với một trục quay nào đó được xác định bởi công thức:

$$I = \sum_i m_i r_i^2$$

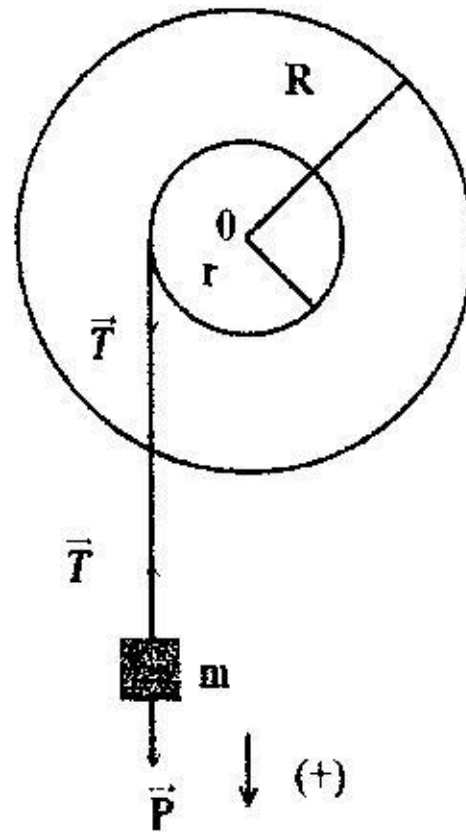
trong đó m_i là khối lượng của chất điểm thứ i , r_i là khoảng cách từ chất điểm i đến trục quay.

Đối với một vật rắn có khối lượng phân bố liên tục thì ta hãy hình dung vật đó gồm rất nhiều phần tử nhỏ có khối lượng dm và thể tích dV , cách trục quay các khoảng r . Khi đó moment quán tính của vật rắn đối với trục quay được xác định theo công thức:

$$I = \int r^2 dm = \int \rho r^2 dV \quad (2.6.1)$$

trong đó, ρ chính là khối lượng riêng của vật rắn.

2.6.3.2. Phương pháp xác định moment quán tính của vật rắn



Hình 2.6.1. Sơ đồ phân tích lực của chuyển động quay.

Khảo sát chuyển động của hệ như Hình 2.6.1. Phương trình chuyển động tịnh tiến của vật m :

$$m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$$

Chọn Oy thẳng đứng, hướng xuống. Chiếu phương trình trên lên trục Oy, ta có:

$$mg - T = ma \quad (2.6.2)$$

Phương trình chuyển động quay của đĩa có gắn ròng rọc ở trục quay:

$$T \cdot r = I \cdot \alpha$$

với I là moment quán tính của hệ đĩa và ròng rọc (gọi tắt là hệ đo). Như vậy, lực căng dây T được xác định theo công thức:

$$T = \frac{I \cdot \alpha}{r} \quad (2.6.3)$$

Cộng (2.6.2) và (2.6.3) vế theo vế và sử dụng $a = \alpha r$, ta được:

$$mg = \left(mr + \frac{I}{r} \right) \alpha \rightarrow \frac{1}{\alpha} = \frac{r}{g} + \frac{I}{mgr} \quad (2.6.4)$$

Mặt khác, nếu hệ bắt đầu chuyển động từ trạng thái nghỉ, giữa góc quay θ của đĩa và thời gian quay t liên hệ với nhau theo công thức:

$$\theta = \frac{1}{2} \alpha t^2 \rightarrow \frac{1}{\alpha} = \frac{t^2}{2\theta} \quad (2.6.5)$$

Thay (2.6.4) vào (2.6.5), ta được:

$$\frac{t^2}{2\theta} = \frac{I}{gr} \frac{1}{m} + \frac{r}{g}$$

hay

$$t^2 = \frac{2\theta I}{gr} \frac{1}{m} + \frac{2\theta r}{g} \quad (2.6.6)$$

Đặt $y = t^2$ và $x = \frac{1}{m}$, ta thu được phương trình bậc nhất có dạng:

$$y = ax + b$$

Vẽ đồ thị của t^2 theo $\frac{1}{m}$ và phù hợp với số liệu thí nghiệm theo hàm bậc nhất thì ta sẽ thu được hệ số góc:

$$a = \frac{2\theta I}{gr} \quad (2.6.7)$$

Từ đó ta tính được moment quán tính của hệ đo:

$$I = \frac{agr}{2\theta} \quad (2.6.8)$$


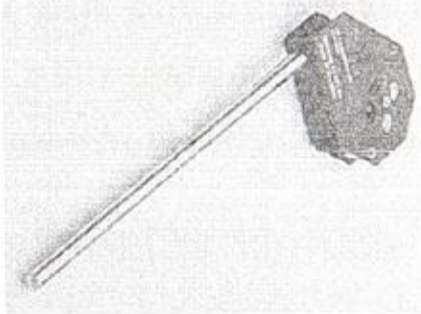

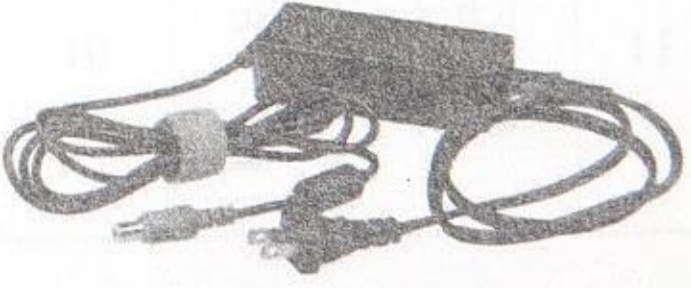
Lưu ý: Khối lượng m của gia trọng, bán kính r của ròng rọc gắn ở đĩa và gia tốc trọng trường g đã biết. Từ thí nghiệm, nếu ta đo được khoảng thời gian t ứng với góc quay θ ta sẽ xác định được moment quán tính I của hệ đo.

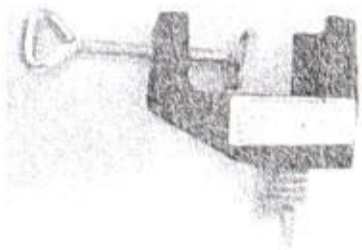
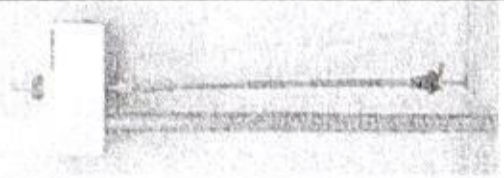
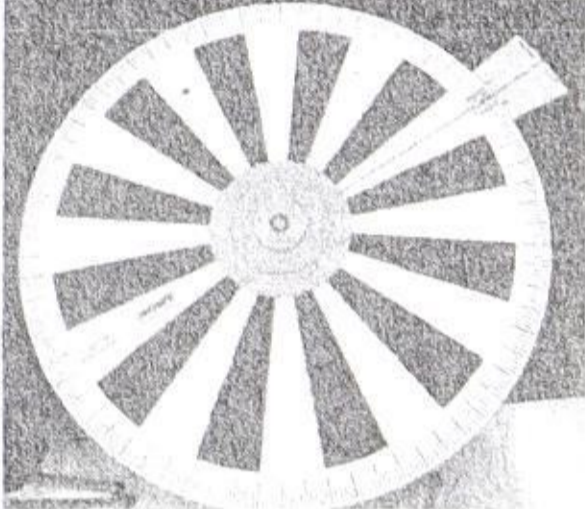

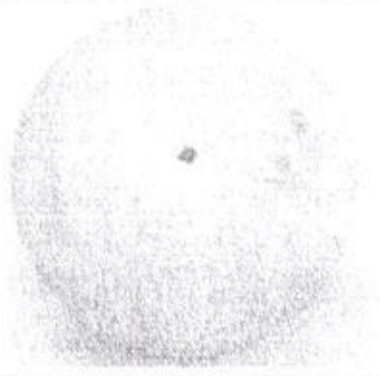


Để đo moment quán tính I_V của các vật rắn đối với một trục quay Δ nào đó, ta gắn vật rắn lên đĩa sao cho trục quay của đĩa trùng với trục Δ . Sử dụng cùng nguyên lý đo moment quán tính của hệ đo ở trên, ta xác định được moment quán tính I_h của cả hệ đo và vật rắn (gọi tắt là hệ). Khi đó, moment quán tính của vật rắn đối với trục Δ được xác định theo công thức:

$$I_V = I_h - I \quad (2.6.9)$$

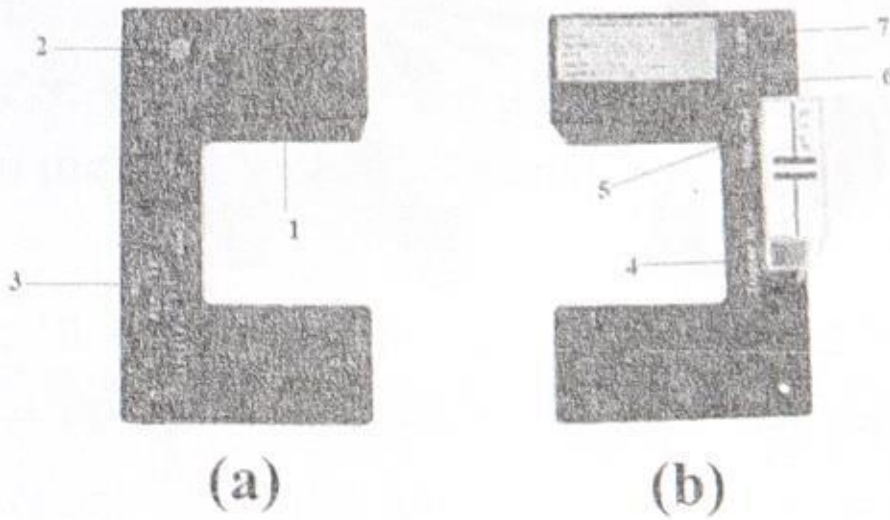
2.6.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Đế 3 chân	01	
2	Ròng rọc	01	
3	Cổng quang	01	
4	Nguồn điện 5 V DC / 2,2 A	01	

5	Kẹp	02	
6	Cáp giữ	01	
7	Đĩa quay	01	
8	Các dây nối	2	
9	Khối trụ đặc đồng chất	01	
10	Khối cầu đồng chất	01	
11	Khối nón đặc đồng chất	01	

Cổng quang điện với đồng hồ đo thời gian hiện số



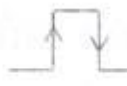
Hình 2.6.2. Mô tả các nút chức năng của cổng quang điện với đồng hồ đo thời gian hiện số: (a) mặt trước; (b) mặt sau.

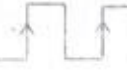
(1) Màn hình điện tử 4 chữ số


(2) Nút SET: Đưa về trạng thái chuẩn bị đo

(3) Công tắc chuyển đổi chế độ, gồm 4 chế độ đo:

Count: Đếm xung

: Đo khoảng thời gian vật chắn cổng quang điện.

: Đo khoảng thời gian từ khi bắt đầu đến khi vật chắn cổng quang điện hoặc khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp vật chắn cổng quang điện hoặc chu kì của chuyển động tròn.

: Đo khoảng thời gian giữa lần đầu tiên và lần thứ ba vật chắn cổng quang điện hoặc thời gian của 2 chu kì.

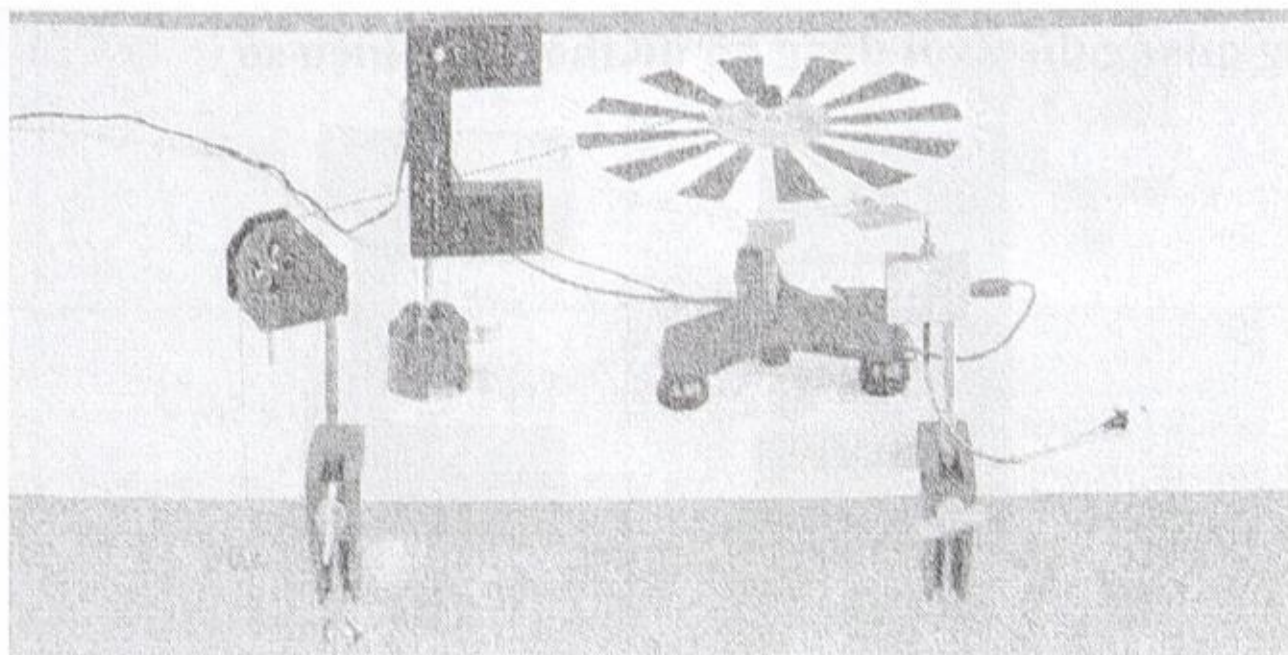
(4) và (5): được nối với cáp giữ để báo cho cổng quang điện bắt đầu đo thời gian khi cáp giữ được thả ra.

(6) Cổng nối đất

(7) Cổng kết nối nguồn điện. Yêu cầu giá trị hiệu điện thế là $5V \pm 5\%$.

2.6.5. Tiến trình thí nghiệm

2.6.5.1. Lắp đặt hệ thí nghiệm để xác định moment quán tính



Hình 2.6.3. Bố trí thí nghiệm để xác định moment quán tính.

- Bước 1: Lắp ráp dụng cụ thí nghiệm như trong Hình 2.6.3.
- Bước 2: Nối máy đo thời gian với cáp thả.
- Bước 3: Điều chỉnh đĩa xoay theo phương ngang. Dùng một sợi chỉ, một đầu được cố định trên đĩa quay, đầu còn lại treo một vật có khối lượng m vắt qua một ròng rọc. Điều chỉnh sao cho sợi chỉ, đĩa xoay và ròng rọc thẳng hàng. Đặt bộ phận cáp giữ sao cho chỉ giữ bộ quay trên vùng đánh dấu và không làm ảnh hưởng đến việc thả sau này.

2.6.5.2. Xác định moment quán tính của các vật rắn đối xứng

- Bước 4: Dùng thước kẹp đo đường kính của ròng rọc gắn trên đĩa quay rồi ghi vào Bảng 2.6.1.
- Bước 5: Lặp lại bước 4 năm lần để lấy giá trị trung bình.
- Bước 5: Chọn $m = 200$ g để đo thời gian t cần thiết cho đĩa quay một góc $\theta = 180^\circ$ bằng cách thiết lập các chế độ đo "f f".
- Bước 6: Nhấn nút SET trên máy đo thời gian. Thả bộ giữ, đồng hồ bắt đầu đếm. Để cho bộ đếm dừng, cáp thả phải được đẩy quay trở lại vị trí giữ của nó. Thời gian hiển thị trên công quang chính là thời gian t .
- Bước 7: Lặp lại bước 6 năm lần. Đọc giá trị thời gian trên máy đo thời gian và ghi vào Bảng 2.6.2.

- Bước 8: Lặp lại các bước 5 và 6 cho $m = 180, 160, 140, 120$ và 100 g.

- Bước 9: Gắn vật rắn bằng gỗ lên trên đĩa quay. Sau đó ta tiến hành đo tương tự như khi đĩa quay chưa có vật nặng (bước 5 đến 8).

- Bước 10: Ghi kết quả đo được vào Bảng 2.6.3.

- Bước 11: Dùng thước dây đo bán kính của vật rắn đối xứng. Ghi kết quả vào Bảng 2.6.4.

- Bước 12: Dùng cân đo khối lượng của vật rắn đối xứng. Ghi kết quả vào Bảng 2.6.4.

- Bước 13: Tháo rời tất cả các dụng cụ thí nghiệm đã được lắp ráp. Đưa các dụng cụ thí nghiệm về vị trí ban đầu.

2.6.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

2.6.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 2.6.1: Bán kính của ròng rọc

+ Độ chính xác của thước kẹp: mm

Lần đo	D (mm)	ΔD (mm)
1		
2		
3		
4		
5		
Trung bình	$\bar{D} =$	$\Delta \bar{D} =$

Bảng 2.6.2: Thời gian hệ đo quay góc $\theta = 180^\circ$.

m (g)	Lần đo					\bar{t} (s)
	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)	
200						
180						
160						
140						
120						
100						

Bảng 2.6.3: Thời gian hệ đo và vật rắn quay góc $\theta = 180^\circ$.

m (g)	Lần đo					\bar{t} (s)
	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)	
200						
180						
160						
140						
120						
100						

2.6.6.2. Phân tích kết quả

i) Cách 1: Xử lý số liệu theo phương pháp đồ thị

- Bán kính của ròng rọc: $r = \bar{r} \pm \Delta r$

- Từ Bảng 2.6.2, ta vẽ đồ thị mối quan hệ giữa \bar{t}^2 và $1/m$. Từ hệ số góc của đồ thị và công thức (2.6.8), xác định moment quán tính I của hệ đo.

- Từ Bảng 2.6.3, ta vẽ đồ thị mối quan hệ giữa \bar{t}^2 và $1/m$. Từ hệ số góc của đồ thị và công thức (2.6.8) xác định được moment quán tính I_h của hệ gồm hệ đo và vật rắn. Từ đó suy ra moment quán tính của vật rắn theo công thức (2.6.9).

ii) Cách 2: Xử lý số liệu theo phương pháp thông dụng

Với mỗi khối lượng m của vật nặng, xác định:

- Moment quán tính của hệ đo:

+ Giá trị trung bình của thời gian:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}$$

+ Sai số tuyệt đối trung bình của thời gian:

$$\Delta \bar{t} = \frac{|\bar{t} - t_1| + |\bar{t} - t_2| + |\bar{t} - t_3| + |\bar{t} - t_4| + |\bar{t} - t_5|}{5}$$

+ Giá trị trung bình của moment quán tính của hệ đo:

$$\bar{I} = \left(\frac{\bar{t}^2}{2\theta} - \frac{\bar{r}}{g} \right) mgr$$

+ Sai số tương đối trung bình của moment quán tính của hệ:

$$\varepsilon_I = \frac{\Delta \bar{I}}{\bar{I}} = \frac{2\Delta \bar{t}}{\bar{t}} + \frac{2\Delta \theta}{\theta} + \frac{2\Delta \bar{r}}{\bar{r}} + \frac{\Delta \bar{g}}{\bar{g}} + \frac{\Delta \bar{m}}{\bar{m}}$$

+ Sai số tuyệt đối trung bình của moment quán tính của hệ đo: $\overline{\Delta I} = \varepsilon_I \bar{I}$

+ Kết quả đo moment quán tính của hệ đo: $I = \bar{I} \pm \overline{\Delta I}$

- Thực hiện tương tự cho trường hợp hệ đo có gắn vật rắn

+ Kết quả đo moment quán tính của hệ đo: $I_h = \bar{I}_h \pm \overline{\Delta I}_h$

- Moment quán tính của vật nặng

+ Giá trị trung bình: $\bar{I}_V = \bar{I}_h - \bar{I}$

+ Sai số tuyệt đối trung bình: $\overline{\Delta I}_V = \overline{\Delta I}_h + \overline{\Delta I}$

+ Kết quả: $I_V = \bar{I}_V \pm \overline{\Delta I}_V$

iii) Kết luận

- Nhận xét các kết quả thí nghiệm.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

2.6.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

CHƯƠNG 3

THÍ NGHIỆM NHIỆT HỌC

3.1. Làm quen với các dụng cụ đo nhiệt

3.1.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Hiểu rõ vai trò và sử dụng thành thạo các nhiệt kế để đo nhiệt độ;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

3.1.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Trình bày nguyên lý xây dựng thang đo Celsius ($^{\circ}\text{C}$) và nguyên lý đo nhiệt độ của vật bằng nhiệt kế.

Câu hỏi 3: Tại sao đường kính bên trong của ống thủy tinh chứa thủy ngân của nhiệt kế thủy ngân rất nhỏ?

Câu hỏi 4: Khi đo nhiệt độ của một vật rắn cần lưu ý gì?

3.1.3. Cơ sở lý thuyết

Nguyên lý đo nhiệt độ của một vật sử dụng nhiệt kế là cân bằng nhiệt giữa vật và nhiệt kế. Hai vật được gọi là cân bằng nhiệt nếu chúng có cùng nhiệt độ khi tiếp xúc nhiệt với nhau. Khi đo nhiệt độ của một vật bằng nhiệt kế, ta phải để nhiệt kế tiếp xúc nhiệt tốt nhất với vật để vật và nhiệt kế dễ dàng cân bằng nhiệt với nhau. Cần nhớ rằng khi đo nhiệt độ của một vật bằng nhiệt kế thì nhiệt độ mà nhiệt kế hiển thị là nhiệt độ của nhiệt kế. Tuy nhiên, do cân bằng nhiệt nên đó cũng chính là nhiệt độ của vật.

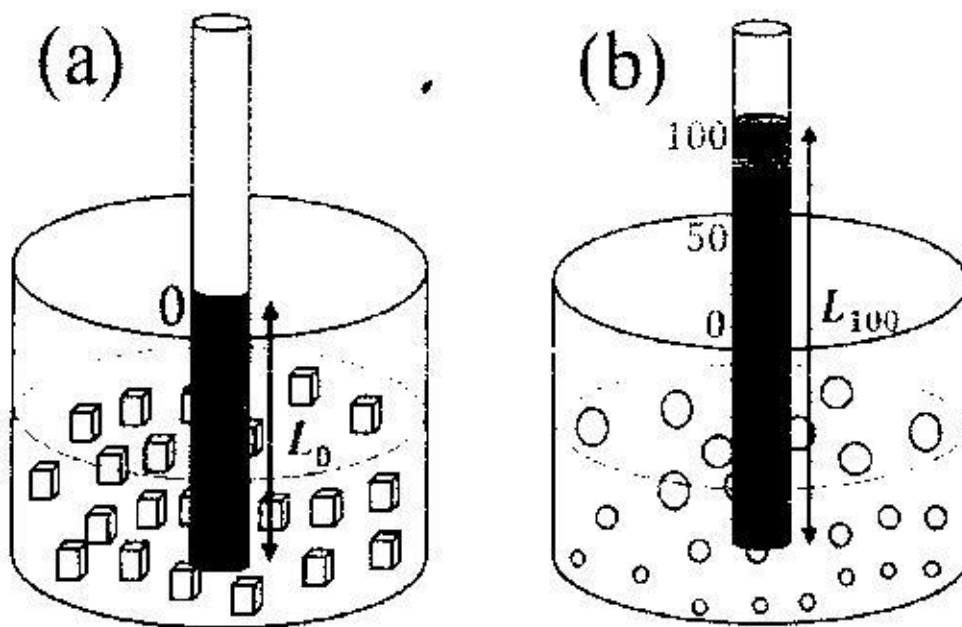
3.1.3.1. Nguyên lí xây dựng thang đo Celsius

Trước khi đi vào nguyên lí xây dựng thang đo Celsius ($^{\circ}\text{C}$), hai khái niệm cần được nhắc lại:

- Điểm nóng chảy của nước là nhiệt độ tại đó nước ở thể lỏng và thể rắn cùng tồn tại cân bằng nhiệt với nhau ở áp suất khí quyển (1 atm).

- Điểm sôi của nước là nhiệt độ tại đó nước ở thể lỏng và thể hơi cùng tồn tại cân bằng nhiệt với nhau ở áp suất khí quyển (1 atm).

Nhiệt độ là thước đo mức độ chuyển động nhiệt của các phân tử bên trong vật chất và một số đại lượng vật lí như chiều dài, thể tích, điện trở, ... thay đổi theo nhiệt độ. Những đại lượng này được gọi là đại lượng đo nhiệt. Vì sự thay đổi của một đại lượng đo nhiệt phản ánh sự thay đổi nhiệt độ của vật nên bất cứ một đại lượng đo nhiệt nào cũng có thể được sử dụng để thiết lập một thang đo nhiệt độ.



Hình 3.1.1. Ống thủy tinh chứa thủy ngân được nhúng vào (a) bình chứa nước và nước đá cân bằng nhiệt tại điểm nóng chảy và (b) bình chứa nước và hơi nước cân bằng nhiệt tại điểm sôi.

Ở đây chúng ta giới thiệu nguyên lí xây dựng thang đo nhiệt độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$) sử dụng một nhiệt kế thủy ngân. Trong nhiệt kế thủy ngân, đại lượng đo nhiệt chính là chiều dài cột thủy ngân bên

trong một ống thủy tinh có đường kính rất nhỏ. Đầu tiên, người ta nhúng ống thủy tinh chứa thủy ngân vào bình chứa nước và nước đá cân bằng nhiệt với nhau tại điểm nóng chảy. Giả sử khi nhiệt kế cân bằng nhiệt với nước và nước đá, chiều dài cột thủy ngân là L_0 . Khi đó người ta đánh dấu vị trí mực trên của cột thủy ngân trên ống thủy tinh như Hình 3.1.1a. Vị trí này đánh dấu nhiệt độ nóng chảy của nước. Tiếp theo, người ta nhúng ống thủy tinh này vào bình chứa nước và hơi nước tại điểm sôi. Khi nhiệt kế cân bằng nhiệt với nước và hơi nước, chiều dài cột thủy ngân là L_{100} và mực trên của cột thủy ngân được đánh dấu trên ống thủy tinh như Hình 3.1.1b. Vị trí đánh dấu này chính là nhiệt độ sôi của nước.

Trong thang đo Celsius, điểm nóng chảy và điểm sôi của nước được chọn lần lượt là 0°C và 100°C . Như vậy, với nhiệt kế thủy ngân sử dụng thang đo Celsius, hai vị trí đánh dấu trên ống thủy tinh chính là 0°C và 100°C . Giữa hai vị trí này người ta chia thêm 99 vạch cách đều để tạo thành 100 khoảng chia bằng nhau. Khi đó ta sẽ có một nhiệt kế thủy ngân có độ chia nhỏ nhất (độ chính xác) là 1°C . Khi ta sử dụng nhiệt kế này để đo nhiệt độ của một vật nào đó, ta sẽ cho nó tiếp xúc với vật. Khi chiều dài cột thủy ngân không thay đổi, sự cân bằng nhiệt giữa nhiệt kế và vật được thiết lập. Giả sử lúc này mực thủy ngân chỉ ở vạch thứ 50 thì nhiệt độ của vật chính là 50°C .





3.1.3.2. Nguyên lý xây dựng thang đo Kelvin

Nguyên lý xây dựng thang đo Kelvin (K) tương tự nguyên lý xây dựng thang đo Celsius. Tuy nhiên, trong thang đo Kelvin, điểm nóng chảy và điểm sôi của nước được chọn lần lượt là $273,15\text{ K}$ và $373,15\text{ K}$. Nghĩa là, nếu gọi $t\text{ [}^{\circ}\text{C]}$ và $T\text{ [K]}$ lần lượt là nhiệt độ của một vật trong thang đo Celsius và Kelvin, ta có:

$$T\text{ [K]} = t\text{ [}^{\circ}\text{C]} + 273,15 \quad (3.1.1)$$

3.1.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Nhiệt kế thủy ngân có độ chính xác 1°C	3	
2	Cảm biến nhiệt độ	3	
3	Cốc thủy tinh 500 ml	3	
4	Máy khuấy từ có gia nhiệt	1	

Hướng dẫn sử dụng máy khuấy từ có gia nhiệt và cảm biến nhiệt độ



- (1) Đĩa gia nhiệt, (2) Núm điều chỉnh, (3) Nút gia nhiệt,
(4) Núm khuấy từ

Hình 3.1.2. Máy khuấy từ có gia nhiệt.

3.1.4.1. Chọn chế độ gia nhiệt và đo nhiệt độ

+ Bước 1: Cắm thanh cảm biến nhiệt độ vào ổ cắm phía sau của máy khuấy từ có gia nhiệt.

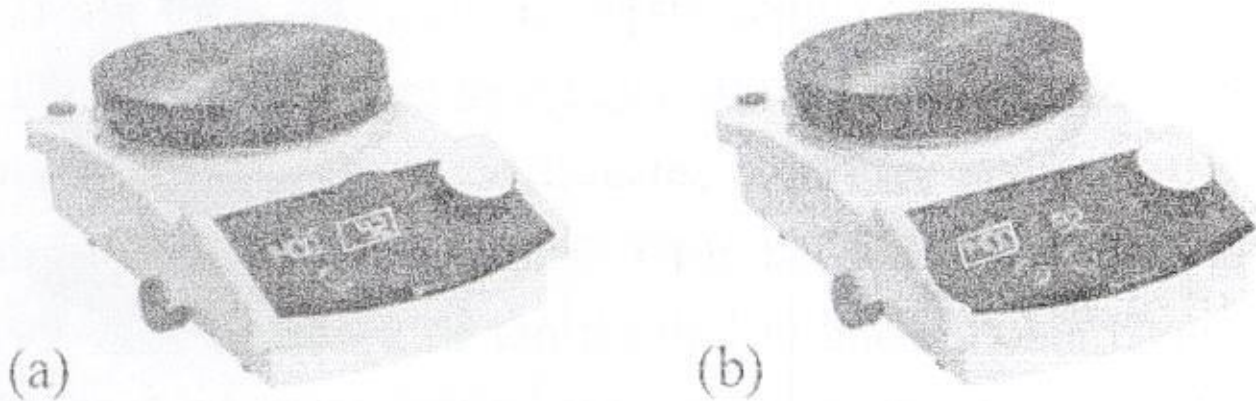
+ Bước 2: Bấm nút nguồn ở phía bên phải để khởi động máy khuấy từ có gia nhiệt.

+ Bước 3: Vận núm điều chỉnh 2 (Hình 3.1.2) để xuất hiện ô hình chữ nhật bao quanh số đo nhiệt độ trên màn hình hiển thị như Hình 3.1.3a.

+ Bước 4: Nhấn rồi vận núm điều chỉnh 2 để lựa chọn nhiệt độ cần nung nóng cho đĩa 1.

+ Bước 5: Nhấn nút 3 để bắt đầu nung nóng đĩa 1 đến nhiệt độ đã chọn ở bước 4.

Từ lúc này, nhiệt độ hiển thị bên phải của màn hình hiển thị chính là nhiệt độ được đo bởi thanh cảm biến nhiệt độ.



Hình 3.1.3. Chọn chế độ (a) gia nhiệt và (b) khuấy từ trên máy khuấy từ có gia nhiệt.

3.1.4.2. Chọn chế độ khuấy từ

Bên dưới đĩa gia nhiệt có một thanh từ có thể quay quanh trục của đĩa.

+ Bước 1: Đặt cốc thủy tinh bên trong chứa dung dịch cần khuấy từ và thanh từ lên đĩa 1.

+ Bước 2: Vận núm điều chỉnh 2 để xuất hiện ô hình chữ nhật bao quanh số vòng quay/giây trên màn hình hiển thị như Hình 3.1.3b.

+ Bước 3: Nhấn rồi vận núm điều chỉnh 2 để lựa chọn số vòng quay/giây của thanh từ.

+ Bước 4: Nhấn nút 4 để bắt đầu quay thanh từ với tốc độ đã chọn ở bước 3.

3.1.5. Tiến trình thí nghiệm

3.1.5.1. Khảo sát sự thay đổi nhiệt độ của nước bằng nhiệt kế thủy ngân

- Bước 1: Đặt cốc thủy tinh 500 ml chứa 200 ml nước lên đĩa của máy khuấy từ có gia nhiệt. Chọn chế độ đun nóng để đun nóng nước trong cốc thủy tinh.

- Bước 2: Cắm nhiệt kế thủy ngân vào nước sao cho bầu thủy ngân ở sâu trong nước. Tránh không để nhiệt kế tiếp xúc với thành và đáy cốc thủy tinh. Khi nhiệt kế hiển thị 70°C thì tắt máy khuấy từ.

- Bước 3: Khảo sát sự giảm nhiệt độ của nước theo thời gian trong vòng 5 phút bằng nhiệt kế thủy ngân. Cứ sau 1 phút ghi lại số chỉ của nhiệt kế vào Bảng 3.1.1.

3.1.5.2. Khảo sát sự thay đổi nhiệt độ của đĩa máy khuấy từ

- Bước 4: Bật máy khuấy từ ở chế độ đun nóng đến 70°C .

- Bước 5: Đặt thanh cảm biến nhiệt độ của máy khuấy từ có gia nhiệt trên mặt đĩa và song song với mặt đĩa của khuấy từ sao cho thanh đo tiếp xúc với đĩa tốt nhất.

- Bước 6: Khảo sát sự giảm nhiệt độ của mặt đĩa theo thời gian trong vòng 5 phút. Cứ sau 1 phút ghi lại số chỉ của máy khuấy từ có gia nhiệt vào Bảng 3.1.2.

3.1.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

3.1.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới. Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 3.1.1: Sự giảm nhiệt độ của nước theo thời gian.

Thời gian t (s)	0	60	120	180	240	300
Nhiệt độ t_c ($^{\circ}\text{C}$)						

Bảng 3.1.2: Sự giảm nhiệt độ của vật rắn theo thời gian.

Thời gian t (s)	Nhiệt độ t_c ($^{\circ}\text{C}$)
0	
60	
120	
180	
240	
300	

3.1.6.2. Phân tích kết quả

- Từ các bảng số liệu, vẽ các đồ thị sự phụ thuộc của nhiệt độ t_c vào thời gian t .
- Nhận xét về kết quả thí nghiệm.
- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

3.1.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

3.2. Khảo sát sự giãn nở của vật rắn theo nhiệt độ

3.2.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Trình bày được nguyên lý đo độ nở dài của áp kế;
- Trình bày được nguyên lý đo hệ số nở dài của vật rắn;
- Đề xuất được các phương án thí nghiệm để đo hệ số nở dài của vật rắn;

- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động và trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

3.2.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Liệt kê các phương án có thể sử dụng để xác định giá trị hệ số nở dài của vật rắn.

Câu hỏi 4: Tại sao khi đồng hồ áp kế đã ngừng quay ta vẫn tiếp tục đo nhiệt độ của ống đồng, ống thép.

Câu hỏi 6: Để tăng độ chính xác khi đo nhiệt độ của ống đồng hoặc ống thép, ta cần đặt cảm biến đo nhiệt như thế nào với ống đồng, ống thép.

3.2.3. Cơ sở lý thuyết

Hầu hết vật liệu sẽ thay đổi kích thước mà không biến đổi pha khi nhiệt độ thay đổi trong một khoảng nào đó. Trong các trường hợp này, nhiệt mà vật liệu nhận vào dùng để tăng biên độ dao động giữa các nguyên tử, và do đó làm tăng khoảng cách trung bình giữa các nguyên tử.

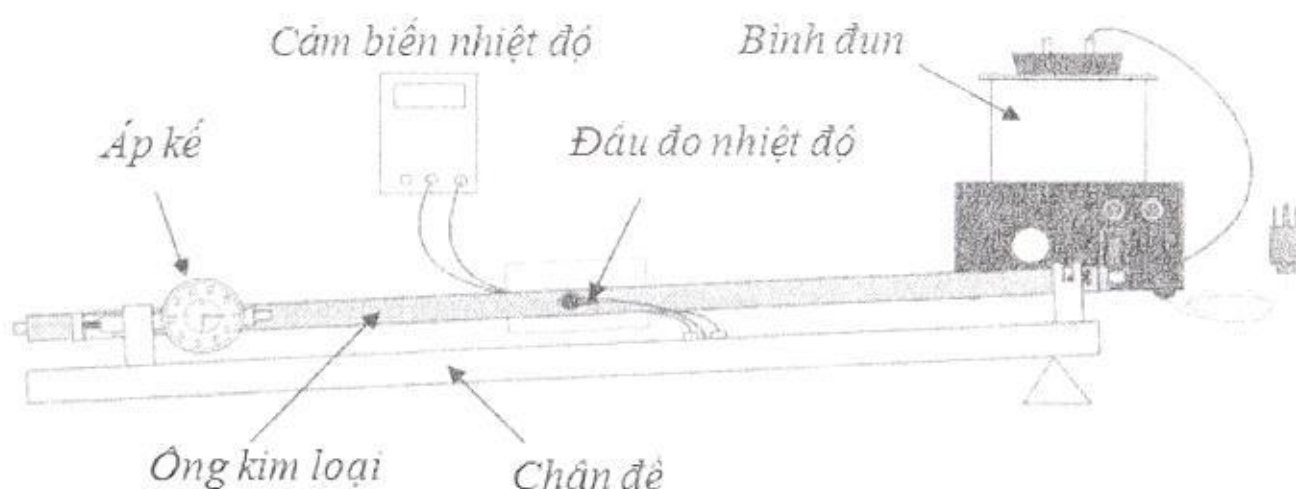
Giả sử một vật có chiều dài l trải qua sự thay đổi nhiệt độ Δt . Nếu Δt không quá lớn, độ nở dài của vật Δl tỉ lệ với l và Δt :

$$\Delta l = \alpha l \Delta t \quad (3.2.1)$$

với hệ số tỉ lệ α được gọi là hệ số nở dài của vật. Với những vật không đẳng hướng như các tinh thể không đối xứng, hệ số nở dài theo các hướng khác nhau thì khác nhau. Hơn nữa, hệ số nở dài cũng có thể thay đổi theo nhiệt độ của vật. Khi đó, độ nở dài không chỉ phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ của vật, mà còn phụ thuộc vào nhiệt độ tuyệt đối của vật.

Trong thí nghiệm này, chúng ta sẽ xác định hệ số nở dài của đồng và nhôm. Hai vật này có tính đẳng hướng nên chúng ta chỉ cần xác định hệ số nở dài của chúng theo một hướng bất kì. Hơn nữa, trong giới hạn của phép đo, hệ số nở dài của chúng không thay đổi theo nhiệt độ.

Từ phương trình (3.2.1), ta thấy để đo hệ số nở dài α chúng ta cần phải xác định chiều dài ban đầu l , độ nở dài Δl và độ tăng nhiệt độ Δt của vật. Chiều dài l của vật có thể đo được bằng thước thẳng mm. Độ tăng nhiệt độ Δt có thể sử dụng một cảm biến nhiệt độ để đo. Độ tăng chiều dài Δl rất nhỏ không thể sử dụng thước đo chiều dài thông thường. Tuy nhiên, chúng ta có thể xác định nó thông qua một thiết bị xác định hệ số nở dài (áp kế) như trong Hình 3.2.1.



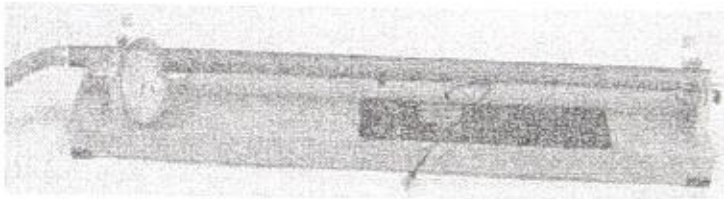


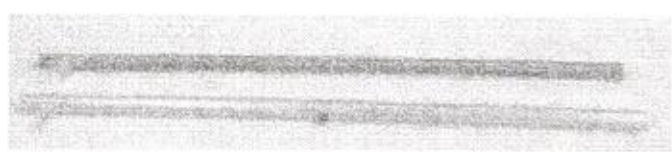



Hình 3.2.1. Sơ đồ cấu tạo của thiết bị xác định hệ số nở dài của vật rắn.

Thiết bị xác định hệ số nở dài bao gồm:

- Đế dài 70 cm có gắn áp kế với độ chính xác 0,01 mm.
- Bình đun tạo hơi nước.
- Cảm biến nhiệt độ.
- Một vật nhỏ để nâng một đầu của đế lên cao khoảng 3 cm.
- Một đĩa petri để hứng nước sau khi chảy ra khỏi ống kim loại cần đo hệ số nở dài.

3.2.4. Dụng cụ thí nghiệm

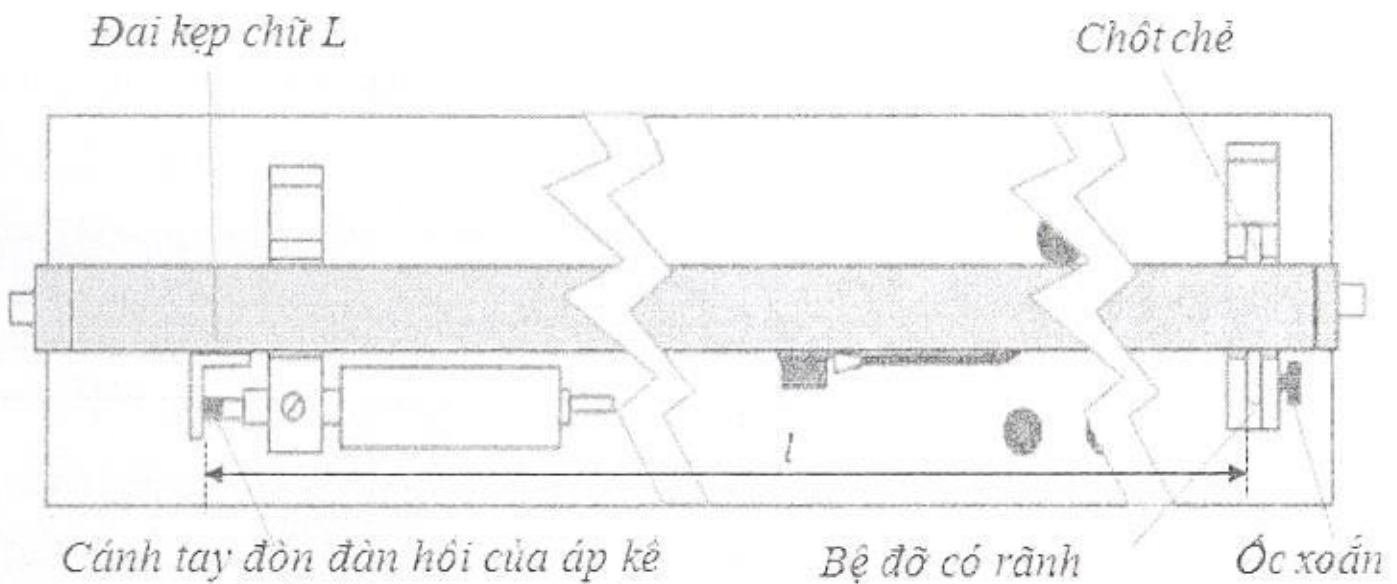
Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Thiết bị đo hệ số nở dài TD-8558A với áp kế	1	
2	Bình đun	1	
3	Cảm biến nhiệt độ	1	
4	Các ống kim loại (đồng và thép)	2	
5	Đĩa petri	1	
6	Thước cuộn	1	
7	Khối gỗ	1	

3.2.5. Tiến trình thí nghiệm

- Bước 1: Dùng thước cuộn đo chiều dài l của ống đồng ở nhiệt độ phòng. Đo từ mép trong của chốt chặn bằng thép không gỉ đến mép trong của đai kẹp chữ L gắn ở 2 đầu của ống đồng. Đo chiều dài l 3 lần và ghi các kết quả vào bảng 3.2.1.

- Bước 2: Gắn ống đồng vào đế như Hình 3.2.2. Chốt chặn bằng thép không gỉ trên ống đồng nằm khớp với rãnh của bộ đỡ trong khi đai kẹp chữ L trên ống ghi chặt cánh tay đòn đàn hồi của áp kế.



Hình 3.2.2. Cách lắp đặt thiết bị (Nhìn từ trên xuống).

- Bước 3: Sử dụng ống cao su để nối bình đun với đầu có chốt chặn của ống đồng.

- Bước 4: Sử dụng một khối gỗ để nâng một đầu của đế nơi nối với bình đun lên cao vài cm để nước ngưng tụ trong ống đồng có thể thoát ra ngoài. Đặt đĩa petri dưới đầu còn lại của ống đồng để hứng nước chảy ra từ ống đồng.

- Bước 5: Điều chỉnh áp kế để kim đo trùng với vạch số 0 trên thang đo bằng cách vặn núm vặn có gai ở phía ngoài áp kế. Khi ống đồng nở ra, chiều dài tăng lên tác dụng vào áp kế làm cho kim đo của áp kế quay ngược chiều kim đồng hồ.

- Bước 6: Dùng cảm biến nhiệt để đo nhiệt độ t_r của ống đồng ở nhiệt độ phòng. Kẹp thanh đo của cảm biến nhiệt song song với ống đồng sao cho tiếp xúc nhiệt giữa 2 thanh là tốt nhất. Ghi số chỉ trên cảm biến nhiệt vào bảng số liệu 3.2.1.

- Bước 7: Cấp điện cho bình đun nước. Khi hơi nước ngưng tụ bắt đầu chảy trong ống đồng, quan sát áp kế và số chỉ của cảm biến nhiệt. Khi số chỉ của cảm biến nhiệt ổn định và kim của áp kế ngừng quay, ghi số chỉ t_h của cảm biến nhiệt vào bảng 3.2.1. Cũng ghi lại độ nở dài Δl của ống đồng bằng cách xác định số vạch quay của kim áp kế. Mỗi vạch trên áp kế tương ứng với 0.01 mm của độ nở dài.

- Bước 8: Lặp lại thí nghiệm đối với ống thép và ghi các kết quả thí nghiệm vào Bảng 3.2.2.

- Bước 9: Thay phiên nhau giữa ống đồng và ống thép để mỗi ống có ít nhất 3 lần đo và ghi các số liệu thu được vào các Bảng 3.2.1 và 3.2.2.

Lưu ý: Để các ống nhanh nguội về nhiệt độ phòng, có thể sử dụng khăn ướt để lau.

3.2.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

3.2.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới. Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 3.2.1: Kết quả đo chiều dài và nhiệt độ của ống đồng.

Lần	Tại nhiệt độ phòng				Tại nhiệt độ cân bằng nhiệt			
	l (mm)	$\Delta(l) = l - \bar{l} $ (mm)	t_r (°C)	$\Delta(t_r)$ (°C)	Δl (mm)	$\Delta(\Delta l)$ $= Dl - \overline{Dl} $ (mm)	t_h (°C)	$\Delta(t_h)$ (°C)
1								
2								
3								
TB								

Bảng 3.2.2. Kết quả đo chiều dài và nhiệt độ của ống thép.

Lần	Tại nhiệt độ phòng				Tại nhiệt độ cân bằng nhiệt			
	l (mm)	$\Delta(l) = l - \bar{l} $ (mm)	t_r (°C)	$\Delta(t_r)$ (°C)	Δl (mm)	$\Delta(\Delta l)$ $= Dl - \overline{Dl} $ (mm)	t_h (°C)	$\Delta(t_h)$ (°C)
1								
2								
3								
TB								

3.2.6.2. Phân tích kết quả

- Độ tăng nhiệt độ trung bình của 2 ống kim loại:

$$\overline{\Delta t} = \bar{t}_h - \bar{t}_r$$

- Sai số tuyệt đối của độ tăng nhiệt độ của 2 ống kim loại:

$$\overline{\Delta(\Delta t)} = \overline{\Delta(t_h)} + \overline{\Delta(t_r)}$$

- Hệ số nở dài trung bình của 2 ống kim loại:

$$\bar{\alpha} = \frac{\overline{\Delta l}}{\bar{l} \overline{\Delta t}}$$

- Sai số tương đối của α của 2 ống kim loại:

$$\varepsilon = \frac{\overline{D(Dl)}}{\bar{\Delta l}} + \frac{\overline{D(l)}}{\bar{l}} + \frac{\overline{D(Dt)}}{\overline{\Delta t}}$$

- Tính sai số tuyệt đối của α của 2 ống kim loại:

$$\overline{\Delta \alpha} = \varepsilon \bar{\alpha}$$

- Kết quả:

$$\alpha = \bar{\alpha} \pm \overline{\Delta \alpha}$$

- Nhận xét về kết quả thí nghiệm

- Phân tích các nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

Lưu ý: Hệ số nở dài của đồng và thép lần lượt là $17,6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ và $11,3 \div 13,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

3.2.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

3.3. Khảo sát sự phụ thuộc hệ số căng mặt ngoài của chất lỏng theo nhiệt độ

3.3.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Giải thích được nguyên lí đo lực của lực kế xoắn;
- Trình bày được nguyên lí đo hệ số căng mặt ngoài của chất lỏng sử dụng lực kế xoắn;
- Đề xuất được các phương án thí nghiệm để xác định được hệ số căng mặt ngoài của một chất lỏng ở nhiệt độ bất kì;
- Khảo sát được sự phụ thuộc của hệ số căng mặt ngoài của chất lỏng theo nhiệt độ;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động và trách nhiệm;
- Phát triển kĩ năng làm việc và quản lí nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

3.3.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Liệt kê các phương pháp có thể sử dụng để đo hệ số căng bề mặt của một chất lỏng.

Câu hỏi 4: Vẽ hình và phân tích lực và moment lực tác dụng lên cánh tay đòn của lực kế xoắn.

Câu hỏi 5: Giải thích vì sao khi đo lực căng mặt ngoài của chất lỏng tác dụng lên một vòng kim loại ta phải đo ngay tại thời điểm vòng đó vừa bung ra khỏi bề mặt của chất lỏng?

Câu hỏi 6: Tìm hiểu sự phụ thuộc của hệ số căng mặt ngoài của chất lỏng vào nhiệt độ.

3.3.3. Cơ sở lý thuyết

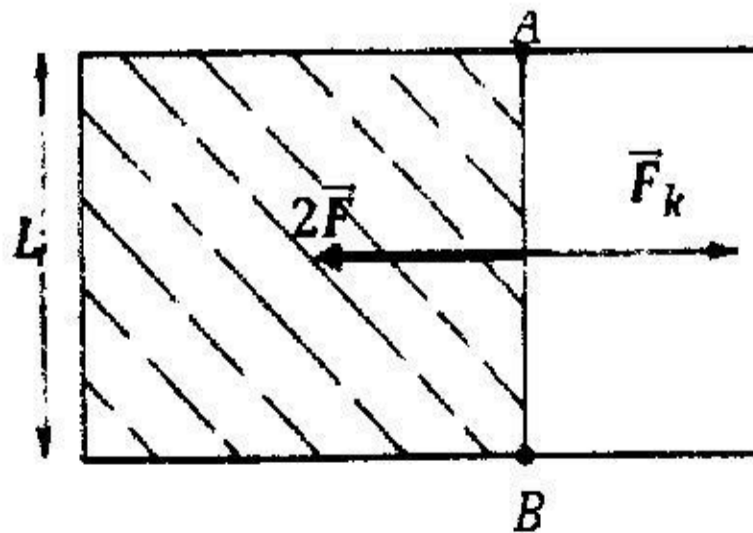
Các phân tử trên bề mặt (mặt thoáng) của một chất lỏng liên kết với nhau tạo ra sức căng giống như một cái màng đàn hồi bị kéo căng. Trên một đường thẳng giới hạn của mặt thoáng chất lỏng (có dạng mặt phẳng) có chiều dài l , lực căng bề mặt F tỉ lệ với chiều dài l :

$$F = \sigma l \tag{3.3.1}$$

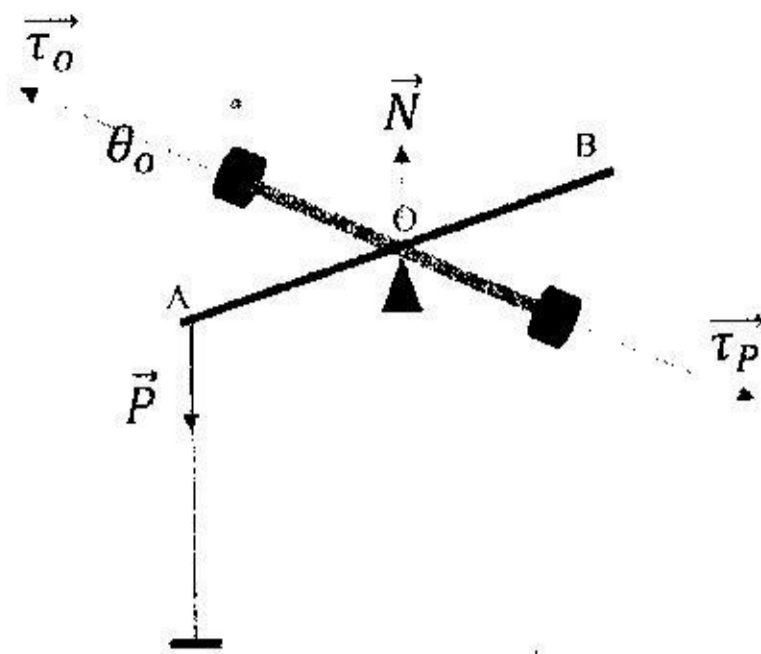
trong đó, hệ số tỉ lệ σ được gọi là hệ số căng mặt ngoài của chất lỏng. Lực căng mặt ngoài \vec{F} có phương vuông góc với đường giới hạn và tiếp tuyến với mặt thoáng của chất lỏng. Chiều của lực căng mặt ngoài \vec{F} hướng về phía chất lỏng.

Ví dụ, xét một màng xà phòng được giữ bởi một khung cứng hình chữ nhật như Hình 3.3.1. Thanh AB có thể dịch chuyển không ma sát trên hai thanh ngang. Khi đó, màng xà phòng có 2 mặt thoáng. Mỗi mặt thoáng tác dụng lên thanh AB một lực căng mặt ngoài có độ lớn $F = \sigma L$. Vậy tổng lực căng bề mặt ngoài tác dụng lên thanh AB có độ lớn:

$$F' = 2F = 2\sigma L \tag{3.3.2}$$



Hình 3.3.1. Lực căng mặt ngoài do màng xà phòng tác dụng lên thanh AB của khung.



Hình 3.3.2. Phân tích lực và moment lực tác dụng lên cánh tay đòn của lực kế xoắn khi treo vòng kim loại trong không khí.

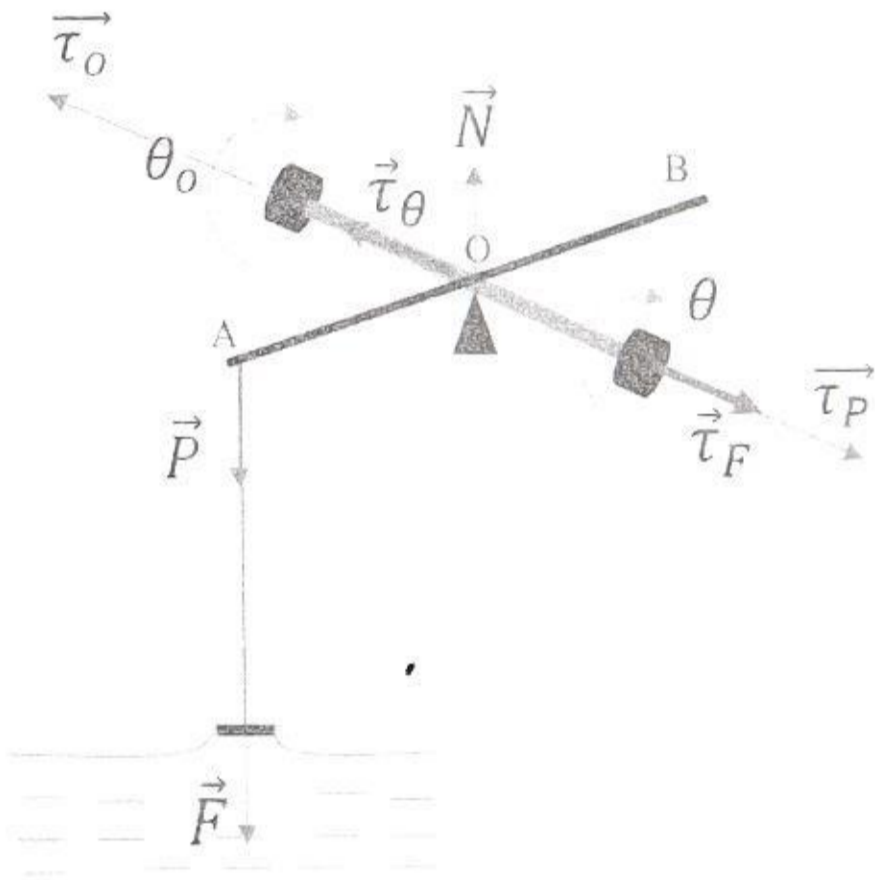
Để xác định lực căng mặt ngoài ta xét một vòng kim loại rất mỏng có bán kính R (bán kính trong và bán kính ngoài xem như bằng nhau). Vòng kim loại được treo trên cánh tay đòn nằm ngang của lực kế xoắn như Hình 3.3.2. Trọng lực của vòng sẽ tạo ra một moment lực $\vec{\tau}_P$ lên cánh tay đòn. Để cánh tay đòn vẫn cân bằng nằm ngang ta phải xoắn lá kim loại bằng cách vặn núm phía sau một góc θ_0 để tạo ra một moment xoắn $\vec{\tau}_O$ cân bằng với $\vec{\tau}_P$. Sau đó, ta nhúng vòng kim loại vào cốc thủy tinh chứa chất lỏng cần xác định hệ số căng mặt ngoài. Bằng cách nào đó, mặt thoáng của chất lỏng được hạ xuống, vòng kim loại sẽ tiếp xúc với mặt thoáng. Lúc này, mặt thoáng của chất lỏng sẽ tác dụng lực căng bề mặt lên vòng kim loại (Hình 3.3.3). Lực căng này sẽ tạo ra một moment lực $\vec{\tau}_F$ lên cánh tay đòn. Để cánh tay đòn cân bằng nằm ngang trở lại, ta phải tạo thêm một moment xoắn $\vec{\tau}_\theta$ để cân bằng với $\vec{\tau}_F$ bằng cách vặn núm phía trước một góc θ . Ngay trước thời điểm vòng kim loại bung ra khỏi mặt thoáng, lực căng bề mặt tác dụng lên vòng kim loại đạt cực đại và có giá trị:

$$F = 2\sigma L = 2\sigma 2\pi R = 2\pi d\sigma \quad (3.3.3)$$

với $L = 2\pi R = \pi d$ là chu vi của vòng kim loại. Như vậy, hệ số căng mặt ngoài của chất lỏng được xác định bởi công thức:

$$\sigma = \frac{F}{2\pi d} \quad (3.3.4)$$

Bằng cách khảo sát sự phụ thuộc của lực F vào góc xoắn θ của núm xoay phía trước lực kế xoắn, người ta đã tạo ra một thang đo lực F đặt ngay phía sau núm xoay này. Như vậy, lực căng mặt ngoài của mặt thoáng chất lỏng tác dụng lên vòng kim loại sẽ được xác định thông qua vị trí của một kim chỉ thị gắn vào núm xoay trên thang đo lực.

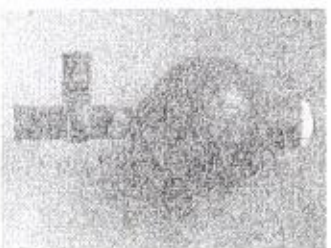

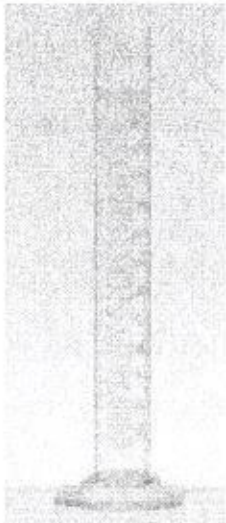
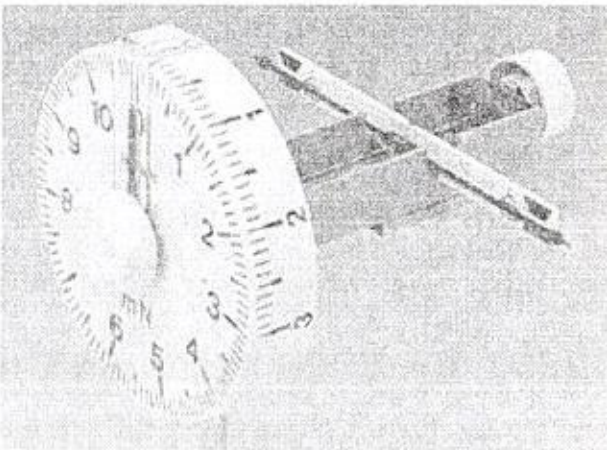
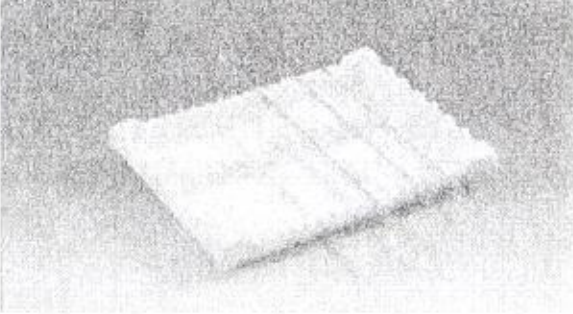



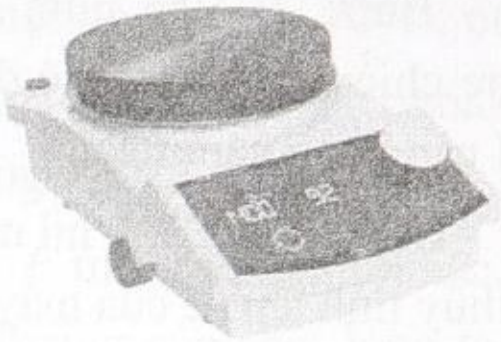

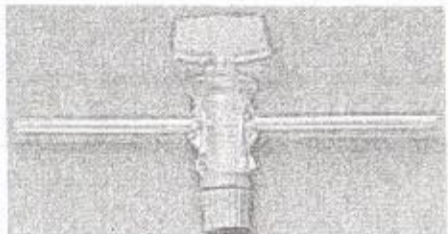

Hình 3.3.3. Phân tích lực và moment lực tác dụng lên cánh tay đòn của lực kế xoắn khi nhúng vòng kim loại trong chất lỏng.

3.3.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Vòng kim loại	1	

2	Quả bóp cao su	1	
3	Cốc thủy tinh 500 ml	2	
4	Ống nghiệm đo thể tích chất lỏng	1	
5	Lực kế xoắn	1	
6	Đĩa pipet	1	
7	Con quay từ	1	

8	Máy khuấy từ có gia nhiệt	1	
9	Dây hút silicon	1	
10	Van chữ T	1	
11	Giá đỡ	1	
12	Khớp nối	2	
13	Cuộn chỉ		

3.3.5. Tiến trình thí nghiệm

3.3.5.1. Xác định đường kính trong của vòng kim loại

Sử dụng thước kẹp đo đường kính trong d của vòng kim loại 5 lần tại các vị trí khác nhau và ghi kết quả thu được vào bảng 3.3.1.

3.3.5.2. Xác định hệ số căng mặt ngoài của nước ở nhiệt độ phòng

- Bước 1: Treo vòng kim loại lên cánh tay đòn của lực kế xoắn bằng một sợi chỉ.

- Bước 2: Vặn núm phía sau của lực kế xoắn theo chiều ngược chiều kim đồng hồ để cánh tay đòn của lực kế xoắn trở lại vị trí cân bằng nằm ngang.

- Bước 3: Đổ 300 ml nước cất vào cốc thủy tinh 500 ml và đặt cốc thủy tinh lên đế của máy khuấy từ có gia nhiệt (cốc 1).

- Bước 4: Nhúng vòng kim loại vào nước cất trong cốc 1 sao cho vòng kim loại cách mặt thoáng khoảng 1 cm.

- Bước 5: Đặt cốc thủy tinh khác bên cạnh máy khuấy từ có gia nhiệt (cốc 2). Dùng ống hút silicon với van chữ T để nối 2 cốc thủy tinh lại với nhau và dùng ống bóp cao su để hút nước từ cốc 1 sang cốc 2.

- Bước 6: Khi vòng kim loại tiếp xúc với mặt thoáng của chất lỏng, điều chỉnh van chữ T để dòng nước chảy từ cốc 1 sang cốc 2 chậm lại. Lúc này quan sát cánh tay đòn của lực kế xoắn. Khi lực căng mặt ngoài xuất hiện, cánh tay đòn của lực kế xoắn sẽ bị kéo xuống. Điều chỉnh núm vặn phía trước sao cho cánh tay đòn luôn cân bằng nằm ngang.

- Bước 7: Ngay tại thời điểm chiếc vòng bung ra khỏi mặt thoáng của nước, ghi lại số chỉ của kim lực kế xoắn trên thang đo lực. Đây chính là lực căng mặt ngoài mà nước tác dụng vào vòng kim loại. Ghi các số liệu thu được vào bảng 3.3.1.

- Bước 8: Lặp lại các bước 3-7 bốn lần cho nước ở nhiệt độ phòng và ghi các giá trị của lực căng bề mặt vào bảng số liệu.

3.3.5.3. Khảo sát sự phụ thuộc của hệ số căng mặt ngoài của nước vào nhiệt độ

- Bước 9: Chọn chế độ gia nhiệt trên máy khuấy từ có gia nhiệt để đun nước trong cốc thủy tinh đến nhiệt độ 80°C.

- Bước 10: Khi nhiệt độ nước đạt 80°C, tắt chế độ gia nhiệt trên máy khuấy từ có gia nhiệt để nhiệt độ nước giảm về nhiệt độ phòng.

- Lặp lại các bước 5-7 tại các nhiệt độ khoảng 70°C, 60°C, 50°C và 40°C của nước. Ghi các giá trị lực căng mặt ngoài thu được tại các nhiệt độ khác nhau vào bảng 3.3.2.

Lưu ý: để đo lực căng mặt ngoài F một cách chính xác, khi vòng kim loại gần bung ra khỏi mặt thoáng của chất lỏng ta vận van chữ T để mặt thoáng chất lỏng hạ xuống đủ chậm. Nếu mặt thoáng hạ xuống nhanh, lực căng mặt ngoài F tăng nhanh, ta không thể vận núm phía trước lực kế xoắn kịp để cánh tay đòn của nó vẫn cân bằng nằm ngang ngay tại thời điểm vòng kim loại bung ra khỏi mặt thoáng chất lỏng.

3.3.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

3.3.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới. Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 3.3.1. Hệ số căng mặt ngoài của nước ở nhiệt độ phòng.

Lần	1	2	3	4	5
d (mm)					
F (mN)					

Bảng 3.3.2. Sự phụ thuộc của hệ số căng mặt ngoài của nước vào nhiệt độ.

Nhiệt độ T (K)					
F (mN)					
$\sigma = \frac{F}{2\pi d}$ (N/m)					

3.3.6.2. Phân tích kết quả

i) Hệ số căng mặt ngoài của nước ở nhiệt độ phòng

- Giá trị trung bình của hệ số căng mặt ngoài của nước ở nhiệt độ phòng:

$$\bar{\sigma} = \frac{\bar{F}}{2\pi\bar{d}} \quad (3.3.5)$$

- Sai số tương đối của hệ số căng mặt ngoài của nước ở nhiệt độ phòng:

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta\sigma}}{\bar{\sigma}} = \frac{\overline{\Delta F}}{\bar{F}} + \frac{\overline{\Delta d}}{\bar{d}} \quad (3.3.6)$$

- Sai số tuyệt đối trung bình của hệ số căng mặt ngoài của nước ở nhiệt độ phòng:

$$\overline{\Delta\sigma} = \bar{\sigma}\varepsilon \quad (3.3.7)$$

- Kết quả:

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \overline{\Delta\sigma} \quad (3.3.8)$$

ii) *Khảo sát sự phụ thuộc của hệ số căng mặt ngoài của nước vào nhiệt độ*

- Vẽ đồ thị sự phụ thuộc của hệ số căng mặt ngoài của nước vào nhiệt độ.

iii) *Kết luận*

- Nhận xét về kết quả thí nghiệm.
- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

3.3.6.3. *Báo cáo thí nghiệm*

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

3.4. Khảo sát sự phụ thuộc của áp suất hơi nước theo nhiệt độ

3.4.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Trình bày được nguyên lý đo áp suất hơi nước dùng áp kế;

- Đề xuất được các phương án thí nghiệm để xác định được ẩn nhiệt hóa hơi của nước;
- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Khảo sát được phụ thuộc của áp suất hơi nước vào nhiệt độ;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

3.4.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Liệt kê các phương pháp có thể sử dụng để đo ẩn nhiệt hóa hơi của nước.

Câu hỏi 4: Tại sao ta phải hút chân không cho không gian phía trên mặt thoáng của nước trong bình ba cổ để đo áp suất hơi nước?

Câu hỏi 5: Cho biết sự phụ thuộc của áp suất hơi nước vào nhiệt độ của nó.

3.4.3. Cơ sở lý thuyết

Với một quá trình chuyển pha loại một từ pha 1 có thể tích riêng v_1 sang pha 2 có thể tích riêng v_2 , phương trình Clapeyron-Clausius có dạng:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)} \quad (3.4.1)$$

trong đó, L là ẩn nhiệt của quá trình chuyển pha. Nếu quá trình chuyển pha là quá trình hóa hơi của nước, $v_2 \gg v_1$. Phương trình Clapeyron-Clausius trở thành:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{Tv_2} \quad (3.4.2)$$

Xem hơi nước là khí lí tưởng, phương trình trạng thái của hơi nước bão hòa có dạng:

$$PV_2 = \frac{m}{\mu} RT, \text{ hay } P \frac{V_2}{m} = \frac{RT}{\mu}$$

Suy ra, thể tích riêng v_2 được xác định:

$$v_2 = \frac{V_2}{m} = \frac{RT}{\mu P} \quad (3.4.3)$$

Thay (3.4.3) vào (3.4.2), ta có:

$$\frac{dP}{P} = \frac{\mu L dT}{RT^2} \quad (3.4.4)$$

Lấy tích phân hai vế phương trình (3.4.4), ta thu được phương trình Clapeyron-Clausius cho quá trình hóa hơi của nước:

$$P = Ce^{\frac{\mu L}{RT}} = Ce^{\frac{\lambda}{RT}} \quad (3.4.5)$$

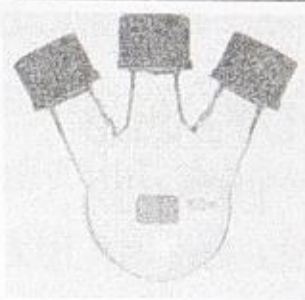

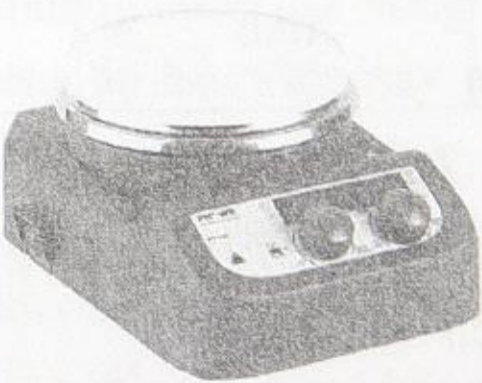
với $\lambda = \mu L$ là ẩn nhiệt hóa hơi mol của nước. Lấy logarit hai vế phương trình (3.4.5), ta được:


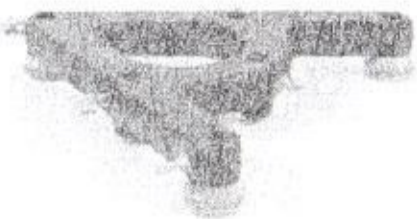

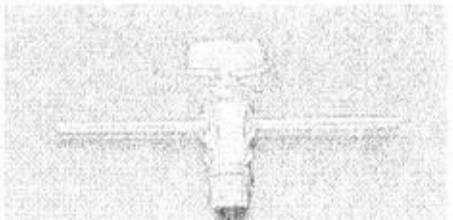


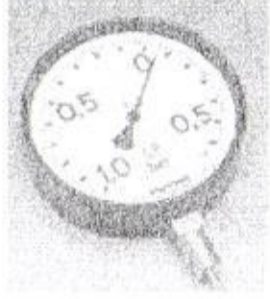

$$\ln P = \ln C - \frac{\lambda}{RT} \quad (3.4.6)$$

Từ phương trình (3.4.6), ta thấy $\ln P$ giảm tuyến tính theo $1/T$. Như vậy, nếu ta khảo sát sự thay đổi của P theo T và vẽ đồ thị sự phụ thuộc của $\ln P$ vào $1/T$, chúng ta sẽ thu được giá trị của ẩn nhiệt hóa hơi mol λ của nước.

3.4.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Bình 3 cổ	1	
2	Bơm chân không	1	
3	Cốc thủy tinh 600 ml	1	
4	Kẹp da nãg	1	
5	Khớp nối	1	
6	Máy khuấy từ có gia nhiệt	1	

7	Con quay từ	1	
8	Đế 3 chân DEMO	1	
9	Dây hút silicon	1	
10	Van chữ T	1	
11	Thanh đỡ	2	
12	Nhiệt kế	1	
13	Áp kế	1	
14	Ống nối thủy tinh	3	

3.4.5. Tiến trình thí nghiệm

- Bước 1: Cho nước cất đã khử khí vào bình ba cổ đến $\frac{3}{4}$ thể tích của bình.

- Bước 2: Gắn một nhiệt kế vào miệng bên trái của bình ba cổ sao cho đầu dưới của nhiệt kế chìm sâu vào trong nước cát. Nối áp kế với miệng bên phải của bình ba cổ thông qua ống nối thủy tinh và ống nhựa silicon. Miệng giữa của bình ba cổ được nối với máy bơm chân không thông qua ống nối thủy tinh, khóa thủy tinh chữ T và ống nhựa cao su. Để không bị rò khí khi hút chân không cho bình ba cổ, chúng ta sử dụng nút cao su và nắp vụn để gắn ba miệng của bình ba cổ với nhiệt kế, áp kế và bơm chân không.

- Bước 3: Sử dụng cốc thủy tinh 600 ml chứa gần đầy nước để làm bể nhiệt cho bình ba cổ bằng cách đặt nó trên đĩa của máy khuấy từ có gia nhiệt. Gắn bình ba cổ lên thanh đỡ bằng các kẹp sao cho đáy của nó tiếp xúc với nước trong cốc thủy tinh 600 ml. Làm như vậy nhiệt sẽ truyền từ nước trong cốc thủy tinh 600 ml sang nước cát trong bình ba cổ.

- Bước 4: Mở khóa thủy tinh chữ T, bật bơm chân không để hút chân không cho không gian phía trên nước cát trong bình ba cổ. Khi kim áp kế chỉ ~ -1 atm (kim ngừng quay), đóng khóa thủy tinh chữ T.

Lưu ý: đảm bảo rằng đầu dưới của ống thủy tinh nối áp kế với bình ba cổ ở phía trên mặt thoáng của nước cát trong bình ba cổ trong suốt quá trình hút chân không.

- Bước 5: Đẩy ống thủy tinh nối áp kế với bình ba cổ đi sâu vào trong nước cát. Mở khóa thủy tinh để xả chân không cho không gian ở trên nước cát trong bình ba cổ. Lúc này sự chênh lệch áp suất giữa không gian trên mặt thoáng nước cát trong bình ba cổ và áp kế sẽ đẩy nước cát vào trong áp kế. Việc này nhằm tránh tạo ra “không gian chết” trong áp kế.

- Bước 6: Đọc giá trị $P_i (< 0)$ kim áp kế chỉ. Đây là áp suất dư và sẽ tồn tại trong áp kế cho đến khi hút hết nước cát trong áp kế ra.

- Bước 7: Bật máy bơm chân không để tạo chân không cho không gian trên mặt thoáng nước cát trong bình ba cổ một lần nữa.

- Bước 8: Bật máy khuấy từ có gia nhiệt để đun nước trong cốc thủy tinh 600 ml. Cho con từ vào trong cốc thủy tinh để khuấy nước giúp cho nhiệt truyền lên bình ba cổ nhanh hơn.

- Bước 9: Khi nhiệt độ trong bình ba cổ đạt 35°C bắt đầu đọc giá trị $P_{\text{chênh lệch}}$ (< 0) trên áp kế và ghi vào bảng số liệu. Lặp lại việc đọc giá trị trên áp kế cứ sau mỗi 5°C và ghi vào bảng số liệu 3.4.1. Việc này được thực hiện trong vòng 15 phút để tránh rò khí vào trong bình ba cổ.

Lưu ý: Giá trị được đo bởi áp kế là sự chênh lệch áp suất giữa áp suất P của hơi nước trong bình ba cổ và áp suất khí quyển P_o (có bao gồm phần áp suất dư P_i). Do đó, áp suất hơi nước trong bình ba cổ được xác định bởi công thức:

$$P = P_o + P_{\text{chênh lệch}} - P_i$$

3.4.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

3.4.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới. Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 3.4.1: Sự phụ thuộc của áp suất hơi nước vào nhiệt độ.

$P_i = \dots\dots\dots$ (Pa); $P_o = \dots\dots\dots$ (Pa)

Lần đo	Nhiệt độ T (K)	$P_{\text{chênh lệch}}$ (Pa)	Áp suất hơi nước P (Pa)
1			
2			
3			
4			
5			

3.4.6.2. Phân tích kết quả

- Từ bảng số liệu vẽ đồ thị sự phụ thuộc của $\ln P$ vào $\frac{1}{T}$.

- Xác định hệ số góc của đồ thị, từ đó xác định ẩn nhiệt hóa hơi của nước.

- Nhận xét về kết quả thí nghiệm.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

3.4.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

3.5. Xác định nhiệt dung riêng của chất lỏng

3.5.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Trình bày được nguyên lý đo nhiệt dung riêng của chất lỏng sử dụng nhiệt lượng kế;

- Đề xuất được các phương án thí nghiệm để xác định được nhiệt dung riêng của chất lỏng bất kì;

- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;

- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;

- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;

- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;

- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

3.5.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Liệt kê các phương pháp có thể sử dụng để đo nhiệt dung riêng của một chất lỏng.

Câu hỏi 4: Vẽ sơ đồ mạch điện để cung cấp điện năng cho dây điện trở bên trong nhiệt lượng kế trong đó có một volt kế để đo điện áp 2 đầu dây điện trở và một ampere kế để đo dòng điện chạy qua dây điện trở.

Câu hỏi 5: Viết phương trình cân bằng nhiệt xảy ra bên trong nhiệt lượng kế.

3.5.3. Cơ sở lý thuyết

Xét hệ gồm nhiệt lượng kế có dây điện trở R bên trong chứa một lượng nước có khối lượng m . Khi đặt vào 2 đầu dây điện trở một điện áp U sẽ có một dòng điện I chạy qua dây điện trở. Trong khoảng thời gian t , nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở được xác định bởi công thức:

$$Q_{\text{tỏa}} = UI t \quad (3.5.1)$$

Đồng thời nước trong nhiệt lượng kế nhận vào một lượng nhiệt:

$$Q_{\text{thu}} = mc\Delta T \quad (3.5.2)$$

với m và c lần lượt là khối lượng và nhiệt dung riêng của nước, ΔT là độ tăng nhiệt độ của nước trong khoảng thời gian t . Do nhiệt lượng kế cách nhiệt với môi trường xung quanh và bỏ qua nhiệt lượng do nhiệt lượng kế nhận vào, ta có: $Q_{\text{tỏa}} = Q_{\text{thu}}$, hay:

$$UI t = mc\Delta T$$

Suy ra:






$$\Delta T = \frac{UI}{mc} t \quad (3.5.3)$$

Từ phương trình (3.5.3), ta thấy độ tăng nhiệt độ ΔT của nước tỉ lệ tuyến tính với thời gian t dòng điện chạy qua dây điện

trở R . Như vậy, nếu ta vẽ đồ thị sự phụ thuộc ΔT theo t , chúng ta sẽ thu được hệ số góc UI/mc và từ đó chúng ta có thể xác định được nhiệt dung riêng c của nước.

3.5.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Nguồn điện	1	
2	Dây nối	5	
3	Đồng hồ đa năng	2	
4	Nhiệt lượng kế	1	
5	Nhiệt kế với độ chính xác $0,1^{\circ}\text{C}$	1	

3.5.5. Tiến trình, kết quả và báo cáo thí nghiệm

Dựa vào cơ sở lí thuyết, người học thảo luận nhóm và thực hiện các nhiệm vụ sau đây:

- Thiết kế tiến trình thí nghiệm để xác định nhiệt dung riêng của nước trên cơ sở sử dụng các dụng cụ đã cho;
- Lắp đặt các dụng cụ và tiến hành thí nghiệm theo tiến trình đã xây dựng;
- Thu thập, xử lí số liệu để xác định nhiệt dung riêng của nước;
- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint. Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

3.6. Xác định nhiệt dung riêng của chất rắn

3.6.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Trình bày được nguyên lí đo nhiệt dung riêng của vật rắn sử dụng nhiệt lượng kế;
- Đề xuất được các phương án thí nghiệm để xác định được nhiệt dung riêng của vật rắn bất kì;
- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kĩ năng làm việc và quản lí nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

3.6.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Liệt kê các phương pháp có thể sử dụng để đo nhiệt dung riêng của một vật rắn.

Câu hỏi 4: Viết phương trình cân bằng nhiệt xảy ra bên trong nhiệt lượng kế.

3.6.3. Cơ sở lý thuyết

Cho một nhiệt lượng kế bên trong chứa một lượng nước cất có khối lượng m_n và nhiệt dung riêng c_n ở nhiệt độ T_{ni} . Thả một vật rắn có khối lượng m_r và nhiệt dung riêng c_r ở nhiệt độ T_{ri} vào nhiệt lượng kế trên. Khi hệ gồm bình nhiệt lượng kế, nước cất và vật rắn đạt cân bằng nhiệt với nhiệt độ T_f , tương tự như được trình bày ở phần 3.5.3, phương trình cân bằng nhiệt trong hệ có dạng:

$$Q_{tỏa} = Q_{thu}$$
$$m_r c_r (T_{ri} - T_f) = m_n c_n (T_f - T_{ni})$$




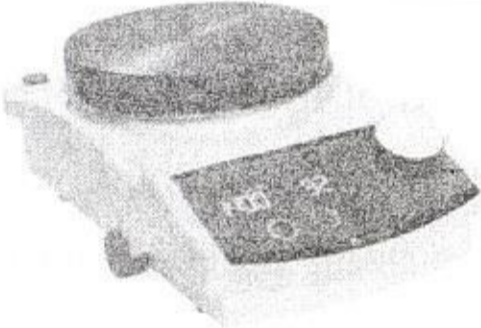

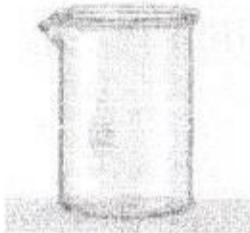
Vậy nhiệt dung riêng của vật rắn được xác định bởi công thức:

$$c_r = \frac{m_n c_n (T_f - T_{ni})}{m_r (T_{ri} - T_f)} \quad (3.6.1)$$

Để đo chính xác nhiệt dung riêng c_r , cần có sự chênh lệch nhiệt độ của vật rắn và nước so với nhiệt độ cân bằng. Nói cách khác, nhiệt độ ban đầu của vật rắn cần cao hơn nhiệt độ của nước và khối lượng nước cất cần tương đương khối lượng của vật rắn.

3.6.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Nhiệt lượng kế	1	
2	Nhiệt kế với độ chính xác 0,1°C	1	
3	Vật rắn cần đo nhiệt dung riêng	1	
4	Máy khuấy từ có gia nhiệt	1	
5	Cuộn dây	1	
6	Cốc thủy tinh 500 ml	1	

3.6.5. Tiến trình, kết quả và báo cáo thí nghiệm

Dựa vào cơ sở lí thuyết, người học thảo luận nhóm và thực hiện các nhiệm vụ sau đây:

- Xây dựng tiến trình thí nghiệm để xác định nhiệt dung riêng của vật rắn trên cơ sở sử dụng các dụng cụ đã cho;
- Lắp đặt các dụng cụ và tiến hành thí nghiệm theo tiến trình đã xây dựng;
- Thu thập và xử lí số liệu để xác định nhiệt dung riêng của vật rắn;

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint. Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

3.7. Xác định hệ số nhớt chất lỏng bằng phương pháp Stokes

3.7.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được các phương án xác định khối lượng riêng của chất lỏng;

- Thiết kế được các phương án thí nghiệm để đo hệ số nhớt của một chất lỏng;

- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;

- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;

- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;

- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;

- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

3.7.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Liệt kê các phương án có thể sử dụng để đo giá trị hệ số nhớt của một chất lỏng chưa biết.

Câu hỏi 4: Một vật rơi trong một chất lỏng chịu tác dụng của những lực nào? Viết biểu thức tính các lực đó. Viết phương trình

tổng hợp lực tác dụng lên vật có khối lượng m khi chuyển động trong chất lỏng.

Câu hỏi 5: Khi một vật rơi trong chất lỏng, ban đầu vật chuyển động nhanh dần đến một lúc nào đó vật đạt tốc độ không đổi. Giải thích?

Câu hỏi 6: Khi chọn quãng đường để xác định thời gian viên bi rơi trong ống Stockes ta cần lưu ý điều gì?

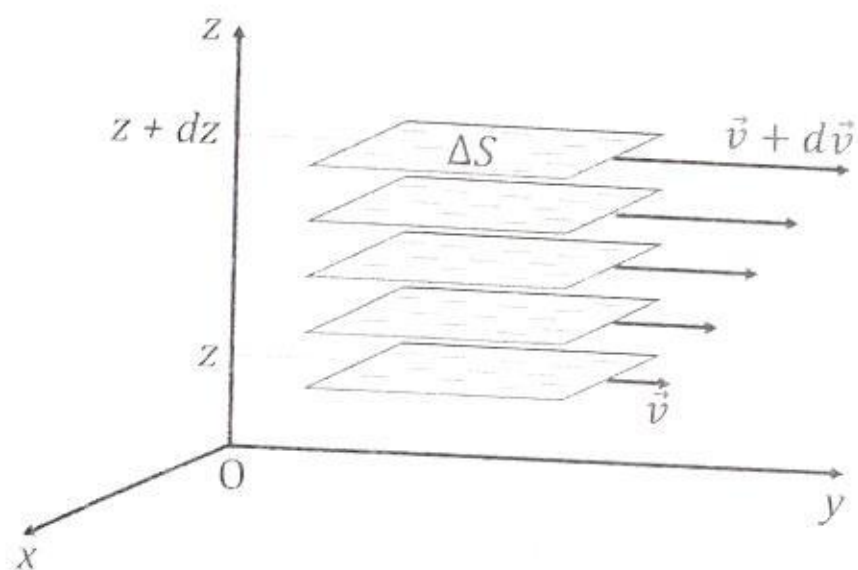
3.7.3. Cơ sở lý thuyết

Khi những lớp khác nhau của chất lỏng chuyển động với những vận tốc khác nhau thì giữa những lớp này xuất hiện những lực cản đối với nhau gọi là lực nội ma sát. Bản chất của lực nội ma sát là do các phân tử chất lỏng luôn tham gia chuyển động nhiệt hỗn loạn nên có những phân tử của lớp chuyển động chậm nhảy sang lớp chuyển động nhanh, làm cho lớp nhanh chuyển động chậm lại.

Trong một chất lỏng chuyển động theo phương y ta xét hai lớp chất lỏng nằm cách nhau một khoảng dz và có vận tốc khác nhau một lượng dv như Hình 3.7.1. Tỉ số dv/dz đặc trưng cho độ biến thiên vận tốc của các lớp chất lỏng trên một đơn vị dài tính dọc theo phương z vuông góc với phương vận tốc và được gọi là gradient vận tốc theo phương z . Thực nghiệm chứng tỏ lực nội ma sát F_{ms} tỉ lệ với độ lớn của diện tích tiếp xúc ΔS giữa hai lớp chất lỏng chuyển động đối với nhau và tỉ lệ với $\frac{dv}{dz}$ của chúng:

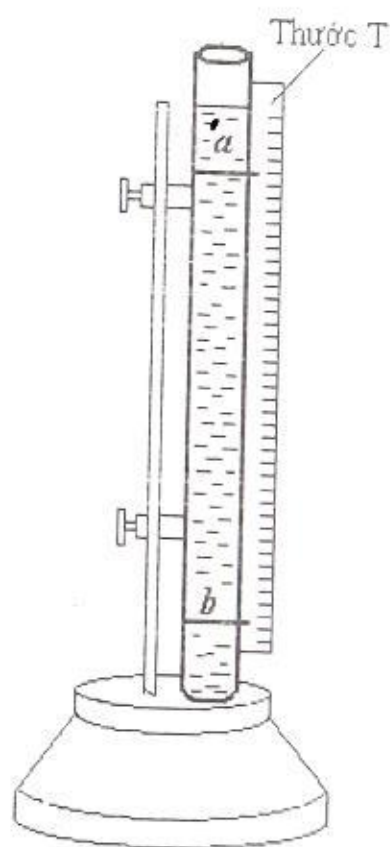
$$F_{ms} = \eta \Delta S \frac{dv}{dz} \quad (3.7.1)$$

trong đó, hệ số tỉ lệ η được gọi là hệ số của lực nội ma sát hay hệ số nhớt của chất lỏng. η phụ thuộc bản chất của chất lỏng, giảm khi nhiệt độ chất lỏng tăng và có đơn vị là kg/s.m.



Hình 3.7.1. Chất lỏng chuyển động dọc theo phương Oy.

Hệ số nhớt η có thể được xác định bằng nhiều phương pháp. Trong bài thí nghiệm này ta dùng phương pháp cho viên bi rơi trong chất lỏng do Stokes tìm ra và được gọi là phương pháp Stokes để xác định hệ số nhớt của một số chất lỏng như dầu glycerin, dầu paraffin hoặc dầu nhờn.



Hình 3.7.2. Sơ đồ thí nghiệm đo hệ số nhớt bằng phương pháp Stokes.

Dụng cụ thí nghiệm gồm một ống thủy tinh hình trụ đựng chất lỏng có hệ số nhớt cần xác định. Ta thả một viên bi vào trong

chất lỏng và để nó rơi thẳng đứng (Hình 3.7.2). Khi đó viên bi sẽ chịu tác dụng của các lực sau đây:

- Trọng lực \vec{P} hướng thẳng xuống dưới và có độ lớn bằng:

$$P = mg = V\rho g \quad (3.7.2)$$

với m , V , ρ lần lượt là khối lượng, thể tích và khối lượng riêng của viên bi, g là gia tốc trọng trường ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$).

- Lực đẩy Archimedes \vec{F}_A hướng thẳng lên trên và có độ lớn bằng trọng lượng của khối chất lỏng bị viên bi chiếm chỗ:

$$F_A = V\rho_l g \quad (3.7.3)$$

với ρ_l là khối lượng riêng của chất lỏng.

- Lực cản \vec{F}_c ngược chiều chuyển động của viên bi (hướng thẳng đứng lên phía trên). Đây chính là lực nội ma sát giữa lớp chất lỏng dính với mặt ngoài viên bi và các lớp chất lỏng khác. Trong điều kiện thành bình nằm khá xa viên bi thì lực này được tính theo công thức Stokes:

$$F_c = 3\pi\eta dv \quad (3.7.4)$$

với v là tốc độ viên bi, d là đường kính của viên bi, và η là hệ số nhớt của chất lỏng. Ở đây cần phải nhấn mạnh rằng lực cản F_c không phải do ma sát giữa viên bi và chất lỏng mà do nội lực ma sát giữa các lớp chất lỏng chuyển động đối với nhau.

Dưới tác dụng của tổng hợp lực $\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F}_c$, viên bi có khối lượng m sẽ chuyển động với gia tốc $a = dv/dt$. Phương trình chuyển động của viên bi có dạng:

$$\sum F = P - F_A - F_c = ma \text{ hay:}$$

$$V\rho g - V\rho_l g - 3\pi\eta dv = m \frac{dv}{dt} \quad (3.7.5)$$

Giải phương trình (3.7.5) ta tìm được vận tốc rơi của viên bi:

$$v = \frac{Vg(\rho - \rho_l)}{3\pi\eta d} \left(1 - e^{-\frac{3\pi\eta dt}{m}}\right) \quad (3.7.6)$$

Vì đại lượng $e^{-\frac{3\pi\eta dt}{m}}$ giảm rất nhanh theo thời gian t nên tốc độ v của viên bi lúc đầu tăng lên, nhưng sau một khoảng thời gian ngắn sẽ đạt tới một giá trị không đổi v_0 :

$$v_0 = \frac{Vg(\rho - \rho_l)}{3\pi\eta d} \quad (3.7.7)$$

Tốc độ v_0 ứng với chuyển động rơi thẳng đều của viên bi và được xác định dựa vào quãng đường L và khoảng thời gian t chuyển động đều của viên bi bên trong ống Stokes:

$$v_0 = \frac{L}{t} \quad (3.7.8)$$

Để xác định chính xác vận tốc đều v_0 , chỉ bắt đầu đo thời gian chuyển động khi viên bi đã chuyển sang chuyển động đều.

So sánh (3.7.7) với (3.7.8) và thay biểu thức thể tích viên bi $V = \frac{1}{6}\pi d^3$ vào kết quả, ta tìm được công thức tính hệ số nhớt của chất lỏng:

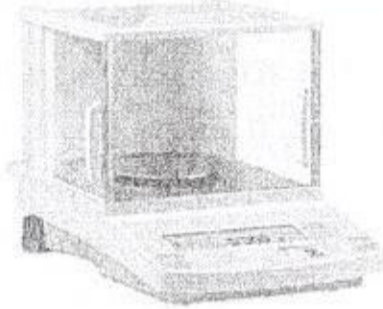



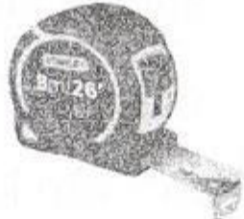

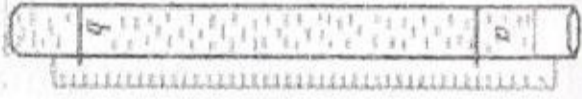
$$\eta = \frac{1}{18} \frac{(\rho - \rho_l)d^2gt}{L} \quad (3.7.9)$$

Trong thí nghiệm này, muốn xác định η ta phải xác định:

- ρ_l bằng cân kỹ thuật số và bình đong đo thể tích chất lỏng,
- ρ bằng cân kỹ thuật số và thước Panme,
- d bằng thước Panme,
- t bằng đồng hồ bấm giây,
- l bằng thước đo mm.

3.7.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Cân kỹ thuật số	1	
2	Viên bi thép	10	
3	Đồng hồ bấm giây (độ chính xác 0,01 s)	1	
4	Bình đong đo thể tích chất lỏng	1	
5	Thước dây milimet (độ chia nhỏ nhất 1mm)	1	
6	Thước Panme (độ chính xác 0,01mm)	1	
7	Ống Stockes	1	
8	Glycerin	đủ dùng	

Hướng dẫn sử dụng cân kỹ thuật số

- Công dụng của các nút có trên cân:
 - + OFF: Phím tắt ngắt nguồn điện.
 - + ON: Khởi động cân; đưa về lại giá trị 0 (trò bì).
 - + MODE: Phím để lựa chọn phương thức cân khối lượng.

- Đặt cân trên mặt bàn bằng phẳng, điều chỉnh 2 chân đế phía sau để sao cho cân được thẳng bằng.

Lưu ý: Khi cân thẳng bằng, giọt nước phải nằm chính giữa vòng tròn.

- Khi mở cân kỹ thuật số, không được để bất cứ vật gì lên trên bàn cân.

- Khi sử dụng cân, trọng tâm của vật cần cân phải đặt chính giữa bàn cân và không vượt ra khỏi phạm vi bàn cân để đảm bảo độ chính xác.

- Sau khi mở cân chữ số trên màn hình hiện số 0.

- Đặt vật cần cân lên bàn cân nhẹ nhàng, tốc độ đều đặn, không quá đột ngột.

- Luôn đóng cửa kính cân trước khi quan sát kết quả.

- Khi trên màn hình xuất hiện biểu tượng “*” thì mới đọc kết quả đo.

3.7.5. Tiến trình thí nghiệm

3.7.5.1. Xác định khối lượng riêng của dung dịch glycerin

- Bước 1: Đo khối lượng m_1 của một lượng glycerin bằng cân kỹ thuật số. Lặp lại năm lần và ghi các kết quả vào Bảng 3.7.1.

- Bước 2: Đo thể tích V_1 của lượng glycerin trên bằng bình đong đo thể tích chất lỏng. Lặp lại năm lần và ghi các kết quả vào Bảng 3.7.1.

3.7.5.2. Xác định khối lượng riêng của viên bi

- Bước 3: Đo khối lượng m của viên bi bằng cân kỹ thuật số. Lặp lại năm lần và ghi các kết quả vào Bảng 3.7.1.

- Bước 4: Đo đường kính d của viên bi bằng thước Panme. Lặp lại năm lần và ghi các kết quả vào Bảng 3.7.1.

3.7.5.3. Xác định khoảng cách vật rơi trong ống Stokes

- Bước 5: Trên thành ống Stokes, đánh dấu vạch a cách mặt thoáng chất lỏng 5-10 cm. Đánh dấu vạch b cách đáy ống Stocker 5-10 cm. Đo năm lần khoảng cách L giữa 2 vạch a và b bằng thước mm. Ghi kết quả vào Bảng 3.7.1.

3.7.5.4. Đo thời gian rơi t của viên bi

- Bước 6: Thả viên bi rơi không vận tốc đầu theo phương thẳng đứng ở chính giữa của ống Stokes. Quan sát chuyển động của viên bi và đo khoảng thời gian t viên bi chuyển động từ vạch a đến vạch b trên ống Stokes. Lặp lại phép đo t năm lần. Ghi các kết quả vào Bảng 3.7.1.

Lưu ý: Đặt mắt ngang các vạch a và b để bấm đồng hồ lúc viên bi chuyển động qua các vạch đó.

- Bước 7: Dùng một thanh nam châm để lấy các viên bi ra khỏi ống Stokes (cẩn thận đừng để nam châm va vào thành ống làm vỡ ống). Lau sạch các viên bi.

3.7.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

3.7.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu theo mẫu bên dưới.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

Bảng 3.7.1. Kết quả thí nghiệm đo hệ số nhớt của glycerin.

Lần	m_1 (g)	Dm_1 (g)	V_1 (ml)	DV_1 (ml)	M (g)	Δm (g)	d (mm)	Δd (mm)	L (mm)	ΔL (mm)	t (s)	Δt (s)
1												
2												
3												
4												
5												
TB												

3.7.6.2. Phân tích kết quả

i) Khối lượng riêng của glycerin

- Giá trị trung bình:

$$\bar{\rho}_l = \frac{\bar{m}_l}{\bar{V}_l} \quad (3.7.10)$$

- Sai số tương đối:

$$\varepsilon_{\rho_l} = \frac{\overline{\Delta\rho_l}}{\bar{\rho}_l} = \frac{\overline{\Delta m_l}}{\bar{m}_l} + \frac{\overline{\Delta V_l}}{\bar{V}_l} \quad (3.7.11)$$

- Sai số tuyệt đối:

$$\overline{\Delta\rho_l} = \varepsilon_{\rho} \bar{\rho}_l \quad (3.7.12)$$

ii) Khối lượng riêng của viên bi

- Giá trị trung bình:

$$\bar{\rho} = \frac{\bar{m}}{\bar{V}} = \frac{6\bar{m}}{\pi\bar{d}^3} \quad (3.7.13)$$

- Sai số tương đối:

$$\varepsilon_{\rho} = \frac{\overline{\Delta\rho}}{\bar{\rho}} = \frac{\overline{\Delta m}}{\bar{m}} + \frac{\overline{\Delta\pi}}{\pi} + 3 \frac{\overline{\Delta d}}{\bar{d}} \quad (3.7.14)$$

- Sai số tuyệt đối:

$$\overline{\Delta\rho} = \varepsilon_{\rho} \bar{\rho} \quad (3.7.15)$$

iii) Hệ số nhớt

- Giá trị trung bình của hệ số nhớt:

$$\bar{\eta} = \frac{1}{18} \frac{(\rho - \rho_l) \bar{d}^2 g \bar{t}}{\bar{L}} \quad (3.7.16)$$

- Sai số tương đối trung bình:

$$\varepsilon_{\eta} = \frac{\overline{\Delta\eta}}{\bar{\eta}} = \frac{\overline{\Delta\rho_l} + \overline{\Delta\rho}}{\bar{\rho}_l + \bar{\rho}} + \frac{\overline{\Delta L}}{\bar{L}} + 2 \frac{\overline{\Delta d}}{\bar{d}} + \frac{\overline{\Delta t}}{\bar{t}} + \frac{\overline{\Delta g}}{\bar{g}} \quad (3.7.17)$$

- Sai số tuyệt đối trung bình: $\overline{\Delta\eta} = \varepsilon_{\eta} \cdot \bar{\eta}$
- Kết quả: $\eta = \bar{\eta} \pm \overline{\Delta\eta}$
- Nhận xét về kết quả thí nghiệm.
- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

3.7.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

CHƯƠNG 4

THÍ NGHIỆM ĐIỆN VÀ TỪ

4.1. Làm quen với các dụng cụ đo điện và từ

4.1.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

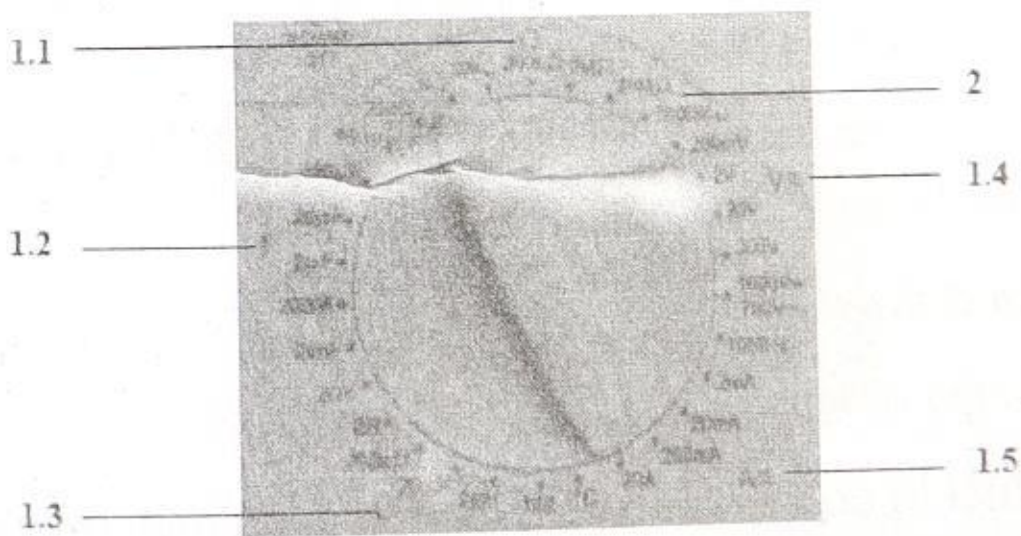
- Mô tả được nguyên lí hoạt động của đồng hồ đa năng kim chỉ thị;
- Sử dụng được đồng hồ đa năng;
- Giải thích được nguyên lí cấu tạo của biến trở;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm.
- Bảo quản, giữ gìn dụng cụ trong quá trình học và sắp xếp dụng cụ gọn gàng sau khi học.

4.1.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, sinh viên phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Hãy nêu cấu tạo và nguyên lí hoạt động của một đồng hồ đo dòng điện, hiệu điện thế và điện trở.

Câu hỏi 2: Các **CHỮ VÀ SỐ** ghi quanh núm vặn tròn trên các đồng hồ đa năng (**PeakTech 2005, HIOKI 3256**) như trong Hình 4.1.1 có ý nghĩa gì?



Hình 4.1.1. Kí hiệu và giới hạn thang đo trên đồ hồ đa năng.

- Các chữ ghi phía ngoài theo (1.1), (1.2), (1.3), (1.4), (1.5) có ý nghĩa gì?
- Các chữ số trên vòng tròn quanh núm xoay có ý nghĩa gì?

Câu hỏi 3: Muốn đo dòng điện DC trong khoảng 0-5 A, ta phải chọn thang đo và mắc đồng hồ đa năng (**PeakTech 2005, HIOKI 3256**) như thế nào?

Câu hỏi 4: Muốn đo dòng điện DC trong khoảng 0-120 mA, ta phải chọn thang đo và mắc đồng hồ đa năng (**PeakTech 2005, HIOKI 3256**) như thế nào?

Câu hỏi 5: Muốn đo dòng điện AC trong khoảng 1-2 A, ta phải chọn thang đo và mắc đồng hồ đa năng (**PeakTech 2005, HIOKI 3256**) như thế nào?

Câu hỏi 6: Muốn đo hiệu điện thế DC trong khoảng 0-250 V, ta phải chọn thang đo và mắc đồng hồ đa năng (**PeakTech 2005, HIOKI 3256**) như thế nào?

Câu hỏi 7: Muốn đo hiệu điện thế của mạng điện đang sử dụng, ta phải chọn thang đo nào và mắc đồng hồ đa năng (**PeakTech 2005, HIOKI 3256**) như thế nào?

Câu hỏi 8: Trình bày cách đo giá trị của một điện trở bằng các đồng hồ đa năng (**PeakTech 2005, HIOKI 3256**)?

Câu hỏi 9: Trình bày cách đo điện dung của một tụ điện bằng đồng hồ đa năng **PeakTech 2005**?

Câu hỏi 10: Trình bày cách đo độ tự cảm của một cuộn dây bằng đồng hồ đa năng **PeakTech 2005**?

Câu hỏi 11: Vẽ sơ đồ và trình bày cấu tạo của biến trở? Giải thích cách sử dụng biến trở.

4.1.3. Cơ sở lý thuyết

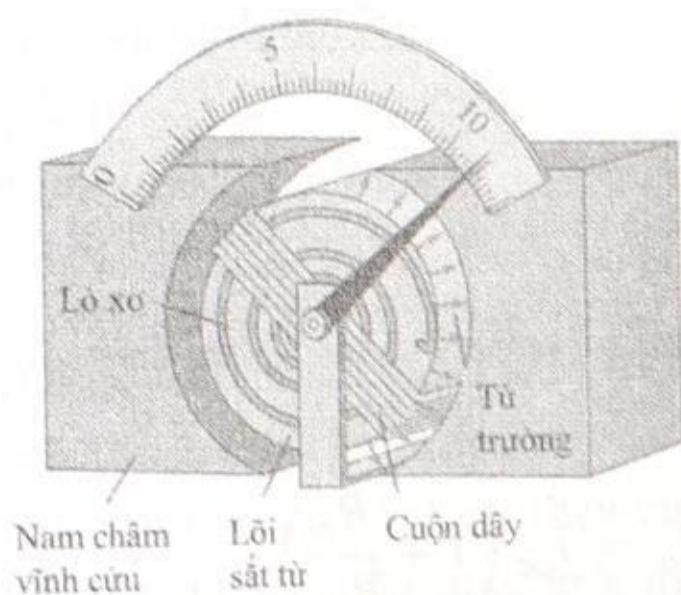
4.1.3.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của điện kế

Các thiết bị đo điện phổ biến, bao gồm đo hiệu điện thế (điện áp), dòng điện hoặc điện trở dạng kim chỉ thị đều hoạt động theo

kiểu điện kế d'Arsonval. Cấu tạo của một điện kế d'Arsonval được chỉ ra như trong Hình 4.1.2 gồm một khung dây quấn trên một lõi hình trụ bằng sắt từ và được đặt trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu. Đi kèm cuộn dây là một lò xo để giữ khung dây nằm ở vị trí cân bằng - kim chỉ ở vị trí số không - khi không có dòng điện trong cuộn dây. Khi trong cuộn dây có dòng điện, từ trường của dòng điện tương tác với từ trường của nam châm vĩnh cửu tạo nên một moment lực tỉ lệ với dòng điện. Moment này làm cho cuộn dây quay. Khi cuộn dây quay, lò xo tạo ra một moment phục hồi tỉ lệ với độ dịch chuyển góc của kim chỉ. Do đó, độ lệch góc của cuộn dây và kim chỉ tỉ lệ thuận với dòng điện qua cuộn dây. Vì vậy, thiết bị có thể được hiệu chỉnh để đo dòng điện. Độ lệch lớn nhất của kim chỉ thường là 90^0 hoặc nhỏ hơn, được gọi là độ lệch cực đại. Đặc tính quan trọng của một điện kế là dòng điện I_{cd} cần thiết cho độ lệch cực đại, thường theo có giá trị từ $10 \mu A$ đến $10 mA$ và điện trở R_c của cuộn dây, thường có giá trị từ 10Ω đến 1000Ω . Vì cuộn dây tuân theo định luật Ohm, nên dòng điện tỉ lệ với hiệu điện thế giữa hai đầu của cuộn dây và độ lệch kim chỉ cũng tỉ lệ với hiệu điện thế này.

Ví dụ, xét một điện kế với cuộn dây có điện trở $R_c = 20 \Omega$ và kim chỉ lệch cực đại khi dòng điện trong cuộn dây là $I_{cd} = 10 mA$. Hiệu điện thế tương ứng đối với lệch cực đại là:

$$V = I_{tp}R_c = (1 \times 10^{-3})(20) = 0,02 V$$

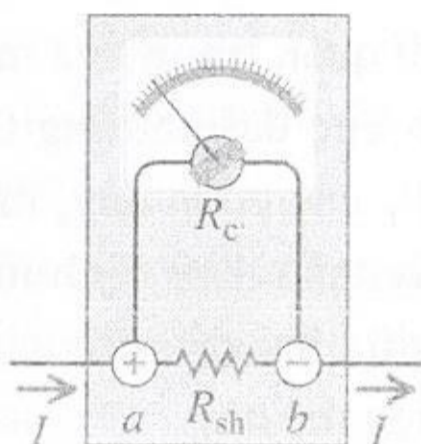


Hình 4.1.2. Cấu tạo của điện kế d'Arsonval [24].

4.1.3.2. Ampere kế

Ampere kế là dụng cụ dùng để đo cường độ dòng điện. Để đo được dòng điện, ampere kế phải được mắc nối tiếp với thiết bị hay mạch điện cần đo. Một ampere kế lí tưởng sẽ có điện trở bằng không, do đó, nó sẽ không ảnh hưởng đến dòng điện trong nhánh chứa nó. Các ampere kế thực tế luôn có một điện trở hữu hạn, nhưng luôn mong muốn có giá trị nhỏ nhất có thể.

Chúng ta có thể điều chỉnh để bất kì ampere kế nào cũng có thể đo các dòng điện lớn hơn giới hạn đo của nó bằng cách nối song song với nó một điện trở như trong Hình 4.1.3. Điện trở song song được gọi là điện trở shunt hoặc đơn giản là một shunt, được kí hiệu là R_{sh} .



Hình 4.1.3. Cấu tạo của một ampere kế kim chỉ thị [24].

Giả sử cần tạo một ampere kế có dòng điện cực đại I_{cd} và điện trở cuộn dây R_c thành một ampere kế có dòng điện cực đại I_a . Để xác định điện trở shunt R_{sh} cần thiết, cần lưu ý rằng ở độ lệch cực đại, tổng dòng điện qua hai điện trở song song là I_a , dòng điện qua cuộn dây của ampere kế là I_{cd} và dòng điện chạy qua điện trở shunt là $I_a - I_{cd}$. Hiệu điện thế giống nhau cho hai điện trở, do đó:

$$I_{cd}R_c = (I_a - I_{cd})R_{sh}$$

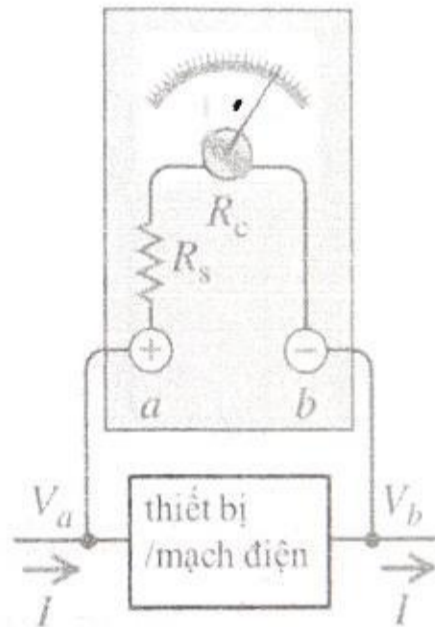
Suy ra:

$$I_a = I_{cd} \left(1 + \frac{R_c}{R_{sh}} \right) \quad (4.1.1)$$

Bằng cách lựa chọn các R_{sh} khác nhau, ampe kế có được các giới hạn đo khác nhau với sai số phù hợp. Để bảo vệ ampe kế, đọc được giá trị trên ampe kế chính xác và có sai số đo nhỏ nhất, cần lựa chọn R_{sh} sao cho giá trị đọc được trên ampe kế bằng khoảng $\frac{1}{2}$ so với giá trị cực đại I_a .

4.1.3.3. Volt kế

Volt kế là dụng cụ dùng để đo hiệu điện thế hay điện áp. Để đo được hiệu điện thế ở hai đầu của một thiết bị hay hai điểm của một mạch điện, hai đầu đo của volt kế phải được nối với những điểm này - phải mắc volt kế song song với thiết bị hay đoạn mạch cần đo. Một volt kế lí tưởng sẽ có điện trở vô hạn. Vì vậy khi nối volt kế giữa hai điểm trong một mạch sẽ không làm thay đổi bất kì dòng điện nào chạy trong mạch. Volt kế thực tế luôn có một điện trở hữu hạn vẫn đủ lớn để không thay đổi đáng kể các dòng điện chạy trong mạch.



Hình 4.1.4. Cấu tạo của một volt kế kim chỉ thị [24].

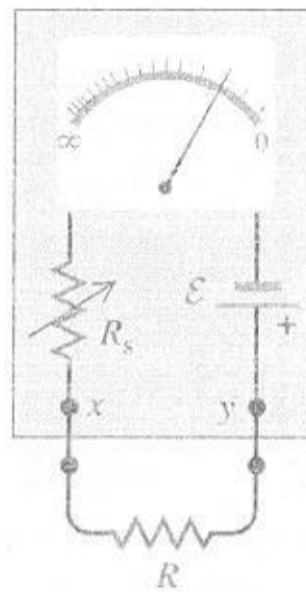
Mỗi cuộn dây trong volt kế có một giới hạn đo của nó. Giới hạn đo này có thể được mở rộng bằng cách nối tiếp một điện trở R_s với cuộn dây của volt kế như trong Hình 4.1.4. Khi đó, chỉ một phần nhỏ hiệu điện thế nằm trên cuộn dây và phần lớn còn lại phân bố trên R_s . Đối với volt kế có dòng điện cực đại là I_{cd} , để đo được hiệu điện thế cực đại V_V , cần mắc một điện trở R_s nối tiếp sao cho:

$$V_V = I_{cd}(R_c + R_s) \quad (4.1.2)$$

Bằng cách lựa chọn các R_s khác nhau, volt kế có được các giới hạn đo khác nhau với sai số phù hợp. Để bảo vệ volt kế, đọc được giá trị trên volt kế chính xác và có sai số đo nhỏ nhất, cần lựa chọn R_s sao cho giá trị đọc được trên volt kế bằng khoảng $\frac{1}{2}$ so với giá trị cực đại V_V .

4.1.3.4. Ohm kế

Để đo điện trở của một thiết bị hay mạch điện, ta có thể sử dụng đồng thời volt kế và ampere kế, sau đó dùng định luật Ohm để tính toán. Một cách khác để đo điện trở là sử dụng ohm kế. Nó bao gồm một điện kế, một điện trở và một nguồn điện (thường là pin) mắc nối tiếp như trong Hình 4.1.5. Điện trở R là thiết bị cần đo được kết nối giữa hai đầu đo x và y .



Hình 4.1.5. Cấu tạo của một ohm kế kim chỉ thị [24].

Biến trở R_s được mắc nối tiếp với cuộn dây của điện kế và được điều chỉnh để khi các đầu đo x và y bị ngắn mạch (khi $R = 0$), đồng hồ đo lệch toàn bộ thang đo. Khi không có gì được kết nối với các đầu đo x và y , mạch giữa x và y mở ($R = \infty$), không có dòng điện qua điện kế và do đó kim chỉ thị không bị lệch. Với các giá trị khác bất kì của R , độ lệch của kim chỉ thị phụ thuộc vào giá trị của R , và thang đo có thể được hiệu chỉnh để đọc trực tiếp giá trị điện trở R . Với ohm kế, dòng điện lớn hơn tương ứng với

các điện trở nhỏ hơn, vì vậy thang đo điện trở đọc ngược so với thang đo dòng điện và hiệu điện thế.

LƯU Ý: Các thiết bị đo điện rất dễ bị hỏng nếu sử dụng không đúng chức năng của nó. Người dùng cần tránh các trường hợp sau đây:

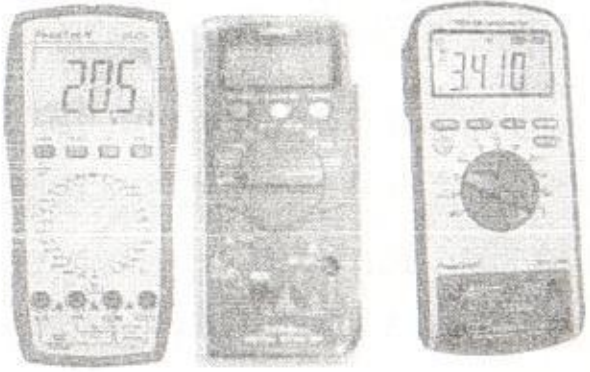
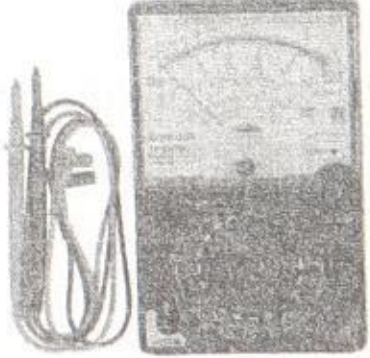

- Không cắm vào nguồn điện áp khi dụng cụ đang ở thang đo không phải là điện áp.

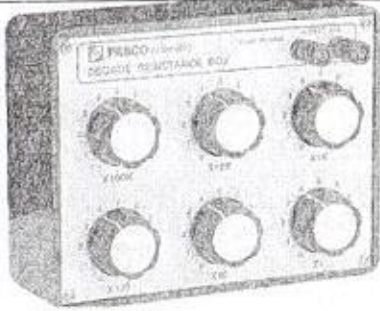

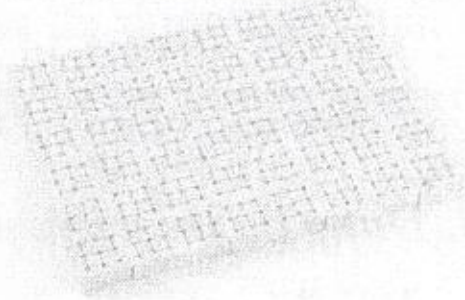

- Không đo các giá trị vượt quá giới hạn đo của dụng cụ. Cần chọn thang đo lớn nhất trong lần đo đầu tiên.

- Khi đo dòng điện hoặc hiệu điện thế một chiều (DC), que đen cần cắm vào cổng COM.

4.1.4. Dụng cụ thí nghiệm

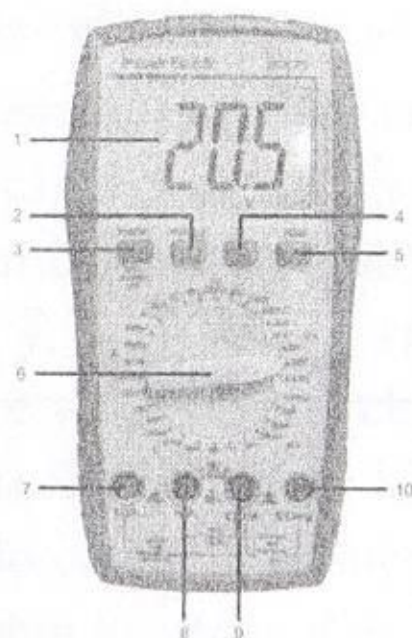
Bài thí nghiệm này yêu cầu sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Đồng hồ đa năng (hiện số)	03	
2	Đồng hồ đa năng (kim chỉ thị)	01	
5	Điện trở	01	

6	Biến trở R_b	01	
7	Tụ điện	01	
8	Cuộn cảm	01	
10	Bảng điện đục lỗ	01	
11	Dây nối	Đủ dùng	

4.1.4.1. Đồng hồ đa năng PeakTech 2005

Đồng hồ đa năng được thiết kế để đo được các đại lượng điện như cường độ dòng điện, hiệu điện thế, điện trở ... Về cơ chế hiển thị, đồng hồ đa năng có hai loại cơ bản: kim chỉ thị và hiện số. Hình 4.1.6 mô tả mặt trước của đồng hồ đa năng hiện số PeakTech 2005.



Hình 4.1.6. Đồng hồ đa năng PeakTech 2005.

Trên đồng hồ đa năng PeakTech 2005, có các bộ phận chức năng sau:

1. Màn hình LCD 3 chữ số có đèn nền
2. Nút giữ đing.
3. POWER: Nút BẬT/ TẮT. Nếu bật lên mà không sử dụng trong 5 giây hoặc hơn mức quy định thì máy sẽ tự động tắt.
4. Nút đèn nền (khoảng 10 giây).
5. Nút chọn AC/DC.
6. Núm chọn chức năng đo.
7. Giắc cắm đầu vào 10A.
8. mA/Nhiệt độ - giắc cắm đầu vào (cực dương).
9. Đầu vào COM (cực chung-cực âm).
10. Giắc cắm đầu vào để đo V / Ω / Hz.

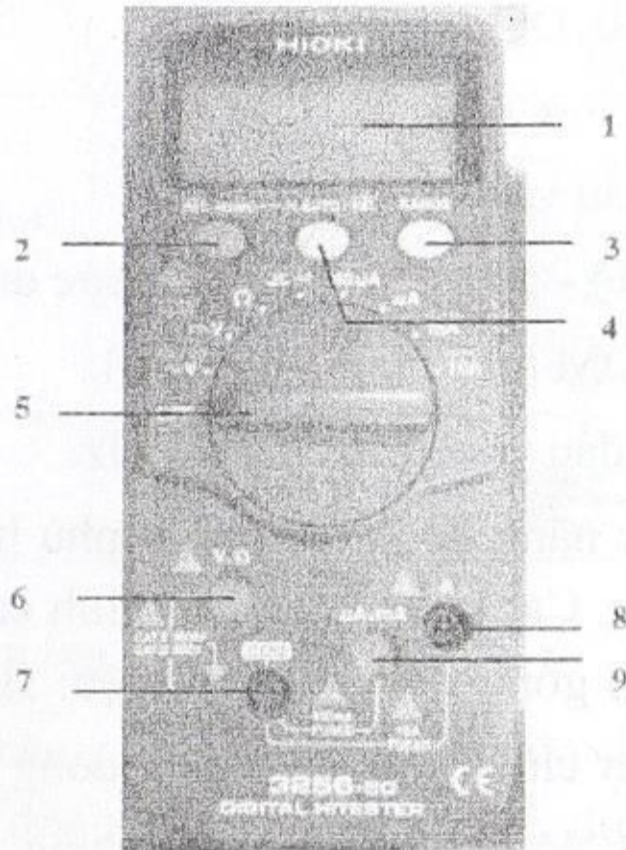
Để chọn chức năng đo và thang đo phù hợp, ta xoay núm 6 đến vị trí tương ứng. Các chức năng đo chính của đồng hồ đa năng PeakTech 2005 bao gồm: điện trở - kí hiệu: Ω ; hiệu điện thế - V (một chiều $\overline{=}$ / xoay chiều \sim); cường độ dòng điện - A (một chiều $\overline{=}$ / xoay chiều \sim); độ tự cảm - L; điện dung - C. Các giá trị thể hiện xung quanh cần gạt chức năng là giá trị cực đại đo được của thang đo đó.

4.1.4.2. Đồng hồ đa năng HIOKI 3256-50/51

Hình 4.1.7 mô tả mặt trước của đồng hồ đa năng hiện số HIOKI 3256-50. Các núm chức năng chính của HIOKI 3256-50 như sau:

1. Màn hình LCD.
2. $\overline{REC.MEMO}$: ấn nút này để thay đổi chức năng đo dòng điện một chiều sang xoay chiều và ngược lại.
3. RANGE: ấn vào để dịch chuyển dấu phẩy ngăn cách phần nguyên với phần thập phân của giá trị hiện trên màn hình.

4. H.AUTO/REL.
5. Núm chọn chức năng đo.
6. V.Ω: giắc cắm đầu vào để đo điện áp và điện trở.
7. COM: đầu vào dùng chung cho tất cả các chức năng.
8. A: giắc cắm đầu vào để đo dòng điện ở chế độ A.
9. $\mu\text{A.mA}$: giắc cắm đầu vào để đo cường độ dòng điện ở chế độ $\mu\text{A.mA}$.



Hình 4.1.7. Đồng hồ đa năng HIOKI 3256-50.

4.1.4.3. Đồng hồ đa năng PeakTech 3410 DMM



Hình 4.1.8. Đồng hồ đa năng PeakTech 3410 DMM.

Hình 4.1.8 mô tả mặt trước của đồng hồ đa năng hiện số PeakTech 3410 DMM. Ngoài các chức năng tương tự như HIOKI 3256-50, PeakTech 3410 DMM còn có một vài chức năng khác:

- **SELECT**: ấn vào để đổi từ chế độ đo DC sang AC.

4.1.4.4. Lưu ý chung khi sử dụng đồng hồ đa năng

Các thang đo hiệu điện thế và dòng có độ nhạy cao nhất thường là 200 mV và 200 μ A hoặc 2 mA, được dùng để đo các hiệu điện thế và cường độ dòng điện một chiều rất nhỏ. Cần rất thận trọng khi sử dụng các thang đo này. Nếu vô ý để hiệu điện thế hoặc dòng điện lớn gấp 2 ÷ 10 lần giá trị thang đo này, có thể gây ra hư hỏng cho đồng hồ. Vì vậy, các quy tắc nhất thiết phải tuân thủ khi sử dụng đồng hồ vạn năng hiện số là:

- Không bao giờ được phép chuyển đổi thang đo khi đang có điện ở đầu đo.

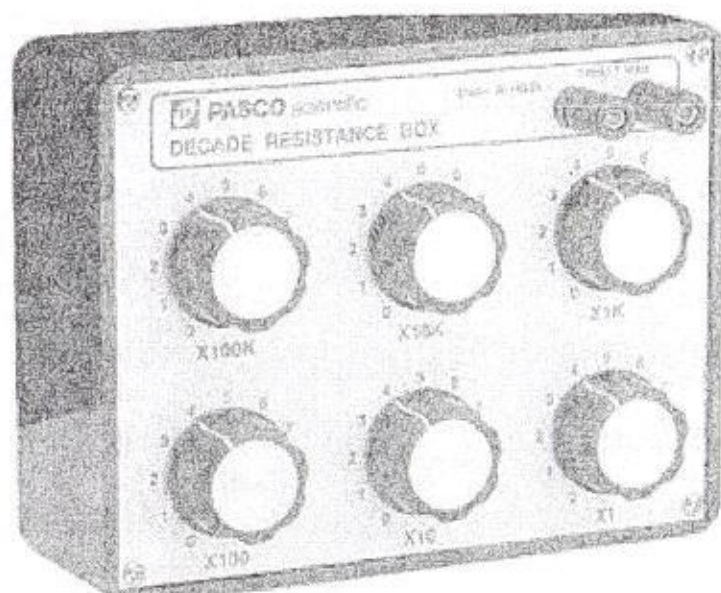
- Không áp đặt điện áp, dòng điện vượt quá giá trị thang đo. Trường hợp đại lượng đo chưa biết, thì hãy đo thăm dò bằng thang đo lớn nhất, rồi rút điện ra để chọn thang thích hợp.

- Đo cường độ dòng điện nhỏ chạy trong đoạn mạch: Sau lỗ "A" bên trong đồng hồ có cầu chì bảo vệ, nếu dòng điện đo vượt quá giá trị thang đo, lập tức cầu chì bị cháy, tất cả các thang đo dòng điện nhỏ ngừng hoạt động cho đến khi một cầu chì mới được thay thế. Điều tai hại tương tự cũng xảy ra nếu chúng ta mắc Ampere kế song song với hai đầu đoạn mạch có hiệu điện thế. Do vậy hãy thận trọng khi sử dụng các thang đo dòng, không để cháy cầu chì.

- Khi đo các đại lượng một chiều thì đầu dây nối với cực âm luôn được nối với lỗ "COM".

4.1.4.5. Biến trở

Biến trở là thiết bị điện dùng để điều chỉnh giá trị của điện trở trong một mạch điện. Biến trở có nhiều loại như biến trở con chạy, biến trở tay quay, ... Bài thí nghiệm này sử dụng biến trở tay quay PASCO PI-9588 như trong Hình 4.1.9.



Hình 4.1.9. Biến trở PASCO PI-9588.

Biến trở gồm có 6 núm: x1, x10, x100, x1K, x10K, x100K. Xung quanh mỗi núm đều có các số từ 0 đến 10. Cách đọc giá trị của biến trở như sau:

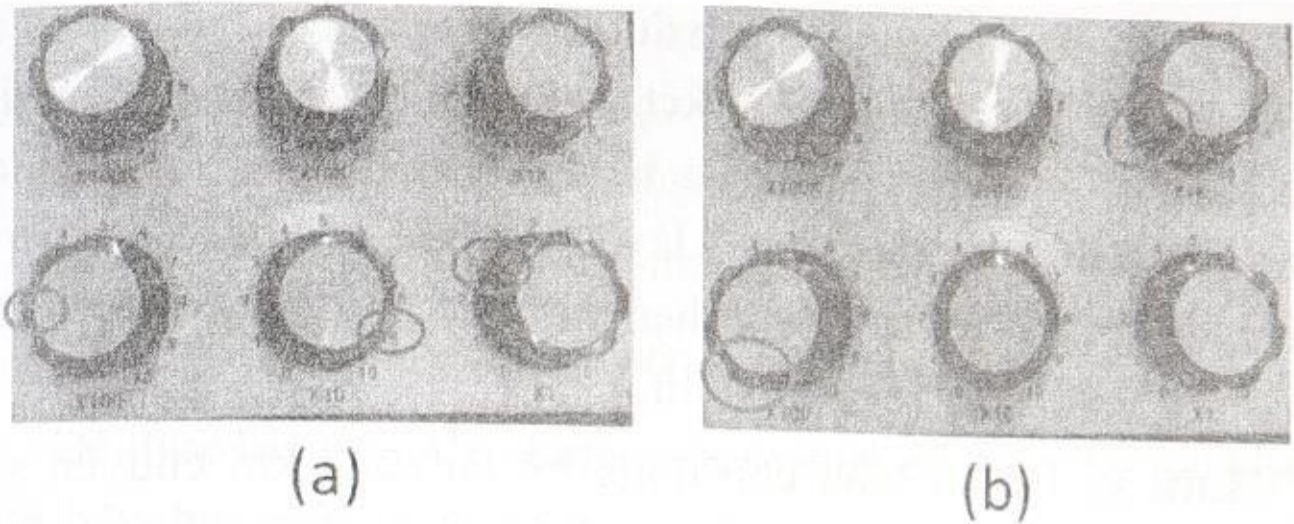
Giá trị của biến trở = (Số chỉ của núm x100K)x(100000Ω) + (Số chỉ của núm x10K)x(10000Ω) + (Số chỉ của núm x1K)x(1000Ω) + (Số chỉ của núm x100)x(100Ω) + (Số chỉ của núm x10)x(10Ω) + (Số chỉ của núm x1)x(1Ω).

Ví dụ: giá trị của biến trở trong Hình 4.1.10(a) được xác định như sau:

$$R_1 = 0 \times 100000 + 0 \times 10000 + 0 \times 1000 + 2 \times 100 + 9 \times 10 + 3 = 293 \Omega.$$

Tương tự, giá trị của biến trở trong Hình 4.1.10(b) được xác định như sau:

$$R_2 = 0 \times 100000 + 0 \times 10000 + 1 \times 1000 + 10 \times 100 + 0 \times 10 + 0 \times 1 = 2000 \Omega.$$



Hình 4.1.10. Ví dụ giá trị biến trở: (a) $R_1 = 293 \Omega$, (b) $R_2 = 2000 \Omega$.

4.1.5. Tiến trình thí nghiệm

4.1.5.1. Xác định giá trị của điện trở

Lưu ý khi đo điện trở:

- Không được đo điện trở trong mạch đang được cấp điện. Vì vậy, trước khi đo điện trở trong mạch hãy tắt nguồn điện.

- Khi đo điện trở nhỏ (cỡ $< 10\Omega$) cần để que đo và chân điện trở tiếp xúc tốt để có kết quả chính xác.

- Khi đo điện trở lớn (cỡ $> 10k\Omega$), tay người không được tiếp xúc đồng thời vào cả 2 que đo.

- Phải kiểm tra thang đo cẩn thận trước khi đo. Không được đo điện áp và dòng điện khi đồng hồ đang ở thang đo điện trở - đồng hồ sẽ hỏng ngay lập tức.

Để thực hiện đo điện trở với đồng hồ đa năng, hãy thực hiện theo các bước sau:

- Bước 1: Xoay núm chọn chức năng đo của đồng hồ đa năng đến thang đo điện trở, được kí hiệu là Ω . Chọn thang đo lớn nhất.

- Bước 2: Que đen cắm cổng chung COM, que đỏ cắm vào cổng V/ Ω .

- Bước 3: Đặt 2 đầu que đo của đồng hồ đa năng vào 2 đầu điện trở (đo song song). Đọc giá trị trên màn hình (đồng hồ hiển thị số) hoặc số chỉ của kim (với đồng hồ kim chỉ thị).

- Bước 4: Nếu giá trị đọc được lớn hơn 80% giá trị của các thang đo nhỏ hơn kế tiếp, ghi kết quả đọc được vào bảng số liệu. Nếu giá trị đọc được trên màn hiển thị bé hơn 80% giá trị của thang đo nhỏ hơn liền kề thì lấy 2 đầu đo ra khỏi điện trở và chuyển đồng hồ đa năng sang thang đo nhỏ hơn để đo được giá trị điện trở với độ chính xác cao hơn.

Lưu ý: Để an toàn cho đồng hồ đa năng khi chuyển sang thang đo nhỏ hơn, số chỉ của đồng hồ khi đo ở thang đo hiện tại phải nhỏ hơn 80% giá trị của thang đo muốn chuyển sang.

- Bước 5: Lặp lại bước 3 và 4 cho đến khi giá trị hiển thị trên màn hình khoảng $\frac{1}{2}$ giá trị cực đại của thang đo (đồng hồ hiển thị số) hoặc độ lệch của kim ở khoảng $\frac{1}{2}$ thang đo (với đồng hồ kim chỉ thị). Đọc kết quả trên màn hiển thị. Ghi kết quả vào bảng số liệu.

- Bước 6: Lặp lại các bước thêm 2 lần.

4.1.5.2. Xác định điện dung của tụ điện sử dụng PEAKTECH 2005

Lưu ý khi đo điện dung:

- Trước khi đo điện dung của một tụ điện, hãy tắt nguồn điện nối với tụ điện đó và giải phóng các điện tích chứa trong tụ.

Để thực hiện đo điện dung của tụ điện sử dụng PEAKTECH 2005, hãy thực hiện theo các bước sau:

- Bước 1: Di chuyển núm chọn chức năng đo của đồng hồ đa năng đến thang đo điện dung, được kí hiệu là F. Chọn thang đo lớn nhất.

- Bước 2: Que đen cắm cổng chung COM, que đỏ cắm vào cổng mA.

- Bước 3: Đặt 2 đầu que đo của đồng hồ đa năng vào 2 đầu tụ điện cần đo (đo song song). Đọc giá trị trên màn hình (đồng hồ hiển thị số) hoặc số chỉ của kim (với đồng hồ kim chỉ thị).

- Bước 4: Thực hiện trình tự giống như khi đo điện trở để chọn thang đo sao cho giá trị đọc được khoảng $\frac{1}{2}$ giá trị cực đại của thang đo. Ghi kết quả vào bảng số liệu.

- Bước 5: Lặp lại bước 3, 4 thêm 2 lần.

4.1.5.3. Xác định độ tự cảm của cuộn cảm sử dụng PEAKTECH 2005

Để thực hiện đo điện dung của tụ điện sử dụng PEAKTECH 2005, hãy thực hiện theo các bước sau:

- Bước 1: Di chuyển núm chọn chức năng đo của đồng hồ đa năng đến thang đo độ tự cảm, được kí hiệu là H. Chọn thang đo lớn nhất.

- Bước 2: Que đen cắm cổng chung COM, que đỏ cắm vào cổng mA.

- Bước 3: Đặt 2 đầu que đo của đồng hồ đa năng vào 2 đầu cuộn cảm cần đo (đo song song). Đọc giá trị trên màn hình (đồng hồ hiển thị số) hoặc số chỉ của kim (với đồng hồ kim chỉ thị).

- Bước 4: Thực hiện trình tự giống như khi đo điện trở để chọn thang đo sao cho giá trị đọc được khoảng $\frac{1}{2}$ giá trị cực đại của thang đo. Ghi kết quả vào bảng số liệu.

- Bước 5: Lặp lại bước 3, 4 thêm 2 lần.

4.1.5.4. Đo cường độ dòng điện

Người học thiết kế và lắp đặt một mạch điện gồm có một nguồn điện, một điện trở và một khóa K. Đo cường độ dòng điện chạy qua điện trở đó.

Lưu ý khi đo dòng điện:

- Phải kiểm tra thang đo cẩn thận trước khi đo. Không được đo dòng điện khi đồng hồ đang ở thang đo điện trở - đồng hồ sẽ hỏng ngay lập tức.

- Không nối trực tiếp hai que đo của đồng hồ đa năng vào nguồn điện khi đồng hồ đa năng ở chế độ đo dòng điện hoặc đo điện trở.

- Dòng điện đi qua đồng hồ đa năng cần đi theo chiều: đi vào từ que đỏ và đi ra ở que đen.

Để thực hiện đo dòng điện, hãy thực hiện theo các bước sau:

- Bước 1: Di chuyển núm chọn chức năng của đồng hồ đa năng đến thang đo dòng điện, kí hiệu A. Chọn thang đo phù hợp. Nếu không ước lượng được giá trị của dòng điện, chọn thang đo lớn nhất.

- Bước 2: Que đen cắm cổng chung COM. Que đỏ cắm vào cổng A nếu dòng điện nhỏ hơn 10 A. **Lưu ý: Chỉ cắm que đỏ vào cổng mA khi biết chắc dòng điện NHỎ hơn 200 mA.**

- Bước 3: Nếu dòng điện cần đo là dòng điện một chiều, chọn chế độ DC, nếu là dòng điện xoay chiều, chọn chế độ AC.

- Bước 4: Ngắt nguồn của mạch điện cần đo. Mắc 2 đầu que đo của đồng hồ đa năng nối tiếp mạch điện cần đo dòng điện (đo nối tiếp).

- Bước 5: Đóng nguồn cho mạch điện. Đọc giá trị trên màn hình (đồng hồ hiển thị số) hoặc số chỉ của kim (với đồng hồ kim chỉ thị).

- Bước 6: Nếu giá trị đọc được lớn hơn 80% giá trị của các thang đo nhỏ hơn kế tiếp, ghi kết quả đọc được vào bảng số liệu. Nếu giá trị đọc được trên màn hiển thị bé hơn 80% giá trị của thang đo nhỏ hơn kế tiếp thì lấy 2 đầu đo ra khỏi mạch điện và chuyển đồng hồ đa năng sang thang đo nhỏ hơn để đo được cường độ dòng điện với độ chính xác cao hơn.

Lưu ý: Để an toàn cho đồng hồ đa năng khi chuyển sang thang đo nhỏ hơn, số chỉ của đồng hồ khi đo ở thang đo hiện tại phải nhỏ hơn 80% giá trị của thang đo muốn chuyển sang.

- Bước 7: Lặp lại bước 6 cho đến khi giá trị hiển thị trên màn hình khoảng $\frac{1}{2}$ giá trị cực đại của thang đo (đồng hồ hiển thị số) hoặc độ lệch của kim ở khoảng $\frac{1}{2}$ thang đo (với đồng hồ kim chỉ thị). Đọc kết quả trên màn hiển thị. Ghi kết quả vào bảng số liệu.

- Bước 8: Lặp lại các bước thêm 2 lần.

4.1.5.5. Đo hiệu điện thế

Đo hiệu điện thế trên hai đầu điện trở ở mạch được lắp đặt trong nội dung 4.1.5.4.

Để thực hiện đo hiệu điện thế hay điện áp, hãy thực hiện theo các bước sau:

- Bước 1: Di chuyển núm chọn chức năng của đồng hồ đa năng đến thang đo hiệu điện thế, kí hiệu là V. Chọn thang đo phù hợp. Nếu không ước lượng được giá trị của hiệu điện thế, chọn thang đo lớn nhất.

- Bước 2: Que đen cắm công chung COM. Que đỏ cắm vào công V.

- Bước 3: Nếu hiệu điện thế cần đo là hiệu điện thế một chiều, chọn chế độ DC, nếu là hiệu điện thế xoay chiều, chọn chế độ AC.

- Bước 4: Mắc 2 đầu que đo của đồng hồ đa năng song song đoạn mạch cần đo hiệu điện thế (đo song song). Đọc giá trị trên màn hình (đồng hồ hiển thị số) hoặc số chỉ của kim (với đồng hồ kim chỉ thị).

- Bước 5: Chọn thang đo phù hợp sao cho giá trị đọc được khoảng $\frac{1}{2}$ giá trị của thang đo. Ghi kết quả vào bảng số liệu. Lặp lại thí nghiệm thêm 2 lần.

4.1.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

4.1.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

4.1.6.2. Phân tích kết quả

Xử lý số liệu thu được để thực hiện các yêu cầu sau:

- Nhận xét các kết quả thí nghiệm thu được. So sánh với giá trị ghi trên các điện trở, tụ điện và cuộn cảm.
- Kiểm tra biểu thức của định luật Ohm.

4.1.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

4.2. Xác định điện trở bằng phương pháp cầu Wheatstone

4.2.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được các phương án thí nghiệm để đo giá trị của một điện trở chưa biết.
- Giải thích được hoạt động của mạch cầu Wheastone;
- Sử dụng được mạch cầu wheastone để đo giá trị của một điện trở bất kì với độ chính xác cao;
- Kiểm chứng được công thức tính tổng trở cho mạch có hai điện trở mắc nối tiếp và mắc song song;
- Phân tích, nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

4.2.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Liệt kê các phương pháp có thể sử dụng để đo giá trị của một điện trở chưa biết.

Câu hỏi 3: Vẽ sơ đồ mạch cầu Wheastone dùng để xác định giá trị một điện trở R_x chưa biết. Giải thích hoạt động của sơ đồ mạch trên.

Câu hỏi 4: Để mạch cầu nhanh trở về trạng thái cân bằng, ta cần điều chỉnh biến trở từ núm chỉnh có giá trị lớn đến núm chỉnh có giá trị nhỏ hay ngược lại? Vì sao?

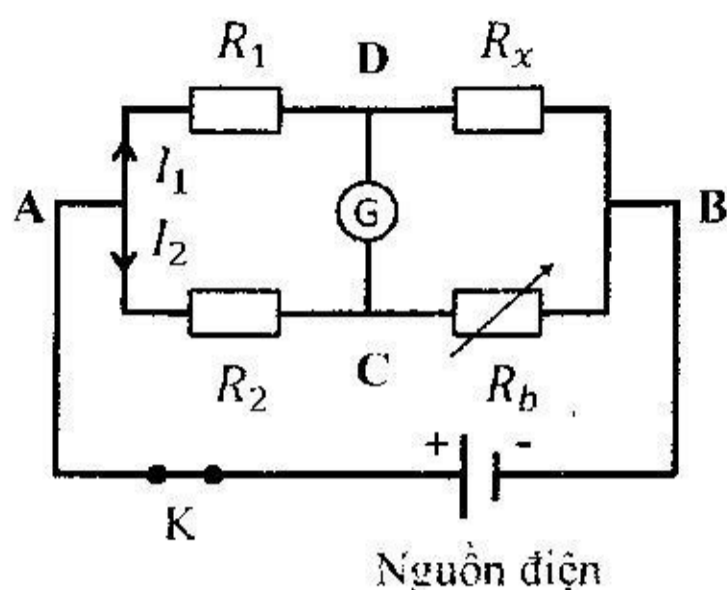
Câu hỏi 5: Vẽ sơ đồ mạch cầu Wheastone được sử dụng để đo điện trở tương đương của hai điện trở R_{x1} và R_{x2} mắc nối tiếp và sơ đồ mạch cầu Wheastone được sử dụng để đo điện trở tương đương của hai điện trở R_{x1} và R_{x2} mắc song song.

4.2.3. Cơ sở lý thuyết

Đo điện trở bằng mạch cầu Wheatstone là một phương pháp chính xác và phổ biến trong các phòng thí nghiệm vật lý.

Sơ đồ mạch cầu gồm hai đoạn mạch ACB và ADB mắc song song được nối với nguồn điện như mô tả trong Hình 4.2.1. Hai đoạn mạch này có hai điện trở đã biết trị số R_1 và R_2 , một biến trở R_b và một điện trở R_x cần đo. Điểm C và D nối với nhau bằng một ampe kế G. Đoạn mạch CGD gọi là cầu. Nguồn điện được sử dụng trong bài này là nguồn một chiều. Khi đóng khóa K, điện thế ở hai điểm C và D khác nhau. Khi đó, trong mạch cầu có dòng điện chạy qua, kim chỉ thị của ampe kế lệch khỏi vị trí cân bằng (vị trí số 0) của nó. Tuy nhiên ta có thể chọn được những giá trị của biến trở R_b sao cho điện thế tại hai điểm C và D bằng nhau. Khi đó,

dòng điện chạy qua ampe kế bằng 0 (kim ampe kế chỉ số 0), hay cầu đã cân bằng.



Hình 4.2.1. Sơ đồ mạch cầu Wheatstone.

Khi cầu cân bằng, ta có:

$$U_{AD} = U_{AC} \text{ và } U_{DB} = U_{CB}$$

với U_{AD} , U_{AC} , U_{DB} và U_{CB} lần lượt là hiệu điện thế giữa hai đầu các đoạn mạch AD, AC, DB và CB. Áp dụng định luật Ohm đối với các đoạn mạch nói trên. Ta có:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (4.2.1)$$

$$I_1 R_x = I_2 R_b \quad (4.2.2)$$

trong đó I_1 và I_2 là cường độ dòng điện chạy trong các nhánh ADB và ACB. Từ biểu thức (4.2.1) và (4.2.2) suy ra:

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_b \quad (4.2.3)$$

Từ biểu thức (4.2.3), ta thấy có hai cách điều chỉnh cho cầu cân bằng:

- Cách thứ nhất: Đặt R_b một giá trị xác định rồi thay đổi tỉ số R_1/R_2


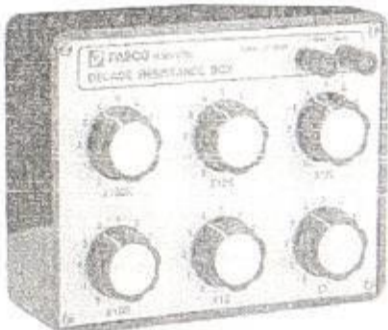
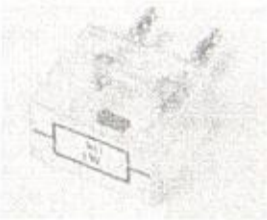

- Cách thứ hai: Đặt tỉ số R_1/R_2 xác định rồi thay đổi giá trị của R_b .

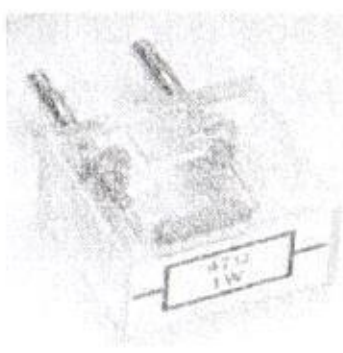
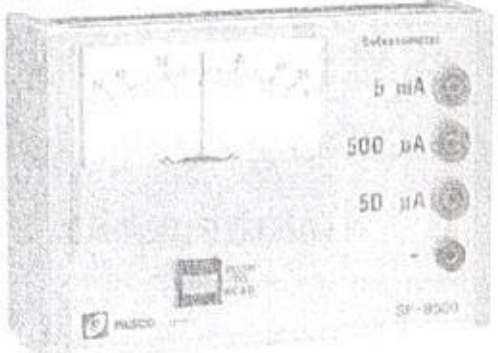
Trong bài thí nghiệm này ta làm theo cách thứ hai. Điện trở mẫu R_b là một hộp điện trở có giá trị đầu ra thay đổi được từ $0 \rightarrow \sim 10^7 \Omega$. Để tận dụng hết thang đo R_b và nhằm tăng tính chính xác

của phép đo, ta nên chọn các điện trở R_1 và R_2 sao cho $R_2 > R_1$. Khi biết trị số R_1 và R_2 (hoặc tỉ số giữa chúng) và R_b thì ta tính được trị số R_x theo công thức (4.2.3). Như vậy, thực chất của phương pháp đo điện trở bằng cầu Wheatstone là so sánh điện trở chưa biết R_x với điện trở mẫu R_b . Các điện trở R_1 , R_2 , và R_b được chế tạo với độ chính xác cao và đồng hồ đa năng rất nhạy cho phép ta xác định chính xác trị số điện trở cần đo R_x .

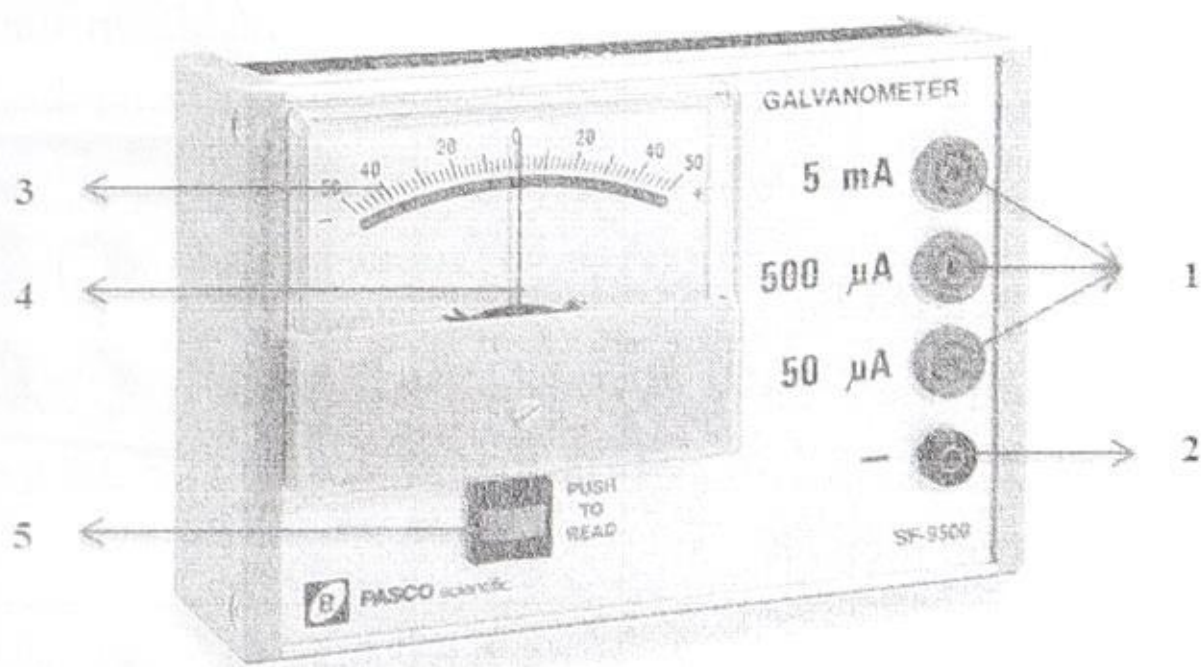
4.2.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Bảng lắp ráp có đục lỗ	1	
2	Biến trở R_b	1	
3	Nguồn điện DC	1	
4	Điện trở cần đo (R_{x1} và R_{x2}) ($R_{x1}, R_{x2} < 1000 \Omega$)	2	
5	Khoá K	1	

6	Điện trở mẫu R_1, R_2, R_3	3	
7	Ampere chính xác 2 chiều (PASCO GALVANOMETER SF-9500)	1	
8	Dây nối	Đủ dùng	

Ampere kế PASCO GALVANOMETER SF-9500



Hình 4.2.2: Mặt trước của Ampere kế PASCO GALVANOMETER SF-9500.

- (1) Lỗ cắm riêng cho từng giá trị thang đo cường độ dòng điện (cực dương): giá trị ghi bên mỗi lỗ cắm là giá trị cực đại mà cường độ dòng điện có thể đo được.
- (2) Lỗ cắm chung (cực âm).
- (3) Thang đo: phụ thuộc vào cực dương cắm vào lỗ cắm nào ở (1).

Ví dụ:

- Cắm vào lỗ 5 mA thì giá trị 50 trên thang đo sẽ tương ứng với 5 mA. 20 tương ứng với 2 mA. 40 tương ứng với 4 mA.

- Cắm vào lỗ 500 μA thì giá trị 50 trên thang đo tương ứng 500 μA , 20 tương ứng với 200 μA , 40 tương ứng với 400 μA .

(4) Kim chỉ thị.

(5) Nút PUSH TO READ: nhấn giữ để xem độ lệch của giá trị cần đo, đọc giá trị chính xác hơn.

4.2.5. Tiến trình thí nghiệm

4.2.5.1. Xác định giá trị của điện trở R_{x1}

- Bước 1: Thiết kế các bảng số liệu.

- Bước 2: Chọn các điện trở R_1 và R_2 sao cho $R_2 > R_1$. Đưa giá trị của biến trở R_b về 0.

- Bước 3: Mắc mạch điện theo sơ đồ Hình 4.2.1. Đưa ampe kế đến thang đo lớn nhất.

- Bước 4: Bật nguồn và tăng giá trị hiệu điện thế U đến 10 V.

- Bước 5: Điều chỉnh biến trở R_b để kim điện kế trở về số 0.

- Bước 6: Chuyển ampe kế sang thang đo nhỏ hơn và lặp lại bước 5.

- Bước 7: Chuyển ampe kế sang thang đo nhỏ nhất và lặp lại bước 5.

- Bước 8: Nhấn, giữ nút PUSH TO READ trên ampe kế và quan sát độ lệch của kim ampe kế. Nếu kim bị lệch khỏi vạch 0, điều chỉnh biến trở sao cho kim về gần vạch 0 nhất.

- Bước 9: Ghi lại giá trị của R_1 , R_2 và R_b vào bảng 4.2.1. Tính toán giá trị của R_{x1} theo công thức (4.2.3).

- Bước 10: Lặp lại các bước 1 đến 9 cho 2 giá trị khác của R_1 và R_2 . Lưu ý lựa chọn giá trị của R_1 và R_2 sao cho $R_b > R_{x1}$

4.2.5.2. Xác định giá trị của điện trở R_{x2}

- Bước 11: Thay điện trở R_{x1} bằng điện trở R_{x2} . Lặp lại bước 1 đến bước 10 trong phần 4.2.5.1.

4.2.5.3. Xác định giá trị của hệ R_{x1} mắc nối tiếp R_{x2}

- Bước 12: Thay điện trở R_{x2} bằng hệ R_{x1} mắc nối tiếp R_{x2} . Lặp lại bước 1 đến bước 10 trong phần 4.2.5.1.

4.2.5.4. Xác định giá trị của hệ R_{x1} mắc song song R_{x2}

- Bước 13: Thay điện trở R_{x2} bằng hệ R_{x1} mắc song song R_{x2} . Lặp lại bước 1 đến bước 10 trong phần (4.2.5.1).

- Bước 14: Tháo rời tất cả các dụng cụ thí nghiệm đã được lắp ráp. Đưa các dụng cụ thí nghiệm về vị trí ban đầu.

4.2.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

4.2.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

4.2.6.2. Phân tích kết quả

Xử lý số liệu thu được để thực hiện các yêu cầu sau:

- Tính toán giá trị trung bình, sai số của R_{x1} , R_{x2} , $R_{x1} \text{ nt } R_{x2}$, $R_{x1} // R_{x2}$.

- Xác định tổng trở mắc nối tiếp và song song của hai điện trở theo công thức lý thuyết.

- Nhận xét các kết quả thí nghiệm thu được.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

4.2.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

4.3. Xác định công suất tiêu thụ của bóng đèn dây tóc

4.3.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Giải thích được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của công tơ điện 1 pha;

- Đo được công và công suất tiêu thụ thực tế của một thiết bị điện dựa vào công tơ điện;

- Phân tích, nhận xét được kết quả thí nghiệm;

- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo;

- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;

- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;

- Phát triển tư duy phân tích và phản biện;

- Tự giác và tích cực trong việc bảo vệ an toàn cho bản thân, người khác và dụng cụ trong quá trình thực hành thí nghiệm.

4.3.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, sinh viên phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Nêu mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm? Để đạt được mục tiêu đó, bài thí nghiệm này sử dụng phương pháp đo nào?

Câu hỏi 2: Nêu cấu tạo và nguyên lý hoạt động của công tơ điện 1 pha? Ý nghĩa các thông số trên mặt trước của công tơ điện 1 pha?

Câu hỏi 3: Hãy vẽ sơ đồ nguyên lý của công tơ điện 1 pha và giải thích hoạt động của nó.

Câu hỏi 4: Hãy viết biểu thức và giải thích cách đo công, công suất tiêu thụ của một thiết bị điện bằng công tơ điện.

Câu hỏi 5: Hãy vẽ sơ đồ nguyên lý và sơ đồ lắp đặt của một mạch điện gia đình cơ bản gồm: 1 công tơ điện 1 pha, 1 automat.

1 ổ cắm, 2 công tắc điều khiển 2 bóng đèn. Giải thích hoạt động của sơ đồ trên.

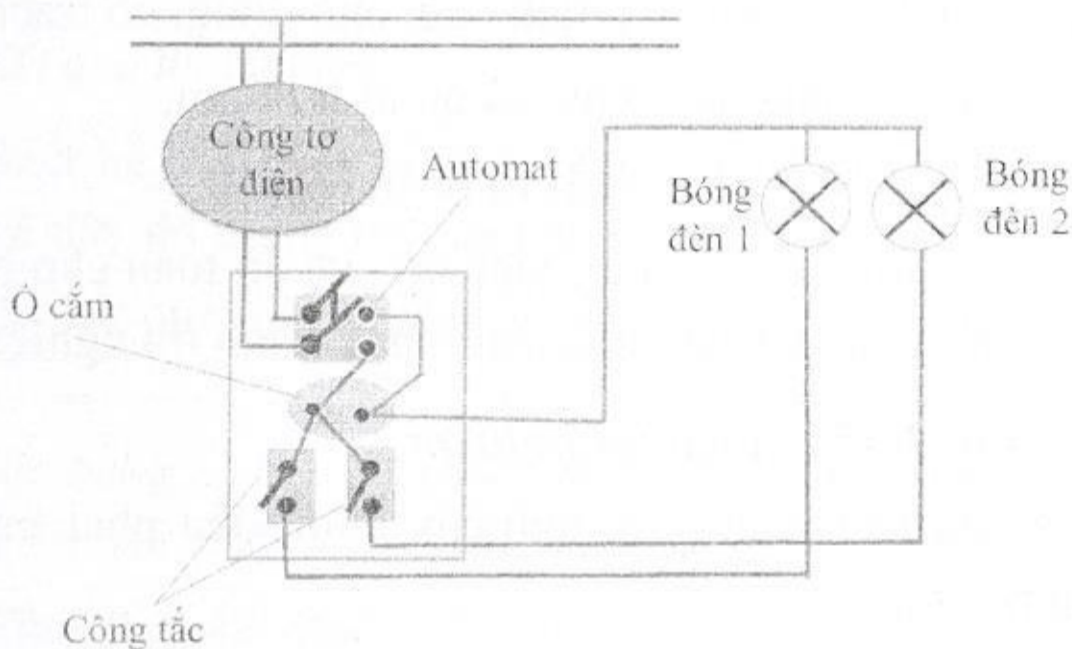
Câu hỏi 6: Vì sao phải mắc automat cho mạch điện? Nên mắc automat ở vị trí nào trong mạch để phát huy tác dụng của nó?

Câu hỏi 7: Hiện tại trên thị trường có rất nhiều loại automat. Chúng ta nên dựa vào tiêu chí nào để chọn mua một automat phù hợp với nhu cầu của gia đình?

Câu hỏi 8: Giải thích ý nghĩa của các thông số ghi trên một bóng đèn điện?

4.3.3. Cơ sở lý thuyết

Sơ đồ mạch điện gia đình đơn giản gồm có một công tơ điện, một automat, một ổ cắm, hai công tắc, và hai bóng đèn được chỉ ra như trong Hình 4.3.1.



Hình 4.3.1. Sơ đồ mạch điện gia đình đơn giản.

LƯU Ý: khi mắc mạch điện, tất cả các điểm nối dây phải được đưa vào bên các thiết bị như automat, ổ cắm, công tắc, hoặc bóng đèn. Không để các mối nối phía sau bảng điện, gây nguy hiểm cho người sử dụng.


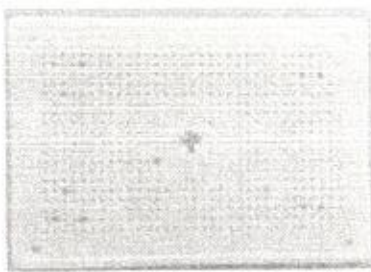

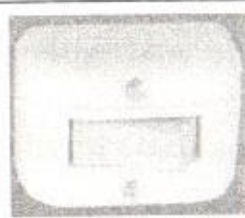

Khi cho dòng điện chạy qua công tơ điện, đĩa nhôm trên công tơ sẽ quay. Tốc độ quay của đĩa nhôm tỉ lệ thuận với cường độ dòng điện chạy qua phụ tải. Lượng điện năng (năng lượng) tiêu thụ A của một phụ tải trong khoảng thời gian t sẽ được tính toán

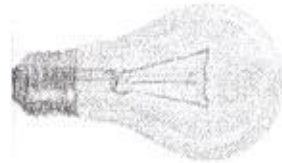


dựa trên số chỉ thị trên công tơ (với lượng điện tiêu thụ lớn, trong thời gian dài) hoặc số vòng quay của đĩa nhôm (với lượng điện tiêu thụ nhỏ, trong thời gian ngắn). Công suất tiêu thụ P của phụ tải được tính theo biểu thức:

$$P = \frac{A}{t} \quad (4.3.1)$$

4.3.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Công tơ điện 1 pha	01	
2	Bảng điện nhựa	01	
3	Automat	01	
4	Công tắc	02	
5	Ổ cắm	01	

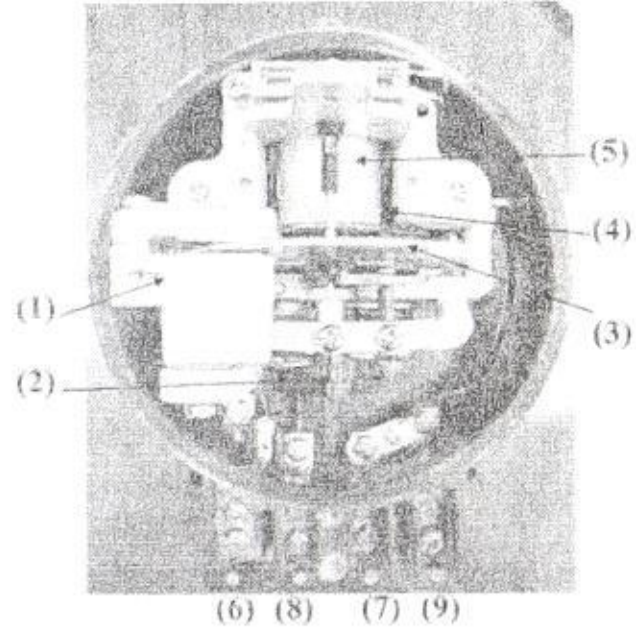
6	Bóng đèn dây tóc	02	
7	Dây điện	đủ dùng	
8	Đồng hồ bấm giây	01	

Giới thiệu về công tơ điện 1 pha

i) Cấu tạo của công tơ điện 1 pha



(a)



(b)

Hình 4.3.2. (a) Mặt trước và (b) Cấu tạo bên trong của công tơ điện 1 pha.

Mặt trước và cấu tạo bên trong của công tơ điện 1 pha được chỉ ra trong Hình 4.3.2. Các bộ phận chính giúp cho công tơ hoạt động được chỉ ra trong Hình 4.3.2b bao gồm:

- (1). Nam châm vĩnh cửu đặt trên đĩa nhôm.
- (2). Cuộn dây dòng điện: được mắc nối tiếp với phụ tải, có số vòng dây ít, tiết diện dây lớn.
- (3). Đĩa nhôm: được gắn trên trục, quay tự do giữa các cuộn dây và khe hở giữa nam châm, trục có liên kết với bộ hộp số các răng cưa.

(4). Cuộn điện áp: được mắc song song với phụ tải có số vòng dây lớn, tiết diện dây nhỏ.

(5). Trục quay đĩa nhôm gắn bộ quay chỉ thị số.

(6). Đầu vào pha nóng.

(7). Đầu vào pha nguội.

(8). Đầu ra pha nóng.

(9). Đầu ra pha nguội.

ii) Nguyên lí hoạt động

- Khi có dòng điện cần đo đi vào cuộn dây dòng điện tạo ra từ thông tỉ lệ với dòng điện. Cuộn shunt nối với nguồn điện tạo ra từ thông tỉ lệ với điện áp. Hai từ thông này trễ nhau 90 độ do tính chất dòng điện cảm. Lúc này đĩa nhôm sẽ quay, dòng tải càng lớn đĩa quay càng nhanh.

- Nam châm vĩnh cửu được đặt trên một mặt của đĩa, tạo ra một moment hãm trên đĩa nhôm đó là những dòng điện xoáy (dòng Foucault) bên trong đĩa quay, giúp đĩa không quay nhanh hay chậm hơn so với tải.

- Trục của đĩa nhôm được liên kết với các bánh răng của hộp số tương ứng tỷ lệ với số vòng quay của đĩa. Từ đó, hộp số sẽ nhảy số theo số lượng vòng quay của đĩa nhôm này và hiển thị theo kWh.

Lưu ý: Cơ cấu đếm là hệ thống bánh răng xe thập phân, còn gọi là bộ chỉ số. Mỗi bánh xe có mười số và một vấu. Bánh xe bên phải quay hết một vòng (mười số) sẽ kéo bánh xe bên trái đi một vấu (một số). Số bánh xe bằng số con số có nghĩa của phép đo.

iii) Các thông số mặt trước công tơ điện

Ý nghĩa các thông số:

+ **220 V**: điện áp định mức của công tơ.

+ **5(20) A**: Dòng điện định mức của công tơ là 5A. Có thể sử dụng quá tải đến 20A mà vẫn đảm bảo độ chính xác. Nếu sử dụng quá 20A thì công tơ chạy không đảm bảo chính xác và có thể

hông. Các dòng điện 10(40) A, 20(80) A, 40(120) A cũng tương tự.

+ **900 vòng/kWh**: Đĩa công tơ quay 900 vòng thì tương ứng với công tiêu thụ 1 kWh..

+ **Cấp 2**: Cấp chính xác của công tơ. Sai số 2% toàn dải đo. Tương tự cho cấp 1, cấp 0.5. (Cấp càng nhỏ càng chính xác).

+ **50Hz**: Tần số lưới điện.

iv) Cách đọc chỉ số công tơ điện 1 pha

+ Công tơ 1 pha có **6 chữ số**. 5 chữ số màu **đen** và 1 chữ số cuối cùng màu **đỏ**. Chữ số màu đỏ có giá trị 1/10 kWh. Còn các chữ số màu đen ghép lại có giá trị từ 00000 → 99999 kWh.

+ Giả sử dãy số là 234567 thì giá trị cần đọc là 23456.7 kWh. Thông thường ta chỉ đọc là 23456 kWh, bỏ qua phần thập phân.

4.3.5. Tiến trình, kết quả và báo cáo thí nghiệm

Dựa vào cơ sở lí thuyết, người học thảo luận nhóm và thực hiện các nhiệm vụ sau đây:

- Thiết kế sơ đồ mạch điện dùng để lắp đặt mạng điện sinh hoạt của một căn phòng gồm các thiết bị: 01 công tơ điện 1 pha, 01 aptomat, 01 ổ cắm điện, 02 bóng đèn điện và 02 công tắc điều khiển 02 bóng đèn.

- Xây dựng tiến trình thí nghiệm để xác định công suất tiêu thụ của 02 bóng đèn trên cơ sở sử dụng các dụng cụ đã cho;

- Lắp đặt các dụng cụ và tiến hành thí nghiệm theo tiến trình đã xây dựng;

- Thiết kế bảng số liệu phù hợp với yêu cầu, tiến trình thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Thu thập và xử lí số liệu để xác định công suất tiêu thụ của các bóng đèn;

- Phân tích các kết quả thu được, đối sánh với các phương pháp khác có thể sử dụng để xác định công suất của bóng đèn;

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint. Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm;

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

4.4. Khảo sát từ trường của cuộn dây Helmholtz

4.4.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

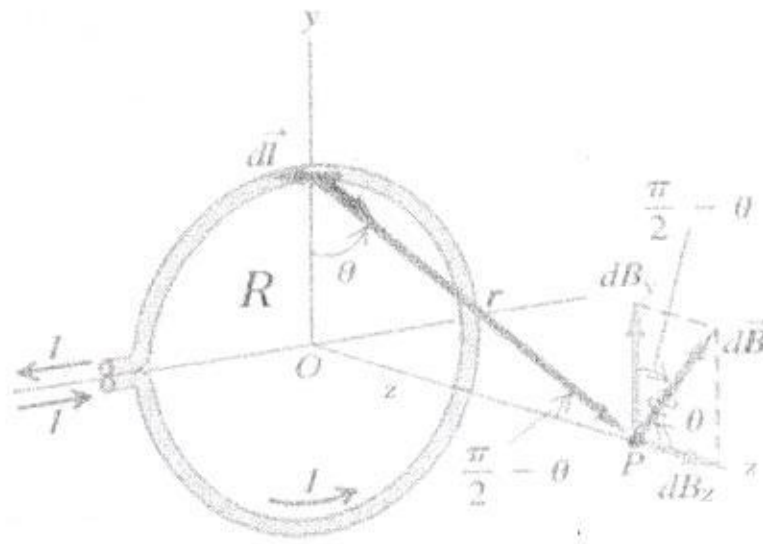
- Thiết lập được công thức tính từ trường tại tâm của cuộn dây Helmholtz;
- Mô tả được từ trường tạo ra bởi dòng điện trong cuộn dây Helmholtz;
- Thiết kế phương án khảo sát sự phân bố của từ trường trong không gian giữa hai cuộn dây Helmholtz;
- Phân tích, nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Phát triển được kỹ năng làm việc nhóm, thuyết trình, và công nghệ thông tin;
- Phát triển tư duy phân tích và phân biện;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm.

4.4.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

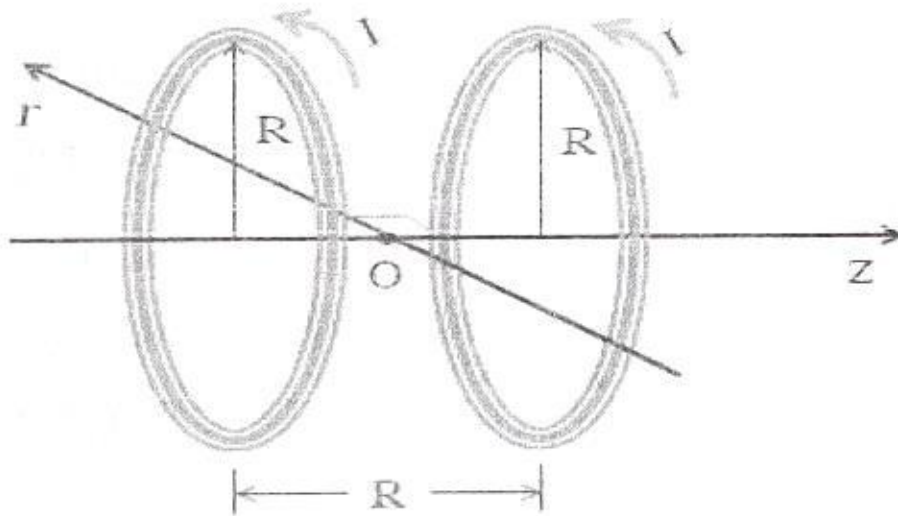
Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Cho một vòng dây tròn bán kính R , mang dòng điện cường độ I như hình vẽ. Thiết lập biểu thức tính cảm ứng từ tại điểm P nằm trên trục của vòng dây, cách tâm vòng dây một đoạn z như trong Hình 4.4.1.



Hình 4.4.1. Cảm ứng từ gây bởi một vòng dây [24].

Câu hỏi 3: Cuộn dây Helmholtz bao gồm hai cuộn dây điện hình tròn giống hệt nhau được đặt đối xứng dọc theo một trục chung và cách nhau một khoảng bằng bán kính của cuộn dây. Mỗi cuộn dây có bán kính R , có N vòng dây và mang một dòng điện không đổi I cùng chiều như Hình 4.4.2. Hãy xác định **phương, chiều, và độ lớn** cảm ứng từ tại điểm O nằm tại trung điểm của đường nối tâm của hai cuộn dây như trong Hình 4.4.2.



Hình 4.4.2. Sơ đồ bố trí của cuộn dây Helmholtz.

Câu hỏi 4: Vẽ hình mô tả đường sức từ của cuộn dây Helmholtz khi có dòng điện chạy qua. Giải thích.

Câu hỏi 5: Chọn gốc tọa độ tại tâm O của cuộn dây Helmholtz. Vẽ (định tính) đồ thị mô tả sự phụ thuộc của từ trường $B(z, 0)$ của cuộn dây Helmholtz dọc theo trục z khi $r = 0$, trong khoảng $-2R \leq z \leq 2R$. Giải thích đồ thị.

Câu hỏi 6: Chọn gốc tọa độ tại tâm O của cuộn dây Helmholtz. Vẽ (định tính) đồ thị mô tả sự phụ thuộc của từ trường $B(0, r)$ của cuộn dây Helmholtz dọc theo trục r khi $z = 0$, trong khoảng $-2R \leq r \leq 2R$. Giải thích đồ thị.

Câu hỏi 7: Từ biểu thức thu được trong câu 3, hãy vẽ đồ thị mô tả sự phụ thuộc của từ trường $B(0,0)$ tại tâm O của cuộn dây Helmholtz theo dòng điện trong khoảng $0 \leq I \leq 3,5$ A. Giải thích đồ thị.

Câu hỏi 9: Vẽ sơ đồ mạch điện sẽ mắc để khảo sát từ trường của cuộn dây Helmholtz. Giải thích vai trò của các thiết bị trong sơ đồ.

4.4.3. Cơ sở lý thuyết

4.4.3.1. Từ trường của một vòng dây mang dòng điện

Xét một vòng dây tròn bán kính R , mang dòng điện cường độ I như Hình 4.4.1. Phần tử dòng điện $I \vec{dl}$ trên vòng dây gây ra tại P một cảm ứng từ:

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0 I \vec{dl} \times \hat{r}}{4\pi r^2} = \vec{dB}_z + \vec{dB}_y$$

Tổng hợp từ trường tại P do cả vòng dây gây ra:

$$\vec{B} = \int \vec{dB} = \int \vec{dB}_z + \int \vec{dB}_y$$

Do tính chất đối xứng tâm nên $\int \vec{dB}_y = 0$. Vì vậy, cảm ứng từ tại P sẽ có phương theo trục z và có độ lớn:

$$B = \int dB_z = \int dB \cos \theta = \int \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} \cos \theta$$

Thay $\cos \theta = R/r$; $r = \sqrt{R^2 + z^2}$ và thực hiện biến đổi, cảm ứng từ tổng hợp tại điểm P có dạng:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (4.4.1)$$

4.4.3.2. Từ trường của cuộn dây Helmholtz

Cuộn dây Helmholtz, lấy theo tên của nhà vật lí người Đức Hermann von Helmholtz (1821-1894), gồm hai cuộn dây điện hình tròn giống nhau được đặt đối xứng dọc theo một trục chung và cách nhau một khoảng bằng bán kính của cuộn dây. Mỗi cuộn dây có bán kính R , có N vòng dây và mang một dòng điện không đổi I cùng chiều như Hình 4.4.2. Gọi điểm O , trung điểm của đoạn nối tâm 2 cuộn dây là tâm của cuộn dây Helmholtz, trục Oz dọc theo đường nối tâm hai cuộn dây và chiều dương hướng qua phải. Khi có dòng điện, cảm ứng từ B_t tại một điểm P trên trục Oz của cuộn dây Helmholtz do cuộn dây bên trái gây ra có dạng:

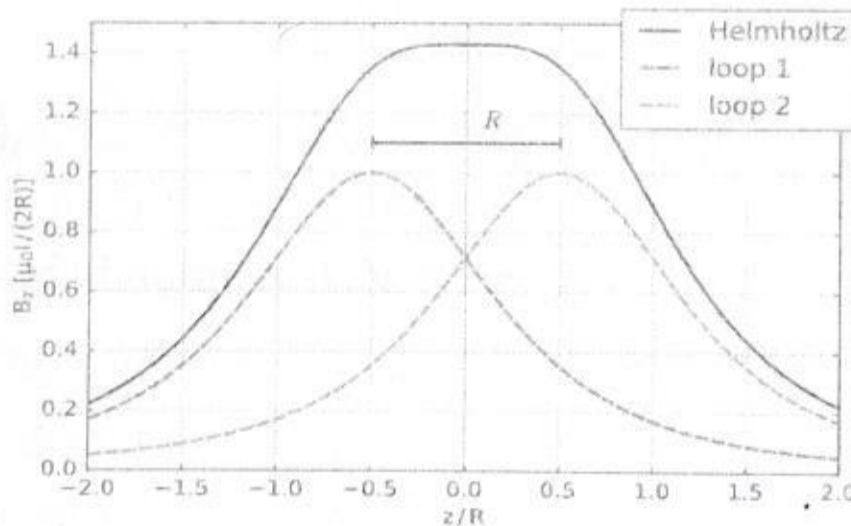
$$B_t = \frac{\mu_0 NI}{2} \frac{R^2}{\left[R^2 + \left(\frac{R}{2} + z \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}$$

Cảm ứng từ B_p tại P do cuộn dây bên phải gây ra có dạng:

$$B_p = \frac{\mu_0 NI}{2} \frac{R^2}{\left[R^2 + \left(\frac{R}{2} - z \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}$$

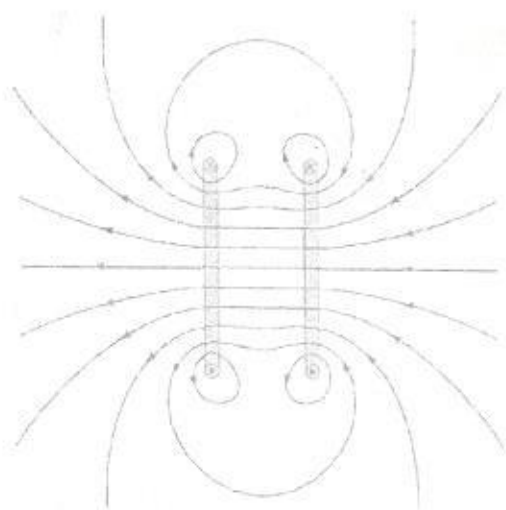
Dòng điện trong cuộn dây Helmholtz có cùng chiều nên $\vec{B}_t \uparrow \uparrow \vec{B}_p$. Tại tâm O của cuộn dây Helmholtz, $z = 0$, cảm ứng từ tổng hợp B có dạng:

$$B = B_t + B_p = \left(\frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 NI}{R} \quad (4.4.2)$$



Hình 4.4.3. Sự phụ thuộc của cảm ứng từ của từng cuộn dây và tổng hợp của cuộn dây Helmholtz dọc theo trục z [25].

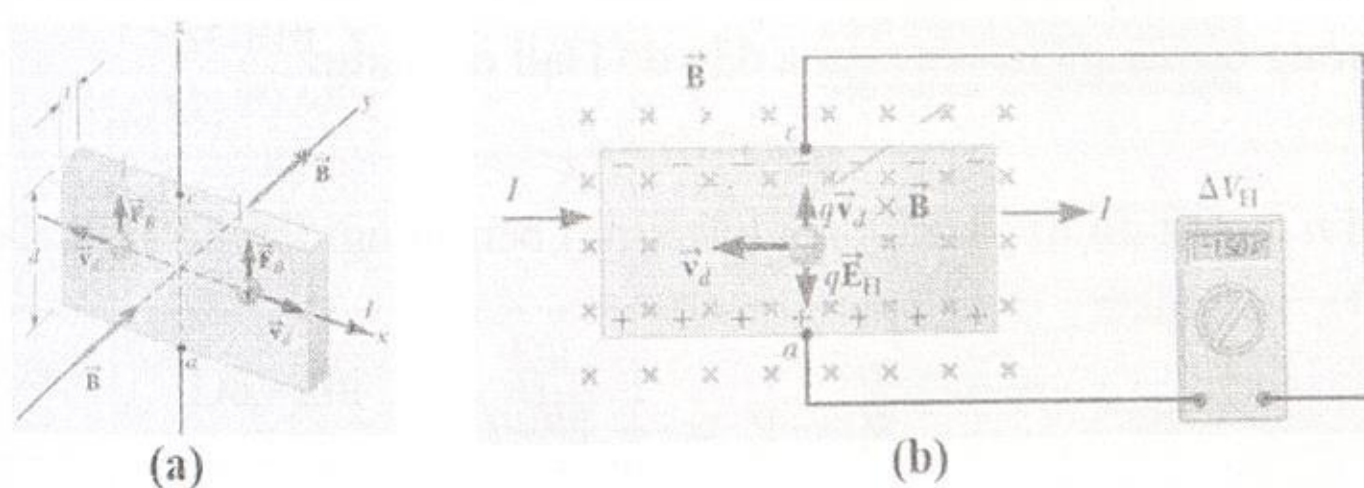
Cảm ứng từ của từng cuộn dây và của cuộn dây Helmholtz dọc theo trục z được mô tả trong Hình 4.4.3. Hình ảnh đường sức từ được biểu diễn như trong Hình 4.4.4. Bên trong của hai cuộn dây, từ trường được xem là đều. Vì vậy, cuộn dây Helmholtz thường được dùng để tạo ra những vùng không gian có từ trường đều và mạnh.



Hình 4.4.4. Đường sức từ trường của cuộn dây Helmholtz [25].

4.4.3.3. Nguyên lý đo từ trường bằng đầu đo Hall

Đầu đo từ trường có bộ phận chính là đầu đo Hall và hoạt động theo nguyên lý của hiệu ứng Hall. Đầu đo Hall là một vật dẫn hoặc một chất bán dẫn đơn tinh thể dạng hình khối hộp chữ nhật có chiều rộng d , bề dày t . Giả sử đầu đo Hall được đặt trong một từ trường đều có vectơ cảm ứng từ \vec{B} hướng theo phương y và có dòng điện I_H chạy theo phương x như mô tả trong Hình 4.4.5(a).



Hình 4.4.5. Nguyên lý hoạt động của đầu đo từ trường theo hiệu ứng Hall [24].

Nếu hạt mang điện là các electron chuyển động ngược chiều x với vận tốc \vec{v}_d thì chúng sẽ chịu tác dụng bởi lực từ (lực Lorentz) có biểu thức: $\vec{F}_B = -e(\vec{v} \times \vec{B})$ hướng lên phía trên và có

độ lớn: $F_B = ev_d B$. Lực từ kéo các electron chuyển động lên phía trên làm cho phần mặt trên của vật dẫn tích điện âm và phần mặt dưới thiếu electron nên tích điện dương. Sự tích tụ của các điện tích trái dấu ở hai mặt của đầu do Hall tạo ra một hiệu điện thế $\Delta V_H = V_a - V_c$ như trong Hình 4.4.5(b). Hiệu điện thế này được gọi là hiệu điện thế Hall.

Các điện tích trái dấu ở mặt trên và dưới của vật dẫn tạo ra một điện trường \vec{E}_H bên trong vật dẫn, hướng từ dưới lên trên và có độ lớn:

$$E_H = \frac{V_a - V_c}{d}$$

Điện trường này tác dụng lên các electron một lực điện trường hướng xuống dưới (cùng phương nhưng ngược chiều với lực từ) và có độ lớn:

$$F_E = eE_H = e \frac{V_a - V_c}{d}$$

Lực điện trường tăng dần cho đến khi cân bằng với lực từ:

$$ev_d B = eE_H$$

hay:

$$V_a - V_c = E_H d = v_d dB$$

Cường độ dòng điện chạy qua đầu đo Hall có dạng:

$$I_H = tdnev_d$$

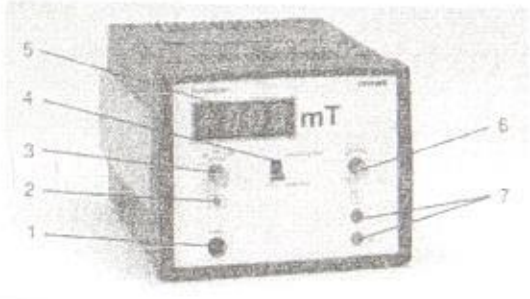


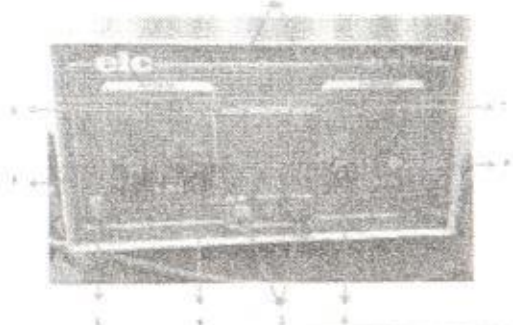


với n là mật độ hạt mang điện (electron) bên trong đầu đo Hall. Do đó:

$$V_a - V_c = \frac{1}{ne} \frac{I_H B}{t}$$

Các thông số n và t của đầu đo Hall đều cho trước. Nếu giữ nguyên trị số dòng điện I_H , thông qua đo hiệu điện thế $V_a - V_c$, ta sẽ tính được giá trị của cảm ứng từ B . Lưu ý: dòng điện I_H là dòng điện chạy bên trong đầu đo Hall, không liên quan đến dòng điện tạo ra từ trường.

4.4.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Máy đo từ trường	1	
2	Thanh đo từ trường	1	
3	Cuộn dây Helmholtz	1	
4	Đồng hồ đa năng	1	
5	Nguồn công suất “ DC POWER SUPPLY AL 7924A”	1	
6	Thước đo	1	
7	Dây nối	Đủ dùng	

4.4.4.1. Nguồn công suất DC POWER SUPPLY AL 7924A

Các nút chức năng trên của nguồn công suất “DC POWER SUPPLY AL 7924A” được thể hiện trong Hình 4.4.6. Cụ thể:

(1). Nút bật tắt nguồn.

(2). Lỗ cắm đầu ra: Cặp lỗ cắm này giúp đưa ra hiệu điện thế một chiều ra, cực dương là màu đỏ, còn cực âm là màu đen.

(3). Nút điều chỉnh hiệu điện thế một chiều của nguồn, nút này có bước nhảy lớn. Hiệu điện thế lớn nhất của máy là 30V.

(4). Nút điều chỉnh hiệu điện thế một chiều của nguồn nhưng có bước nhảy nhỏ hơn.

Đầu tiên ta điều chỉnh nút số 3, sau đó để hiệu điện thế chính xác, muốn giá trị hiệu điện thế tăng giảm với giá trị nhỏ hơn thì ta điều chỉnh nút này.

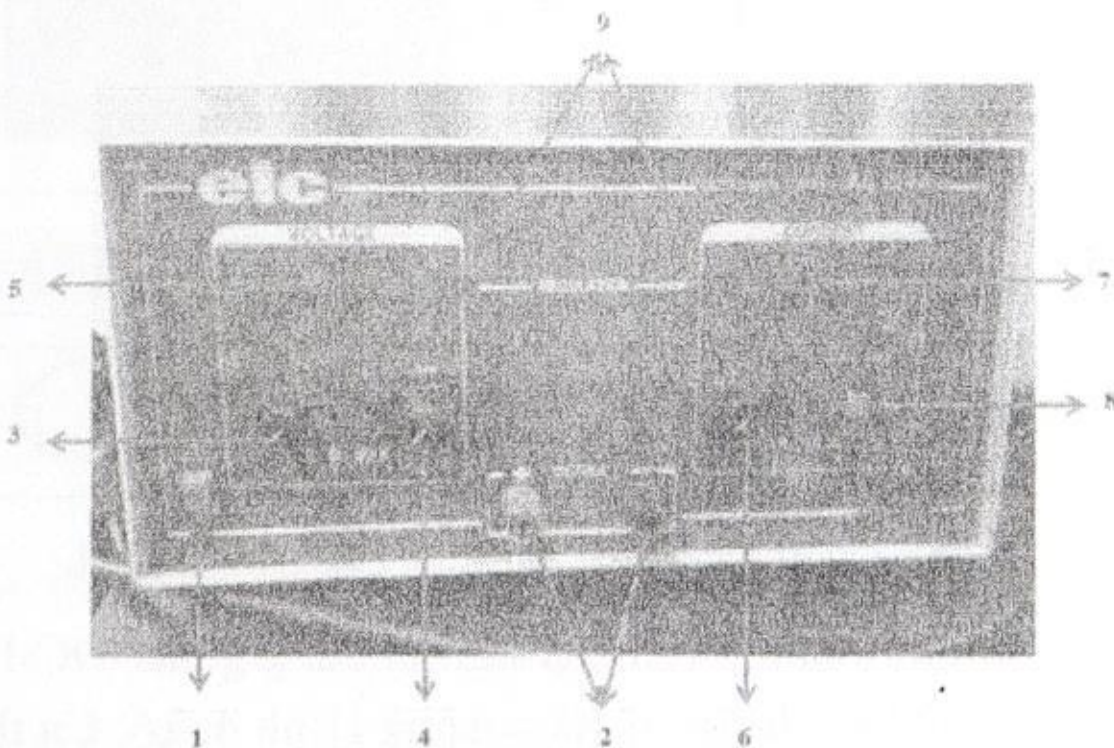
(5). Khi điều chỉnh hiệu điện thế thì giá trị sẽ hiện lên màn hình này.

(6). Nút điều chỉnh cường độ dòng điện của nguồn.

(7). Khi điều chỉnh cường độ dòng điện thì giá trị sẽ hiện lên màn hình này.

(8). Chức năng chọn dòng điện cực đại là 1 A hay 10 A.

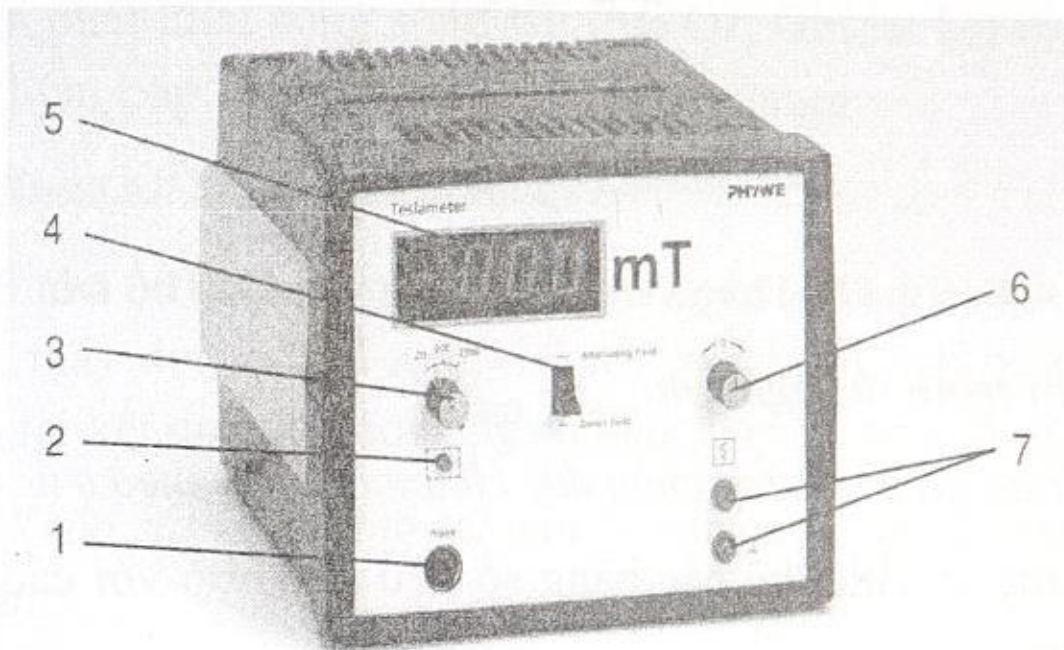
(9). Đèn REGULATION chuyển đổi giữa cường độ dòng điện và hiệu điện thế. Nút bên trái sáng thì điều chỉnh nút (3) và (4) hiệu điện thế để tăng cường độ dòng điện, nút bên phải sáng thì điều chỉnh nút (6) để tăng cường độ dòng điện.



Hình 4.4.6. Mô tả các nút chức năng của nguồn công suất “DC POWER SUPPLY AL 7924A”.

4.4.4.2. Máy đo từ trường hiển thị số PHYWE Teslameter

Máy đo từ trường Teslameter có khả năng đo được độ lớn của cảm ứng từ của các dòng điện một chiều và xoay chiều. Mặt trước của máy đo từ trường được mô tả trong Hình 4.4.7.

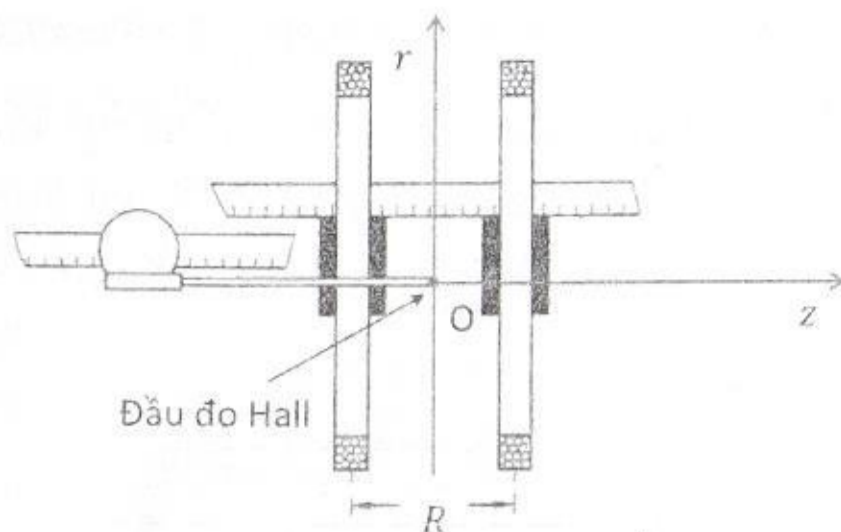


Hình 4.4.7: Mặt trước của máy đo từ trường hiển thị số PHYWE Teslameter.

Vai trò của các núm chức năng:

- 1: Đầu vào (Probe): được nối với đầu đo Hall.
- 2: Nút chỉnh “0” thô: dùng để chỉnh về 0 cho các độ lệch lớn.
- 3: Núm khoảng đo: dùng để xác định khoảng và giới hạn đo.
- 4: Công tắc chế độ đo: dùng để chọn chế độ đo “Alternating field - Từ trường xoay chiều” hay “Direct field - Từ trường một chiều”.
- 5: Màn hình hiển thị số: để hiển thị kết quả đo được, (dấu “-” biểu diễn sự thay đổi chiều của từ trường).
- 6: Nút chỉnh “0” tinh: điều chỉnh về 0 cho các độ lệch nhỏ
- 7: Đầu ra: dùng để nối với các dụng cụ đo khác

Từ trường được đo bởi thanh đo từ trường có đầu đo Hall nằm ở đầu mút của thanh. Sơ đồ bố trí thanh đo từ trường như trong Hình 4.4.8 với đầu đo Hall đặt ở nơi cần đo và đầu kia cắm vào cổng số 1.



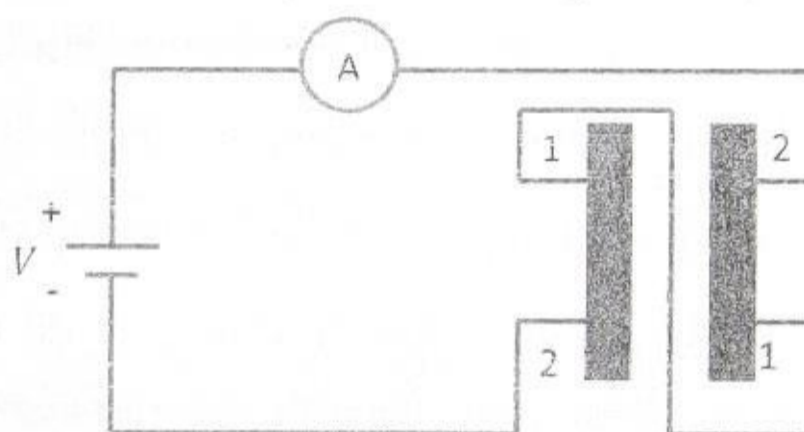
Hình 4.4.8. Thanh đo từ trường và sơ đồ bố trí.

4.4.5. Tiến trình thí nghiệm

4.4.5.1. Khảo sát từ trường cuộn dây Helmholtz dọc theo trục Oz

- Bước 1: Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với các kết quả đo dự kiến.

- Bước 2: Mắc mạch điện gồm có một nguồn điện DC, một ampe kế và cuộn dây Helmholtz theo sơ đồ Hình 4.4.9. Lưu ý: các chốt số (1) trên cuộn dây Helmholtz phải được nối với nhau.



Hình 4.4.9. Sơ đồ nối dây của bài thí nghiệm.

- Bước 3: Bố trí thanh đo từ trường với đầu đo Hall nằm dọc theo trục Oz và vuông góc với trục Or như trong Hình 4.4.8. Điều chỉnh giá trị hiển thị của máy đo từ trường về 0.00 mT khi ampe kế chỉ 0 A. Lưu ý lựa chọn thang đo của ampe kế phù hợp trước khi cung cấp nguồn cho các thiết bị đo.

- Bước 4: Điều chỉnh nguồn công suất để cường độ dòng điện trong hai cuộn dây Helmholtz $I = 1$ A. Đặt đầu đo Hall tại

tâm O có tọa độ $z = 0, r = 0$ của cuộn dây Helmholtz. Thanh đo từ trường nằm dọc theo trục Oz .

- Bước 5: Di chuyển đầu đo Hall dọc theo trục Or , thay đổi tọa độ r từ $-16 \text{ cm} \rightarrow 16 \text{ cm}$, với bước nhảy 2 cm . Lưu ý: thanh đo từ trường phải luôn song song với trục Oz . Ghi lại kết quả đo vào bảng số liệu. Lặp lại phép đo 3 lần.

4.4.5.2. Khảo sát từ trường cuộn dây Helmholtz dọc theo trục Oz

- Bước 6: Lặp lại bước 4. Di chuyển đầu đo Hall dọc theo trục Oz , thay đổi tọa độ z từ $-16 \text{ cm} \rightarrow 16 \text{ cm}$, với bước nhảy 2 cm . Ghi lại kết quả đo vào bảng số liệu. Lặp lại phép đo 3 lần.

4.4.5.3. Khảo sát từ trường tại tâm O của cuộn dây Helmholtz theo dòng điện

- Bước 7: Lặp lại bước 3. Đặt đầu đo Hall tại tâm của cặp cuộn dây Helmholtz. Điều chỉnh nguồn công suất để dòng điện I thay đổi từ $0 \rightarrow 3.0 \text{ A}$, bước nhảy 0.2 A . Ghi lại kết quả đo vào bảng số liệu. Lặp lại phép đo 3 lần.

- Bước 8: Ngắt nguồn điện, tháo dây nối, xếp các dụng cụ thiết bị vào đúng vị trí trước khi bắt đầu thí nghiệm.

4.4.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

4.4.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

4.3.6.2. Phân tích kết quả

- Từ bảng số liệu, vẽ các đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của từ trường B theo các trục Or, Oz và cường độ dòng điện I .

- So sánh với kết quả lí thuyết và nhận xét kết quả thu được.

- Cho mỗi cuộn dây có $N = 154$ vòng và bán kính $R = 0.20$ m. Vẽ đồ thị lí thuyết sự phụ thuộc của cảm ứng từ theo dòng điện dựa vào công thức (4.4.2).

- So sánh kết quả thực nghiệm và lí thuyết. Nhận xét kết quả thu được.

Lưu ý: Các đồ thị phải được vẽ bằng Excel hoặc một phần mềm hỗ trợ vẽ đồ thị.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

4.4.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

4.5. Xác định thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất

4.5.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được phương án đo từ trường Trái Đất;

- Đo được thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất;

- Phân tích được kết quả thí nghiệm theo cách tính từ công thức và theo phương pháp đồ thị và nhận xét kết quả thí nghiệm;

- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;

- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;

- Phát triển kĩ năng làm việc và quản lí nhóm;

- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

4.5.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, sinh viên phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Nêu mục tiêu của bài thí nghiệm?

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu ngắn gọn vai trò của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Viết biểu thức mô tả sự phụ thuộc của từ trường ở tâm O của cuộn dây Helmholtz vào dòng điện. Thiết lập/chứng minh biểu thức trên.

Câu hỏi 4: Hãy đề xuất các phương pháp đo từ trường Trái Đất nói chung và thành phần nằm ngang của nó. Thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất được xác định theo biểu thức nào? Thiết lập/chứng minh biểu thức đó.

Câu hỏi 5: Để xác định thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất theo biểu thức trên, những đại lượng nào cần được đo đạc? Vẽ hình (định tính) biểu diễn mối quan hệ giữa các đại lượng để từ đó có thể tính được thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất.

Câu hỏi 6: Theo phương pháp được đưa ra trong câu hỏi 4, cần phải bố trí cuộn dây Helmholtz như thế nào để đo chính xác thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất? Vì sao?

Câu hỏi 7: Vẽ sơ đồ mạch điện sẽ được sử dụng trong bài thí nghiệm. Giải thích vai trò của từng thiết bị trong sơ đồ.

4.5.3. Cơ sở lý thuyết

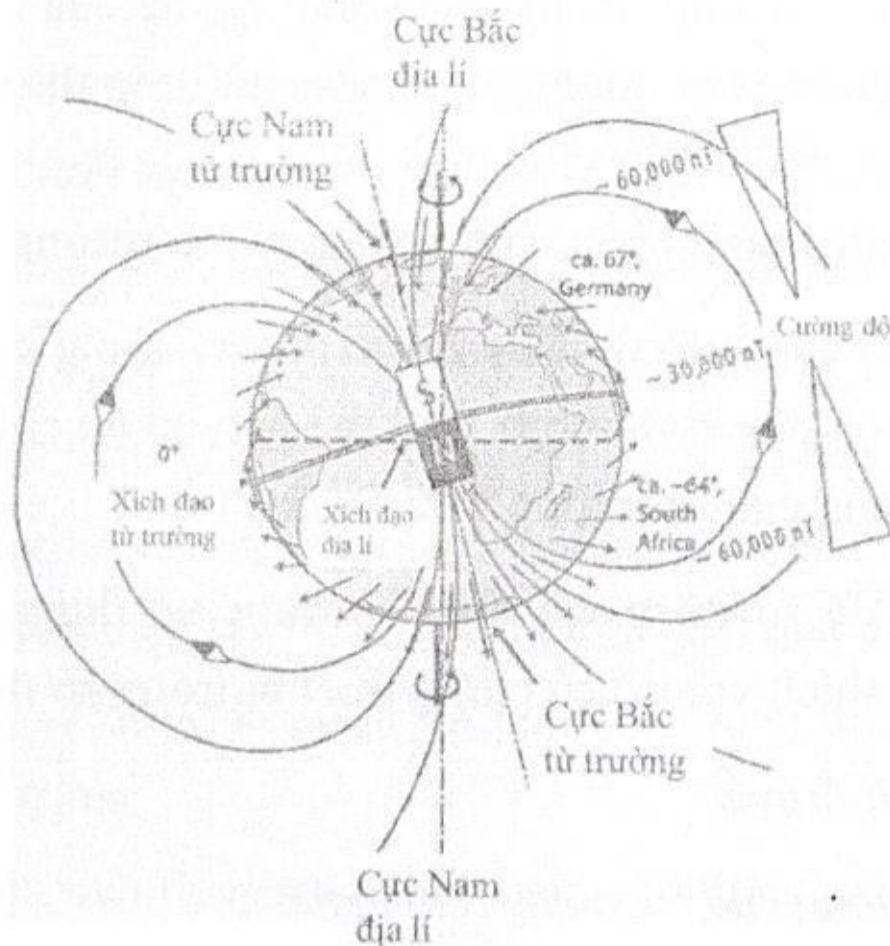
4.5.3.1. Từ trường của cuộn dây Helmholtz

Tham khảo phần cơ sở lý thuyết trong bài thí nghiệm 4.4: “Khảo sát từ trường của cuộn dây Helmholtz”.

4.5.3.2. Giới thiệu về từ trường Trái Đất

Từ trường Trái Đất xuất hiện do tính chất từ của vật chất bên trong hợp thành tạo ra. Từ trường này tồn tại từ trong lòng Trái Đất đến không gian rộng lớn bao quanh nó. Theo thuyết geodynamo, một khối chất lỏng (sắt ở dạng lỏng) dẫn điện, ở trạng thái quay hoặc có dòng xoáy, có thể tạo ra và duy trì từ trường trong một thời gian dài. Đây là nguồn từ trường của Trái Đất, cũng như từ trường của các hành tinh khác. Độ mạnh của từ trường Trái Đất phụ thuộc vào tốc độ quay quanh trục của nó.

Cũng như nam châm, Trái Đất có 2 cực địa từ, không trùng với 2 cực địa lí như trong Hình 4.5.1. Cực Nam từ trường Trái Đất nằm ở Vịnh Hudson, trên lãnh thổ Canada, cách cực Bắc địa lí ~ 2090 km. Cực Bắc từ trường ở vùng Nam cực, cách cực Nam địa lí ~ 1930 km. Trục từ trường tạo với trục Trái Đất một góc $\sim 11^\circ$. Các cực địa từ thường thay đổi vị trí theo thời gian [24]. Do đó, bản đồ địa từ cũng phải thường xuyên điều chỉnh. Trên mặt đất, cường độ từ trường vào khoảng từ 30 đến 60 μT .

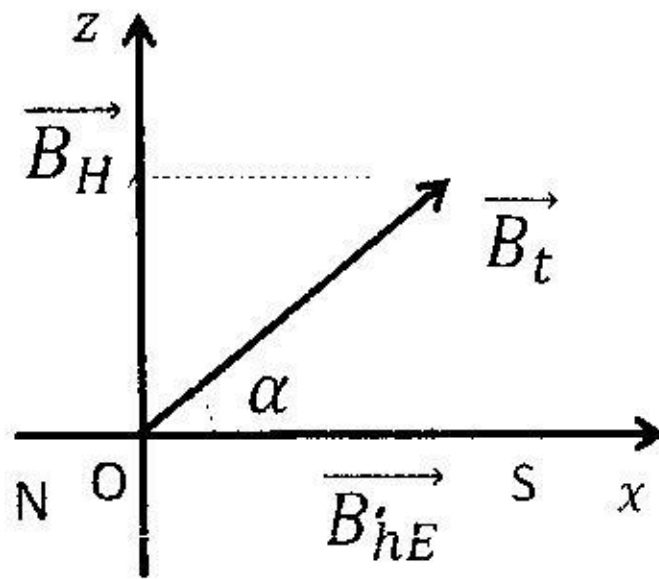


Hình 4.5.1. Trường từ của Trái Đất, đường thẳng nối hai cực từ tạo thành một góc $11,3^\circ$ so với trục quay của Trái Đất.

4.5.3.3. Phương pháp xác định thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất

Khi đặt một kim nam châm nằm ngang trong lòng cuộn dây Helmholtz có dòng điện thì kim nam châm sẽ chịu tác dụng đồng thời của thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất \vec{B}_{hE} và từ trường cuộn dây \vec{B}_H . Khi đó, kim nam châm sẽ định hướng theo phương và chiều từ trường tổng hợp \vec{B}_t :

$$\vec{B}_t = \vec{B}_{hE} + \vec{B}_H$$



Hình 4.5.2. Từ trường tổng hợp \vec{B}_t do từ trường của cuộn dây Helmholtz \vec{B}_H và thành phần nằm ngang của từ trường của Trái Đất \vec{B}_{hE} gây ra.

Nếu bố trí trục Oz của cặp cuộn dây Helmholtz theo phương Đông-Tây thì \vec{B}_H vuông góc với \vec{B}_{hE} như trong Hình 4.5.2. Khi đó, ta có:

$$\tan \alpha = \frac{B_H}{B_{hE}}$$

trong đó, từ trường do cuộn dây Helmholtz gây ra có dạng.

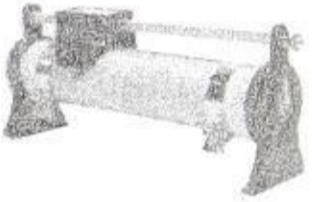
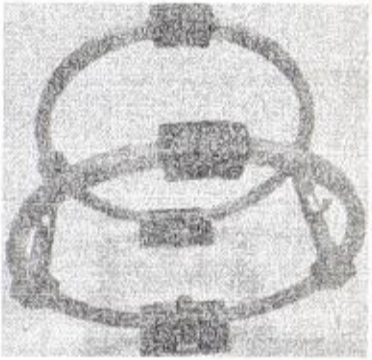

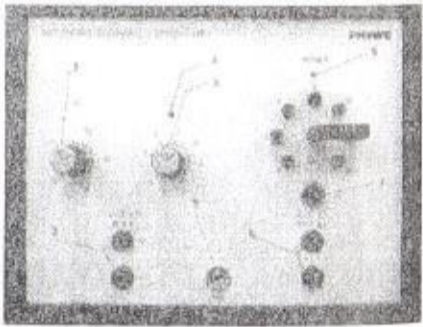
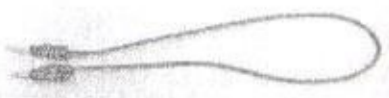
$$B_H = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 NI}{R}$$

Kết quả thu được:

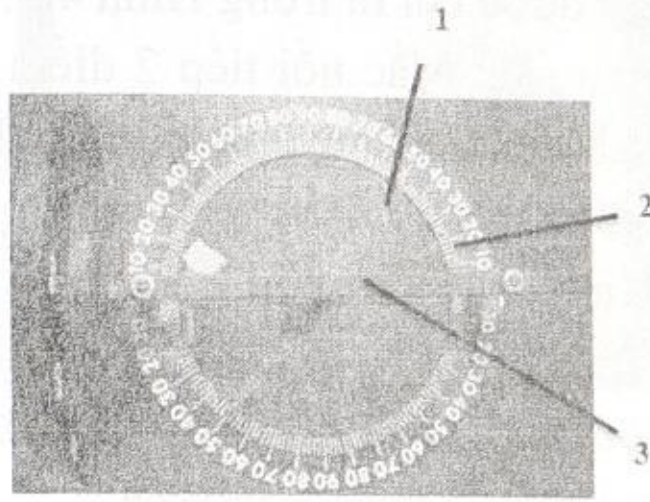
$$\tan \alpha = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 NI}{RB_{hE}} \quad (4.5.1)$$

Từ công thức (4.5.1), nếu hệ số liên hệ giữa cường độ dòng điện I chạy qua cuộn dây Helmholtz và góc lệch α được xác định thì có thể xác định được thành phần nằm ngang B_{hE} của từ trường Trái Đất.

4.5.4. Dụng cụ thí nghiệm

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình vẽ
1	Biến trở con chạy	1	
2	Cặp cuộn dây Helmholtz	1	
3	La bàn	1	
4	Nguồn công suất DC: 0..18V/5A, AC: 2...15V~ max.5A	1	
5	Đồng hồ đa năng	1	
6	Dây nối	Đủ dùng	

4.5.4.1. La bàn



Hình 4.5.2. La bàn có chia độ.

La bàn từ (hay la bàn) dùng kim nam châm đặt trên trụ xoay để nam châm định hướng được trong từ trường Trái Đất như trong hình 4.5.2. Cấu tạo của la bàn gồm:

- Một kim nam châm gắn với một vòng tròn chia độ gắn vào một giá đỡ:

(1): Miếng kim loại có từ tính (nam châm), được mài giũa thành hình lá; dẹt, mỏng, nhẹ, hình dạng như cây kim ở 2 đầu, chính giữa hơi to hơn.

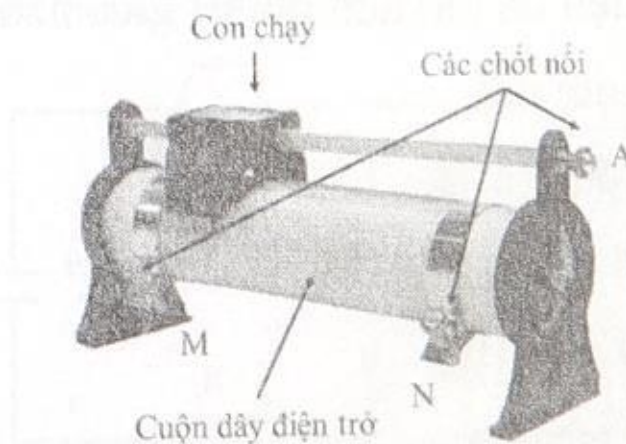
(2): Vòng tròn được phân chia theo độ (360 độ).

- Mặt phẳng chứa kim nam châm có thể thay đổi bằng cách xoay trục của vòng tròn.

- Khi đặt trong mặt phẳng ngang, kim nam châm định hướng dọc theo phương Bắc Nam của từ trường địa lí.

- Khi đặt kim nam châm song song với mặt phẳng ngang, góc giữa kim và đường nằm ngang (3) là góc α .

4.5.4.2. Biến trở con chạy



Hình 4.5.3. Cấu tạo của biến trở con chạy.

Biến trở là một điện trở nhưng trị số thay đổi được. Cấu tạo của biến trở con chạy được chỉ ra trong Hình 4.5.3. Nguyên lý hoạt động của biến trở như sau: Mắc nối tiếp 2 điểm A và N của biến trở vào mạch điện. Khi ta dịch chuyển con chạy thì sẽ làm thay đổi chiều dài của phần cuộn dây có dòng điện chạy qua, do đó nó thay đổi điện trở của biến trở và điện trở của mạch điện sẽ thay đổi theo. Khi con chạy ở điểm M thì biến trở có điện trở có giá trị nhỏ nhất, dịch chuyển con chạy từ M đến N thì điện trở tăng, ở vị trí N thì biến trở có giá trị lớn.

4.5.4.3. Nguồn công suất “Netigerat universal”

Các núm chức năng của nguồn công suất “Netigerat universal” được chỉ ra trong Hình 4.5.4.

(1) Núm xoay điều chỉnh hiệu điện thế nguồn điện một chiều. Hiệu điện thế có thể được điều chỉnh từ 0 đến 18V. Cường độ dòng điện được lấy ra từ nguồn điện một chiều này có giá trị nhỏ hơn giá trị dòng điện được điều chỉnh ở núm điều chỉnh (3). Để tăng cường độ dòng điện của mạch ngoài, nếu như đèn (4) không sáng thì ta cần điều chỉnh tiếp núm hiệu điện thế (1).

(2) Lỗ cắm đầu ra, 0...18V- 0...5A. Cặp lỗ cắm này giúp đưa ra hiệu điện thế một chiều, cực dương là màu đỏ, còn cực âm là màu xanh biển.

(3) Núm xoay điều chỉnh giới hạn dòng điện. Điều chỉnh để thiết lập cường độ dòng điện cực đại.

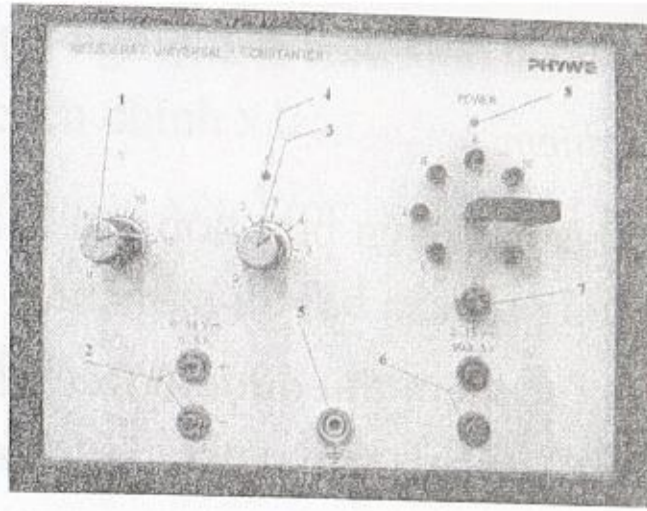
(4) Đèn báo “chế độ dòng điện không đổi”. Đèn sáng khi cường độ dòng điện đã đạt đến giá trị giới hạn đã chỉnh.

(5) Lỗ cắm nối đất.

(6) Lỗ cắm đầu ra, 2...15V ~/5A.

(7) Nút ngắt mạch quá tải.

(8) Đèn báo on/off.



Hình 4.5.4. Mô tả các núm chức năng của nguồn công suất “Netigerat universal”.

4.5.5. Tiến trình thí nghiệm

- Bước 1: Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với các kết quả đo dự kiến.

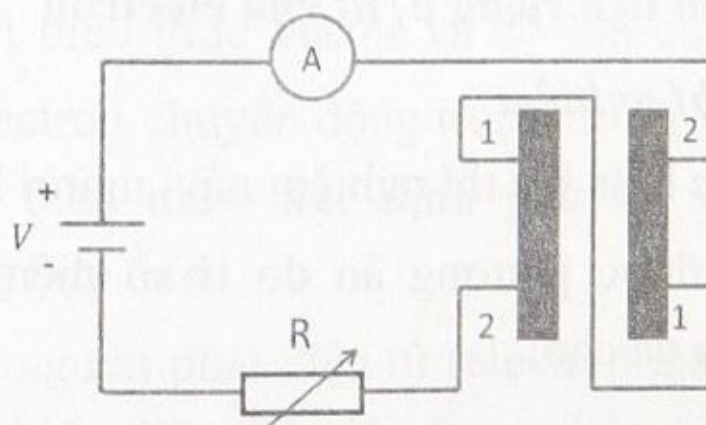
- Bước 2: Mắc mạch gồm có ampe kế, cặp cuộn dây Helmholtz, biến trở và nguồn điện theo sơ đồ như trong Hình 4.5.5. Lưu ý: các chốt số (1) trên cặp cuộn dây Helmholtz phải được nối với nhau.

- Bước 3: Đặt và điều chỉnh tâm của la bàn trùng tâm của hai cuộn dây Helmholtz. Dịch chuyển khung cuộn Hemholtz sao cho kim nam châm song song với mặt phẳng chứa cuộn Helmholtz.

- Bước 4: Điều chỉnh nguồn điện để dòng điện I chạy qua cuộn dây thay đổi trong khoảng từ $0 \rightarrow 120$ mA, bước nhảy 10 mA. Ghi giá trị của góc α tại mỗi giá trị của I vào bảng số liệu.

Lưu ý: Không nên chọn thang đo của đồng hồ đa năng quá lớn vì điều này làm kết quả đo sẽ sai số lớn.

- Bước 5: Lặp lại bước 4 thêm 2 lần.



Hình 4.5.5. Sơ đồ mắc mạch điện để đo từ trường Trái Đất.

4.5.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

4.5.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.
- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.
- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

4.5.6.2. Phân tích kết quả

- Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của $\tan\alpha$ (α là góc lệch la bàn) theo dòng điện từ kết quả thí nghiệm. Từ đồ thị, làm khớp (fitting) hàm (trong Excel hoặc một phần mềm hỗ trợ vẽ đồ thị) để tính được thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất.
- So sánh, đối chiếu kết quả thực nghiệm thu được so với kết quả đã được công bố.
- Nhận xét các kết quả thí nghiệm.
- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

4.5.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

4.6. Xác định điện tích riêng e/m của electron

4.6.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được phương án đo tỉ số điện tích/khối lượng (e/m) từ dụng cụ đã cho;

- Tiến hành thí nghiệm để xác định được điện tích riêng e/m của electron một cách chính xác;
- Phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

4.6.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, sinh viên phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Nêu mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm?

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu ngắn gọn vai trò của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Hãy đề xuất các phương pháp đo tỉ số e/m của electron. Giải thích ngắn gọn phương pháp đó.

Câu hỏi 4: Cuộn dây Helmholtz có bán kính R , mỗi cuộn có N vòng dây, được đặt vuông góc với trục chung. Tâm của hai cuộn dây cách nhau một khoảng bằng bán kính R . Mỗi cuộn dây mang một dòng điện không đổi I cùng chiều như hình bên. Xác định phương, chiều, và độ lớn cảm ứng từ tại điểm O nằm tại trung điểm của đường nối tâm của hai cuộn dây.

Câu hỏi 5: Viết biểu thức vector và độ lớn của lực Lorentz tác dụng lên một electron chuyển động trong từ trường đều \vec{B} với vận tốc \vec{v} . Vẽ hình biểu diễn, xác định phương và chiều của lực Lorentz ở trường hợp trên.

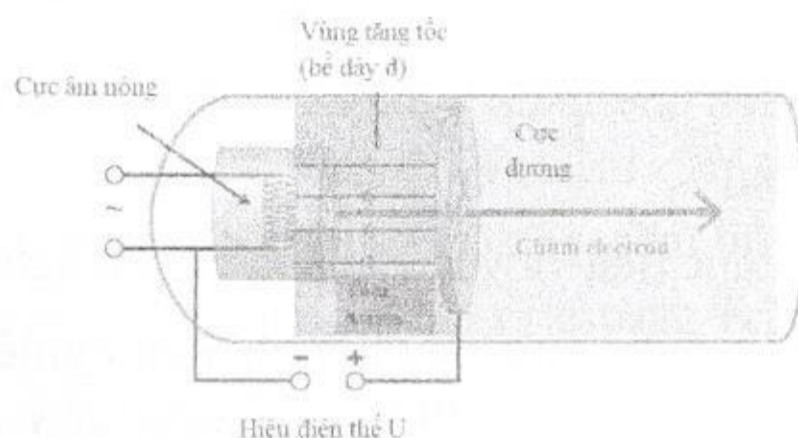
Câu hỏi 6: Một nguồn phát điện tử (electron gun) có cấu tạo như Hình 4.6.1. Cho hiệu điện thế giữa Catot (bản nối với cực âm của

nguồn điện) và Anot (bản nối với cực dương của nguồn điện) là U . Hãy thiết lập biểu thức tính vận tốc của electron sau khi bay qua khỏi Anot.

Câu hỏi 7: Hãy thiết lập biểu thức cho electron:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 B^2}$$

với e là điện tích của electron, m là khối lượng của electron, U là hiệu điện thế gia tốc trong ống phóng electron, B là cảm ứng từ và r là bán kính quỹ đạo của electron trong từ trường đều.



Hình 4.6.1. Mô hình ống phóng điện tử (electron).

Câu hỏi 8: Vẽ hình mô tả quỹ đạo của electron chuyển động trong từ trường đều \vec{B} với vận tốc \vec{v} trong hai trường hợp: $(\vec{v}, \vec{B}) = 90^\circ$ và $(\vec{v}, \vec{B}) = 60^\circ$.

Câu hỏi 9: Để đo được chính xác tỉ số e/m , góc (\vec{v}, \vec{B}) phải bằng bao nhiêu? Vì sao?

Câu hỏi 10: Muốn điều chỉnh dòng điện trong một mạch điện đến giá trị 3 A (DC) sử dụng nguồn công suất **Netigerat universal**, ta phải nối mạch điện đó với vị trí nào và điều chỉnh núm/các núm nào ở nguồn công suất trên?

4.6.3. Cơ sở lý thuyết

4.6.3.1. Từ trường của cuộn dây Helmholtz

Tham khảo phần cơ sở lý thuyết trong bài thí nghiệm 4.4: “Khảo sát từ trường của cặp cuộn dây Helmholtz”.

4.6.3.2. Chuyển động của điện tích trong từ trường

Đối với những vi hạt, hầu như không thể xác định khối lượng m một cách trực tiếp. Tuy vậy, các hạt mang điện tích lại chuyển động thành dòng với hình dạng quỹ đạo quan sát được. Vì vậy, việc xác định tỉ số điện tích/khối lượng q/m , gọi là điện tích riêng, đơn giản hơn nhiều so với việc đo chính điện tích q hoặc khối lượng m của vi hạt.

Nếu xét một electron có khối lượng m và điện tích e được gia tốc bởi một hiệu điện thế U , nó đạt được vận tốc v . Theo định lí động năng:

$$eU = \frac{1}{2}mv^2$$

Trong từ trường \vec{B} , lực Lorentz tác dụng lên electron chuyển động với vận tốc \vec{v} là:

$$\vec{F}_B = -e\vec{v} \times \vec{B}$$

Nếu vận tốc \vec{v} vuông góc với từ trường đều \vec{B} , quỹ đạo chuyển động của electron là đường tròn bán kính r , nằm trong mặt phẳng vuông góc với \vec{B} . Lực từ đóng vai trò là lực hướng tâm

$$evB = \frac{mv^2}{r}$$

Do đó ta có thể xác định tỉ số điện tích riêng:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{(Br)^2}$$

Từ trường đều được tạo bởi cuộn dây Helmholtz có dạng:

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 NI}{R}$$

Lúc đó, điện tích riêng có thể được tính bởi:

$$\frac{e}{m} = \frac{125UR^2}{32\mu_0^2 N^2 I^2 r^2} \quad (4.6.1)$$


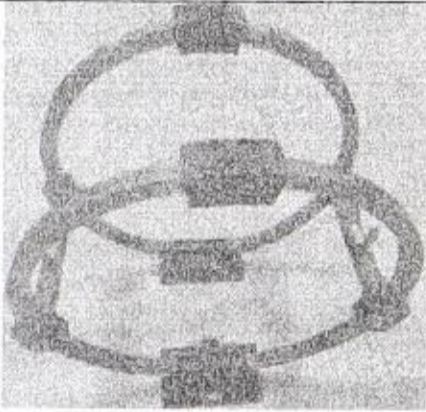
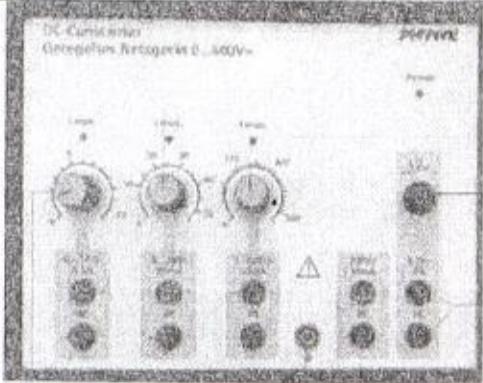
Như vậy, đối với cuộn dây Helmholtz đã biết R, N , để xác định được tỉ số e/m , ta cần khảo sát sự thay đổi của r theo U và I . Công thức (4.6.1) được viết lại:

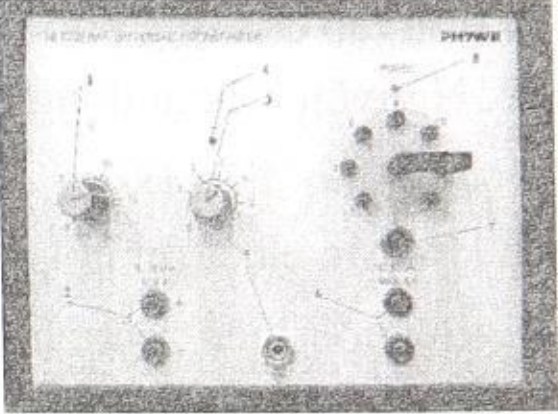
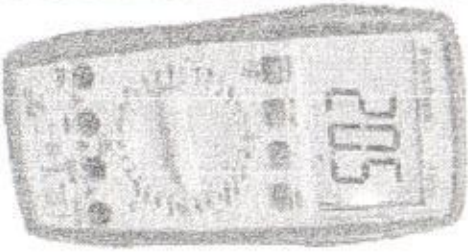

$$I = \sqrt{\frac{125U}{32\left(\frac{e}{m}\right)} \frac{R}{\mu_0 N r}}$$

Nói cách khác, với một hiệu điện thế gia tốc U xác định, bán kính quỹ đạo chuyển động r của điện tích tỉ lệ nghịch với cường độ dòng điện I chạy qua cuộn dây Helmholtz.

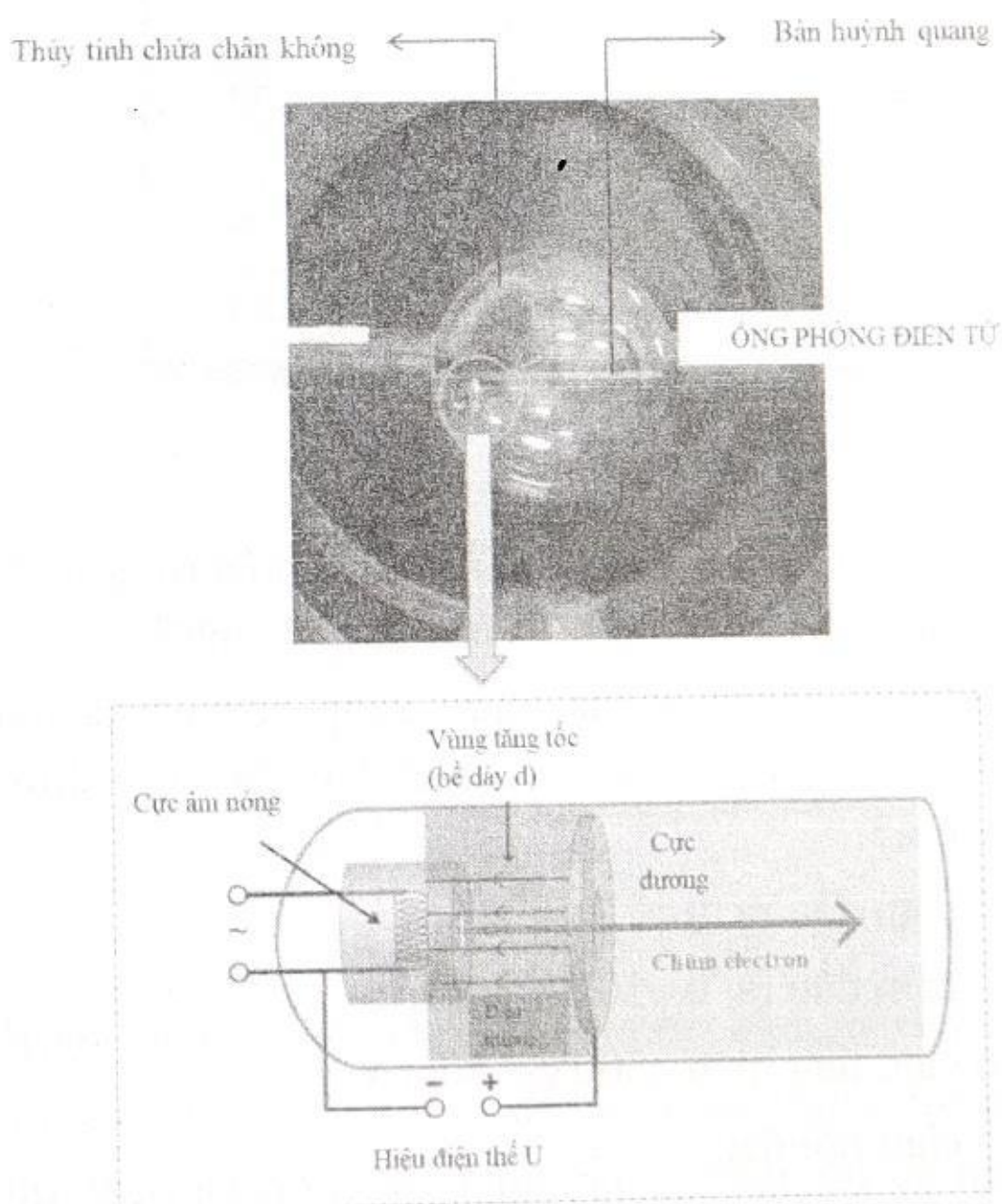
4.6.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Ống chùm tia hẹp	1	
2	Cuộn dây Helmholtz	1	
3	1 Nguồn công suất DC: 0..12V/0..5A, DC: 0...50V/50mA, DC: 0...300V/50mA, AC: 6,3V ~ 2A	1	

4	Nguồn công suất DC: 0..18V/5A, AC:2...15V~ max.5A	1	
5	Đồng hồ đa năng	2	
6	Dây nối	Đủ dùng	

4.6.4.1. Ống phóng điện tử (ống phóng electron)



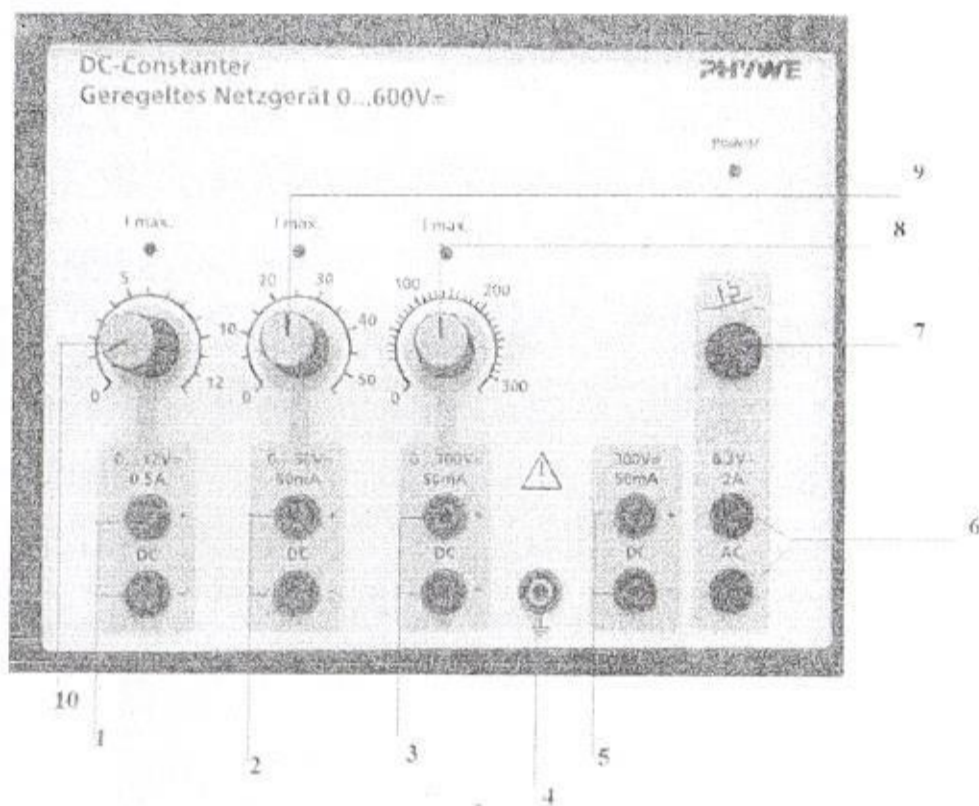
Hình 4.6.2. Hình ảnh thực tế và cấu tạo của ống phóng electron.

Cấu tạo của ống phóng electron được mô tả như trong Hình 4.6.2. Nguyên lí hoạt động của nó như sau:

- Nguồn điện (xoay chiều) chạy vào dây tóc, dây tóc bị đốt nóng làm các electron bứt ra khỏi kim loại.

- Nguồn điện một chiều đặt vào bản có cực âm - cực dương tạo ra điện trường. Do đó, các electron bứt ra khỏi dây tóc sẽ được gia tốc và chuyển động theo định hướng của điện trường. Hiệu điện thế đặt vào càng lớn, các electron bay ra với tốc độ càng cao.

4.6.4.2. Nguồn thế công suất "DC - Constanten Geregelttes Netzgerat 0...600V.."



Hình 4.6.3. Mô tả các nút chức năng của nguồn công suất "DC - Constanten Geregelttes Netzgerat 0...600V...".

Các nút chức năng của chức năng của nguồn công suất "DC - Constanten Geregelttes Netzgerat 0...600V.." được chỉ ra trong Hình 4.6.3.

- (1) Lỗ cắm đầu ra, 0...12V-/ 0,5A;
- (2) Lỗ cắm đầu ra, 0...50V-/ 50mA;
- (3) Lỗ cắm đầu ra, 0...300V-/ 50mA;
- (4) Lỗ cắm nối đất;
- (5) Lỗ cắm đầu ra, 300V-/ 50mA;

- (6) Lỗ cắm đầu ra, 6,3V~2A;
- (7) Núm điều chỉnh;
- (8) Núm xoay điều chỉnh giới hạn dòng điện 0-12A;
- (9) Núm xoay điều chỉnh giới hạn dòng điện 0-50A;
- (10) Cái núm xoay điều chỉnh giới hạn dòng điện 0-300A;

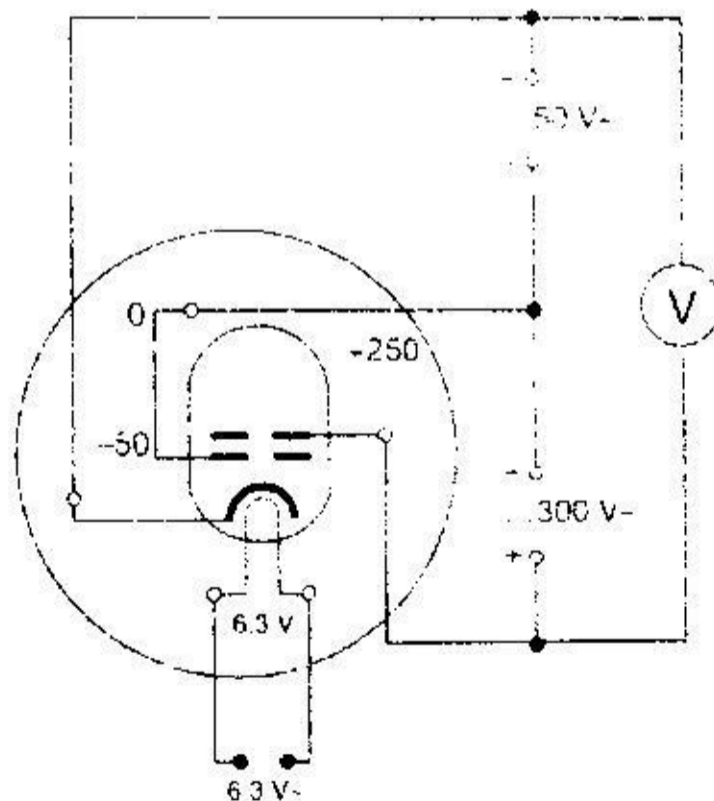
4.6.5. Tiến trình thí nghiệm

Sinh viên thảo luận nhóm để thực hiện các công việc sau:

- Bước 1: Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với các kết quả đo dự kiến.

- Bước 2: Mắc mạch điện để gia tốc cho electron gồm các dụng cụ đã cho theo sơ đồ trong Hình 4.6.4. Đồng hồ đa năng chuyển sang thang đo Volt (200 V).

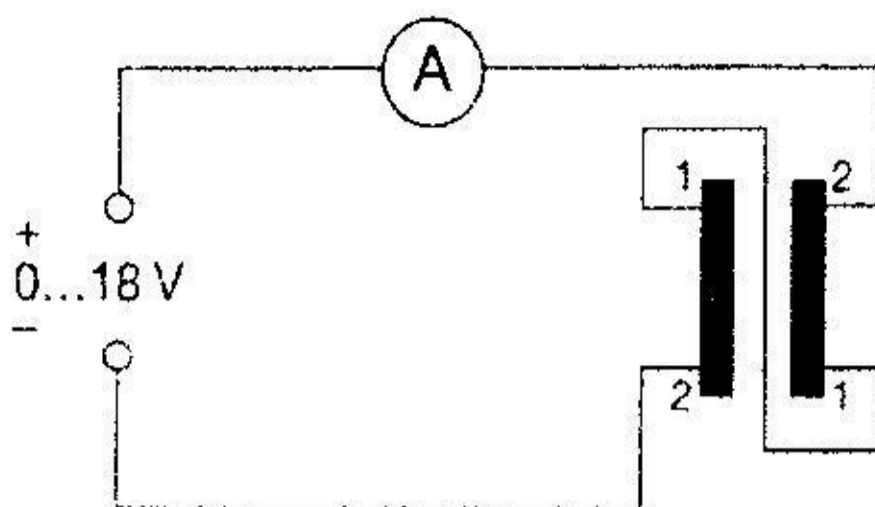
Lưu ý: Để an toàn ở hiệu điện thế cao, giắc cắm -300 V phải được nối với giắc cắm đất trên nguồn công suất "DC - Constante Geregeltetes Netzgerat 0 ... 600 V...".



Hình 4.6.4. Sơ đồ mắc mạch tạo ra chùm tia electron.

- Bước 3: Mắc mạch điện để tạo ra từ trường trong cuộn dây Helmholtz theo sơ đồ trong Hình 4.6.5. Máy đo đa năng chuyển sang thang đo A (10 A).

Lưu ý: Báo cáo người hướng dẫn để kiểm tra trước khi chuyển sang bước tiếp theo.



Hình 4.6.5. Sơ đồ mắc mạch tạo ra từ trường trong cuộn dây Helmholtz.

- Bước 4: Trên máy “*DC - Constante Geregelt Netzgerat 0...600V..*”, điều chỉnh núm số 9 đến vị trí mà Volt kế chỉ 20 V; điều chỉnh tiếp núm số 8 để tăng hiệu điện thế gia tốc electron cho đến khi volt kế chỉ $U_1 = 140$ V.

- Bước 5: Trên máy “*Netigerat universal*”, điều chỉnh núm số 3 đến vị trí 4 A (dòng điện cực đại).

- Bước 6: Trên máy “*Netigerat universal*”, điều chỉnh núm số 1 để tăng dòng điện chạy qua cuộn dây Helmholtz đến đường kính quỹ đạo chuyển động của electron giảm dần đến giá trị $d = 10$ cm, hay $r = 5$ cm. Đọc giá dòng điện trên Ampere kế và ghi kết quả vào bảng số liệu.

- Bước 7: Lặp lại bước 6 cho các bán kính quỹ đạo chuyển động của electron lần lượt là $r = 4, 3, 2$ cm (hay $d = 8, 6, 4$ cm).

- Bước 8: Tăng hiệu điện thế gia tốc electron trong bước 3 lên giá trị $U_2 = 160$ V. Lặp lại bước 6 và bước 7.

- Bước 9: Tăng hiệu điện thế gia tốc electron trong bước 3 lên giá trị $U_3 = 180$ V. Lặp lại bước 6 và bước 7.

LƯU Ý: Người học có thể chọn các giá trị hiệu điện thế gia tốc khác nhưng không được vượt quá 180 V.

4.6.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

4.6.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

4.6.6.2. Kết quả thí nghiệm

- Vẽ đồ thị $I = \bar{I}(r)$ tại các giá trị U khác nhau. Từ đồ thị, làm khớp (fitting) hàm bậc nhất (trong Excel hoặc một phần mềm hỗ trợ vẽ đồ thị) để từ đó tìm ra tỉ số $\left(\frac{e}{m}\right)_1, \left(\frac{e}{m}\right)_2, \left(\frac{e}{m}\right)_3$ ứng với các giá trị U_1, U_2, U_3 .

- Nhận xét kết quả thí nghiệm.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

4.6.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

4.7. Xác định hệ số tự cảm của ống dây

4.7.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được phương án đo độ tự cảm của một ống dây sử dụng dao động kí;

- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;

- Phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;

- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;

- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

4.7.2. Câu hỏi chuẩn bị bài

Trước khi đến phòng thí nghiệm, sinh viên phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Nêu mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm?

Câu hỏi 2: Dao động điều hòa là gì? Viết phương trình mô tả dao động điều hòa? Vẽ hình biểu diễn 2 chu kỳ dao động của một dao động điều hòa.

Câu hỏi 3: Cho một mạch điện nối tiếp gồm một điện trở R , một cuộn cảm L được nối với một nguồn phát có dòng điện $i(t) = I_0 \sin(2\pi ft)$. Hãy vẽ hình biểu diễn sự phụ thuộc của $i(t)$, $u_R(t)$ và $u_L(t)$ theo thời gian t trên cùng một đồ thị trong khoảng $t: 0 \rightarrow \frac{2}{f}$.

Câu hỏi 4: Viết biểu thức tính cảm kháng Z_L của cuộn cảm theo độ tự cảm và tần số nguồn phát f . Vẽ đồ thị mô tả sự phụ thuộc của Z_L theo f .

Câu hỏi 5: Viết biểu thức biểu diễn sự phụ thuộc độ tự cảm vào số vòng dây và chiều dài của một ống dây. Thiết lập công thức trên.

Câu hỏi 6: Hãy nêu cách chuẩn máy dao động kí HM 303-6.

Câu hỏi 7: Dựa vào hướng dẫn sử dụng của Dao động kí điện tử HAMEG HM303-6, hãy nêu vai trò của các nút chức năng sau: VOLT/DIV, TIME/DIV, Y- POS.I, Y- POS.II, X- POS., CHI/II, DUAL, X-Y.

4.7.3. Cơ sở lý thuyết

4.7.3.1. Độ tự cảm của một ống dây

Độ tự cảm L của một ống dây là đại lượng vật lý có trị số bằng từ thông ϕ_B do chính dòng điện ở trong mạch gửi qua diện tích của ống dây khi dòng điện i có cường độ bằng một đơn vị. Nó được xác định theo công thức:

$$L = \frac{\Phi_B}{i}$$

Với một ống dây có chiều dài l , diện tích A và có N vòng dây thì độ tự cảm L được xác định:

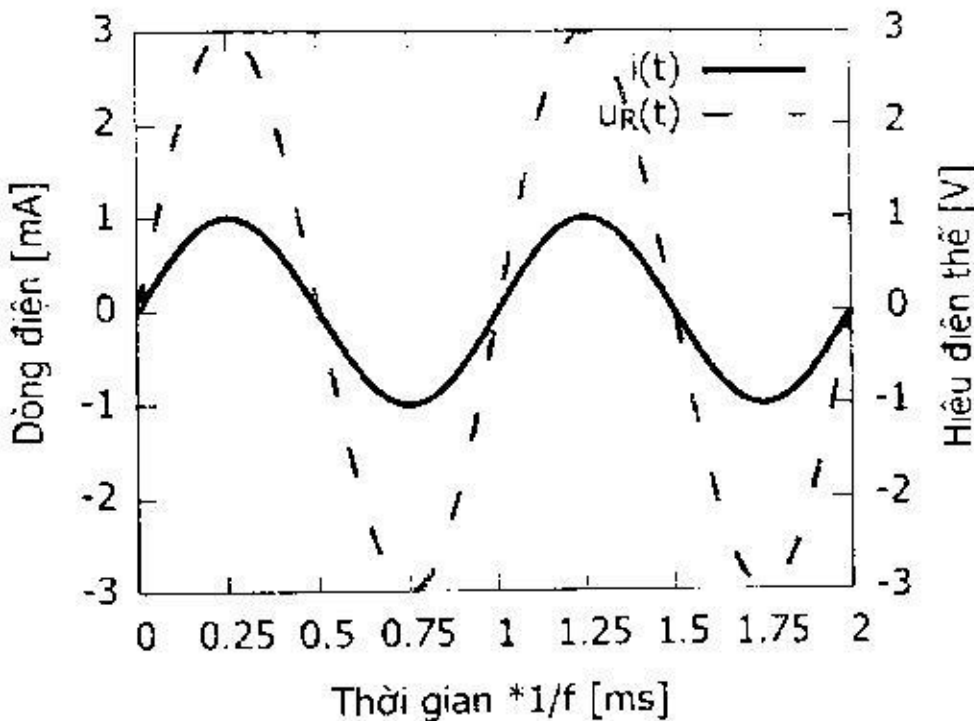
$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2 A}{l} \quad (4.7.1)$$

với $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ là độ từ thẩm tuyệt đối trong chân không, μ (không có thứ nguyên) là độ từ thẩm tương đối của môi trường. Nếu đo được giá trị của L và các đại lượng khác, độ từ thẩm của vật liệu chứa trong ống dây sẽ được xác định theo biểu thức:

$$\mu = \frac{Ll}{\mu_0 N^2 A} \quad (4.7.2)$$

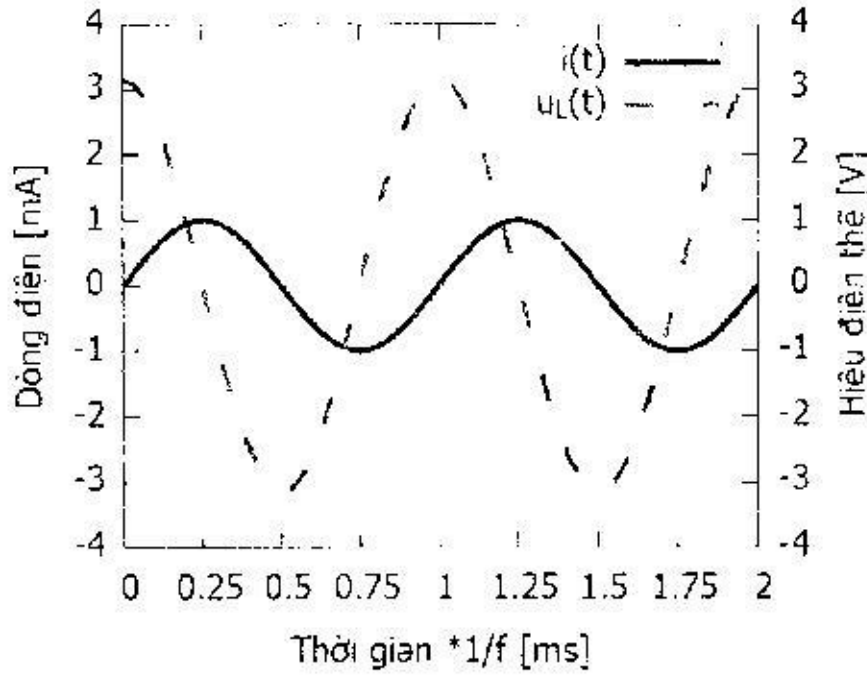
4.7.3.2. Mạch điện có chứa điện trở thuần và cuộn cảm.

Khi có dòng điện $i(t) = I_0 \sin(2\pi ft)$ chạy qua điện trở R , hiệu điện thế hai đầu R có dạng $u_R(t) = U_{0R} \sin(2\pi ft)$ với $U_{0R} = RI_0$. Nói cách khác, dòng điện và hiệu điện thế trên R dao động cùng tần số và cùng pha. Hình 4.7.1 mô tả sự phụ thuộc của dòng điện và hiệu điện thế trên điện trở theo thời gian.



Hình 4.7.1. Sự phụ thuộc của dòng điện và hiệu điện thế trên điện trở theo thời gian.

Khi có dòng điện $i(t) = I_0 \sin(2\pi ft)$ chạy qua một cuộn dây thuần cảm L , hiệu điện thế hai đầu L có dạng $u_L(t) = U_{0L} \sin\left(2\pi ft + \frac{\pi}{2}\right)$, trong đó $U_{0L} = Z_L I_0$ và $Z_L = 2\pi fL$ là cảm kháng của cuộn cảm. Nói cách khác, hiệu điện thế trên L dao động cùng tần số và nhanh pha hơn một góc $\pi/2$ so với dòng điện. Hình 4.7.2 mô tả sự phụ thuộc của dòng điện và hiệu điện thế trên cuộn cảm theo thời gian.



Hình 4.7.2. Sự phụ thuộc của dòng điện và hiệu điện thế trên cuộn cảm theo thời gian.

Khi có dòng điện $i(t) = I_0 \sin(2\pi ft)$ chạy qua một mạch điện gồm có một điện trở R và một cuộn cảm L mắc nối tiếp, hiệu điện thế hai đầu R và L lần lượt có dạng:

$$u_R(t) = RI_0 \sin(2\pi ft) \tag{4.7.3}$$

$$u_L(t) = Z_L I_0 \sin\left(2\pi ft + \frac{\pi}{2}\right) \tag{4.7.4}$$

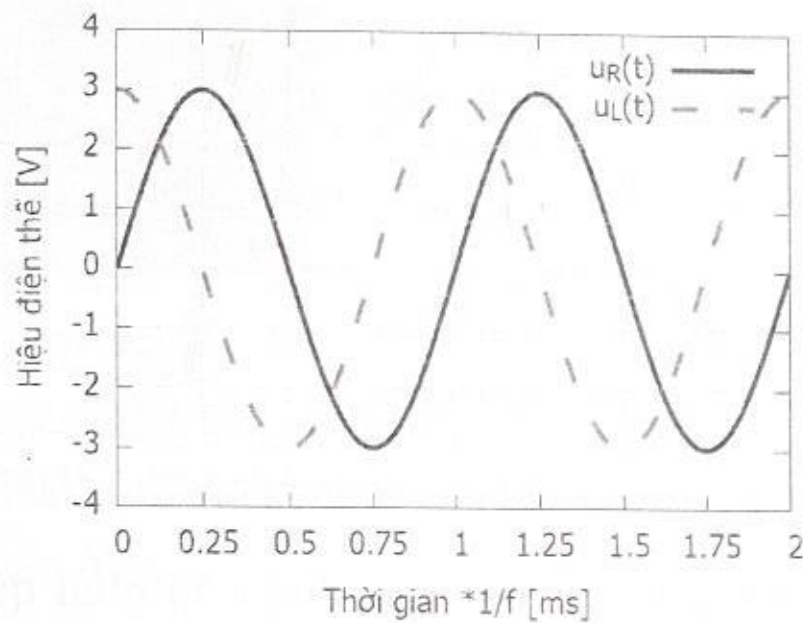
trong đó $Z_L = 2\pi fL$ là cảm kháng của cuộn cảm. Nếu biên độ (khoảng cách) đỉnh-đỉnh của hai dao động bằng nhau như trong Hình 4.7.3, ta có:

$$RI_0 = Z_L I_0 \text{ hay } R = 2\pi fL$$

Suy ra:

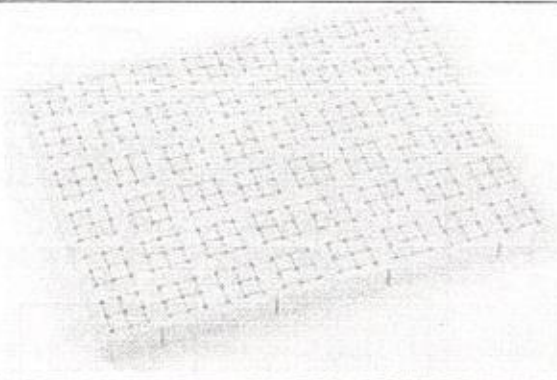
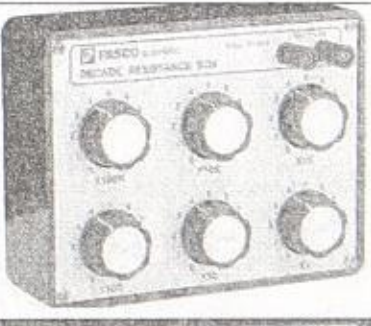
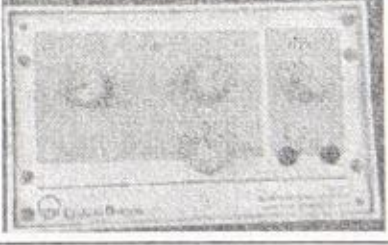
$$L = \frac{R}{2\pi f} \tag{4.7.5}$$


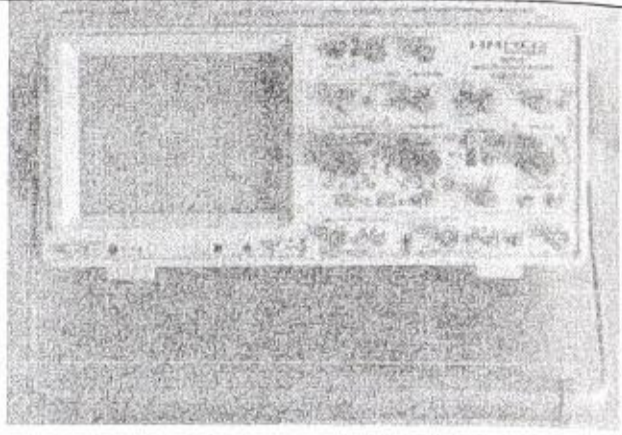

Như vậy, khi điều chỉnh giá trị của điện trở R hoặc tần số f của nguồn phát sao cho khoảng cách đỉnh-đỉnh của hai dao động $u_R(t)$ và $u_L(t)$ bằng nhau, độ tự cảm L của cuộn cảm sẽ xác định được từ công thức (4.7.5).



Hình 4.7.3. Biên độ (khoảng cách đỉnh-đỉnh) của hai dao động $u_R(t)$ và $u_L(t)$ bằng nhau.

4.7.4. Dụng cụ thí nghiệm

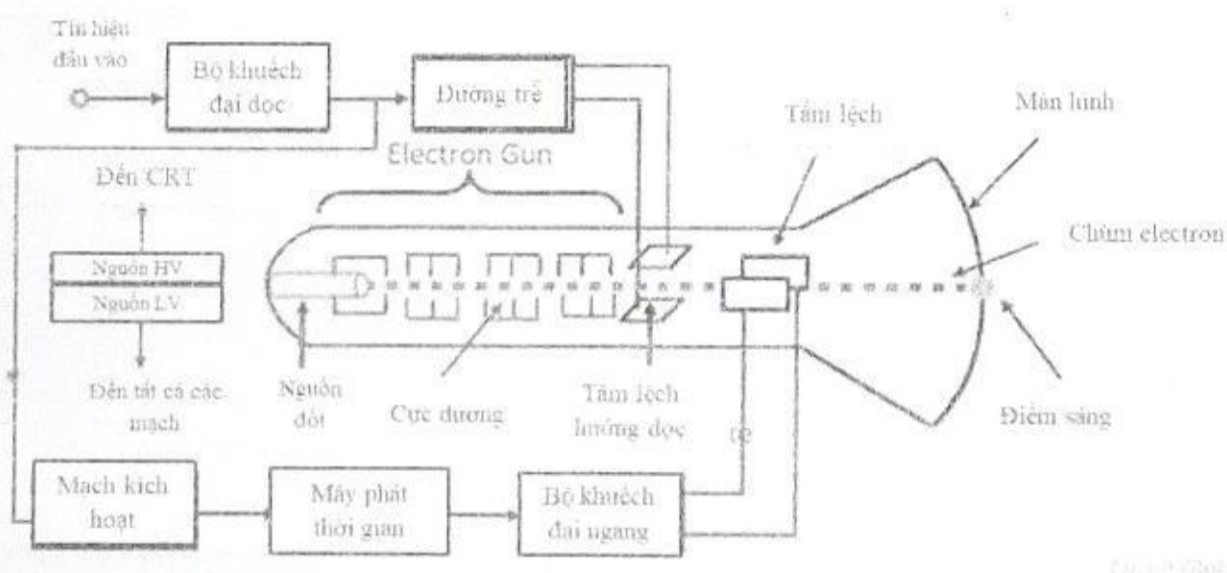
STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Bảng lắp ráp có đục lỗ	1	
2	Biến trở R_b	1	
3	Nguồn phát tần số chức năng	1	

4	Cuộn cảm	1	
5	Dao động kí điện tử	1	
6	Dây nối	Đủ dùng	

4.7.4.1. Dao động kí điện tử hai chùm tia HAMEG HM 303-6.

Để có thể so sánh hai dạng tín hiệu, ta phải quan sát hai tín hiệu đó đồng thời trên màn hình. Muốn vậy, ta phải sử dụng dao động kí điện tử hai chùm tia.

i) Cấu tạo và nguyên lí hoạt động của dao động kí điện tử



Hình 4.7.4. Sơ đồ khối của dao động kí điện tử hai chùm tia.

Sơ đồ khối của dao động kí điện tử hai chùm tia được chỉ ra trên Hình 4.7.4. Nguyên tắc hoạt động của dao động kí điện tử hai chùm tia giống hoàn toàn nguyên tắc hoạt động của dao động kí điện tử một chùm tia. Tín hiệu cần nghiên cứu thứ nhất được đưa vào hai phiến lái tia dọc Y_1 , còn tín hiệu cần nghiên cứu thứ hai được đưa vào hai phiến lái tia dọc Y_2 . Cùng một điện áp quét răng cưa được tạo ra trong máy đặt lên đồng thời hai cặp phiến lái tia

ngang X_1 và X_2 . Mỗi một trong hai cathode phát ra một chùm tia electron độc lập. Chùm tia electron này chịu tác dụng điều khiển của mỗi một điện áp của tín hiệu cần được nghiên cứu và của điện áp quét của chung. Do vậy, mỗi một tia electron này sẽ dao động và quét độc lập với nhau trên màn.

Để tạo được sự đồng bộ đối với các dao động (tín hiệu) cần nghiên cứu, ta phải điều chỉnh tần số của dao động quét nhờ một núm có tên trên máy là TIME / DIV. Trước khi tín hiệu đưa vào hai bản Y_1 và hai bản Y_2 , từng tín hiệu có thể được khuếch đại độc lập sao cho việc quan sát được thuận lợi bằng cách sử dụng núm CH1 VOLTS / DIV (cho tín hiệu vào Y_1) và núm CH2 VOLTS / DIV (cho tín hiệu vào Y_2).

ii) Bảng điều khiển chính của HAMEG HM 303-6

Các hình ảnh dao động kí điện tử tạo ra phải có đủ độ sáng, độ nét, có vị trí thích hợp và phải đứng yên. Chính vì lí do đó mà ta phải nắm vững chức năng điều khiển của các núm trên màn hình của dao động kí điện tử. Mặt trước của dao động kí điện tử hai chùm tia HM 303-6 được mô tả trong Hình 4.7.5.

Một số núm điều khiển cơ bản của HM 303-6 như sau:

(1) **POWER**: Nguồn của máy. Khi cho dao động kí điện tử hoạt động, ấn công tắc này vào **On**, đèn đỏ báo nguồn sáng.

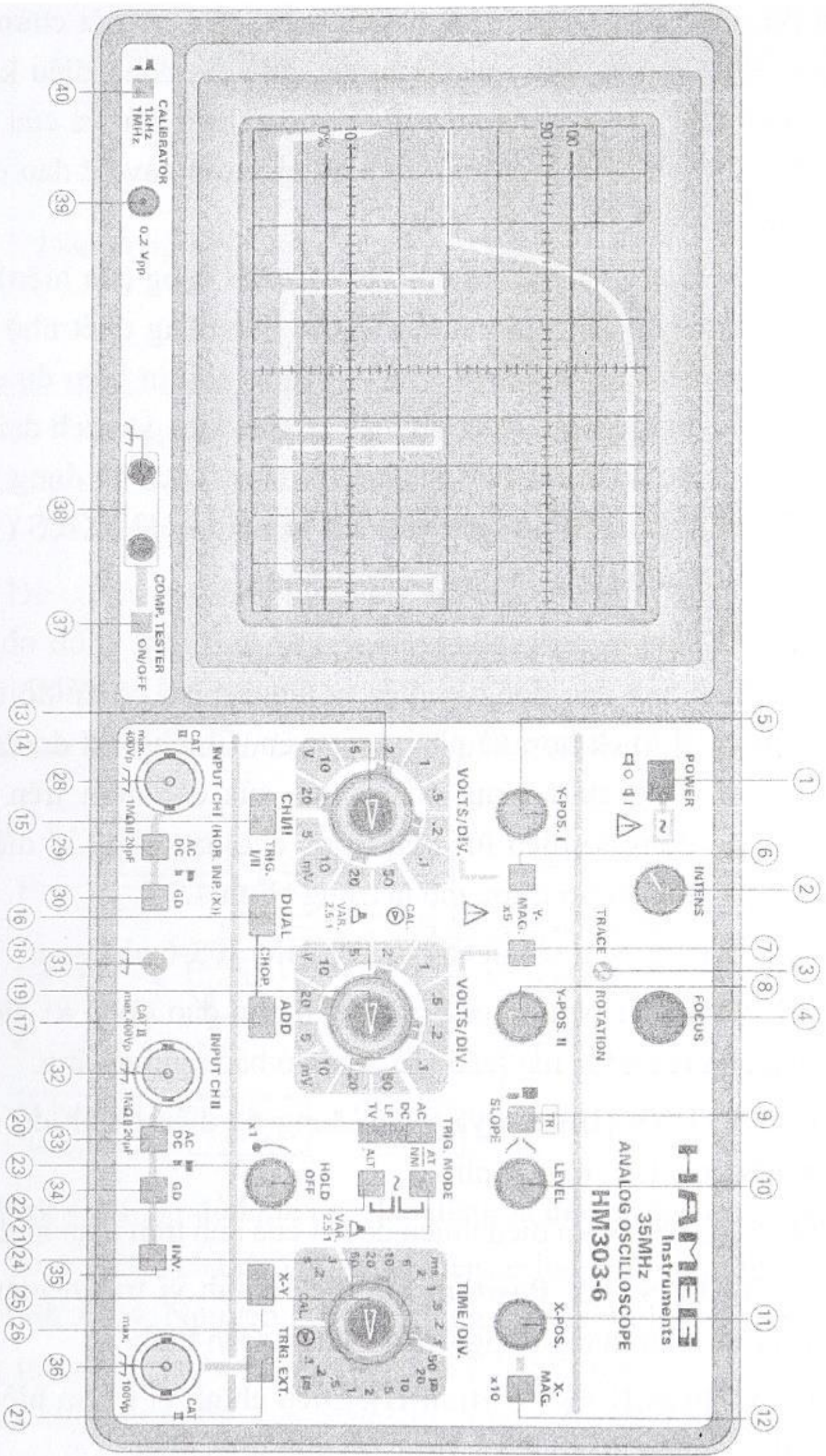
(2) **INTENS (Intensily)**: Núm dùng để điều chỉnh độ sáng, tối của ảnh quét trên màn hình.

(4) **FOCUS**: Núm điều khiển độ nét của ảnh trên màn hình.

(5) **Y- POS.I (Y Position I)**: Điều chỉnh vị trí tín hiệu của kênh 1 theo chiều thẳng đứng (trục Y) trên màn hình.

(8) **Y- POS.II (Y Position II)**: Điều chỉnh vị trí tín hiệu của kênh 2 theo chiều thẳng đứng (trục Y) trên màn hình.

(9) **SLOPE**: Thay đổi pha của tín hiệu vào cả hai kênh CH I và CH II một lượng π .



Hình 4.7.5. Mặt trước của dao động kí điện tử hai chùm tia HAMEG HM 303-6 [10].

(11) X- POS (X-Position): Điều chỉnh vị trí tín hiệu của kênh 1 và kênh 2 qua lại theo chiều nằm ngang.

(13), (18) VOLT/DIV (Volt/division): Các thang đo biên độ tín hiệu. Các thang đo này cho phép chúng ta đo chính xác biên độ ở nhiều khoảng giá trị khác nhau.

(15) CH1/II: Cho tín hiệu hiển thị trên màn hình vào kênh 1 hoặc kênh 2

(16) DUAL: Cho hiển thị trên màn hình tín hiệu của một kênh hoặc cả hai kênh

(24) TIME/DIV: Các thang đo khoảng thời gian tín hiệu. Các thang đo này cho phép chúng ta đo chính xác thời gian ở nhiều khoảng giá trị khác nhau.

(26) X-Y: Tổng hợp hai dao động theo hai kênh CH1, CH2.

(28) INPUT CH I: Đầu vào của tín hiệu kênh CH I. Khi hiển thị ở chế độ quét X-Y thì nó đưa tín hiệu vào trục ngang X.

(29), (33) DC (Direct coupling), AC (Avia coupling): Tín hiệu truyền từ nguồn phát nối vào dao động kí điện tử trực tiếp (DC) hoặc gián tiếp qua tụ (AC)

(30), (34) GD (Ground): Nối âm cực của nguồn điện vào vỏ máy còn được gọi là nối đất hay tín hiệu có giá trị biên độ bằng 0. Khi đó trên màn hình ta thu được một đường thẳng nằm ngang.

(32) INPUT CH II: Đầu vào của tín hiệu kênh CH II. Khi hiển thị ở chế độ quét X-Y thì nó đưa tín hiệu vào trục dọc Y.

(35) INV: Thay đổi pha của tín hiệu vào kênh CH II lượng π .

(39): Nguồn chuẩn phát ra tín hiệu có biên độ 0,2 Vpp.

(40): Chọn tần số chuẩn của nguồn phát 1 kHz hoặc 1 MHz.

iii) *Xác định biên độ, chu kì và tần số tín hiệu trên dao động kí*

Trên dao động kí, mỗi ô vuông theo phương thẳng đứng ứng với một giá trị điện áp theo số chỉ của núm VOLTS/DIV. (núm 13 và 18). Với một dao động điện, U_{pp} là khoảng cách giữa 2 đỉnh của dao động và được tính dựa vào số ô vuông giữa điểm cao nhất và thấp nhất (theo phương thẳng đứng) của dao động trên màn hình dao động kí như trong Hình 4.7.6. Cụ thể:

$$U_{pp} = \text{số ô vuông} \times \frac{\text{VOLTS}}{\text{DIV}} \quad (4.7.6)$$

Ví dụ: Nếu số chỉ của núm 13 và 18 là 0,2 V và khoảng cách giữa 2 đỉnh của dao động là 7 ô vuông như trong Hình 4.7.6 thì biên độ đỉnh - đỉnh:

$$U_{pp} = 7 \times 0,2 \text{ V} = 1,4 \text{ V}.$$

Tương tự, mỗi ô vuông theo phương ngang trên dao động kí ứng với một giá trị thời gian theo số chỉ của núm TIME/DIV (núm 24). Với một dao động điện, chu kì T của dao động là khoảng cách gần nhất giữa 2 điểm có cùng pha và được tính dựa vào số ô vuông giữa hai điểm cùng nằm trên một đường ngang như trong Hình 4.7.6. Cụ thể:

$$T = \text{số ô vuông} \times \frac{\text{TIME}}{\text{DIV}} \quad (4.7.7)$$

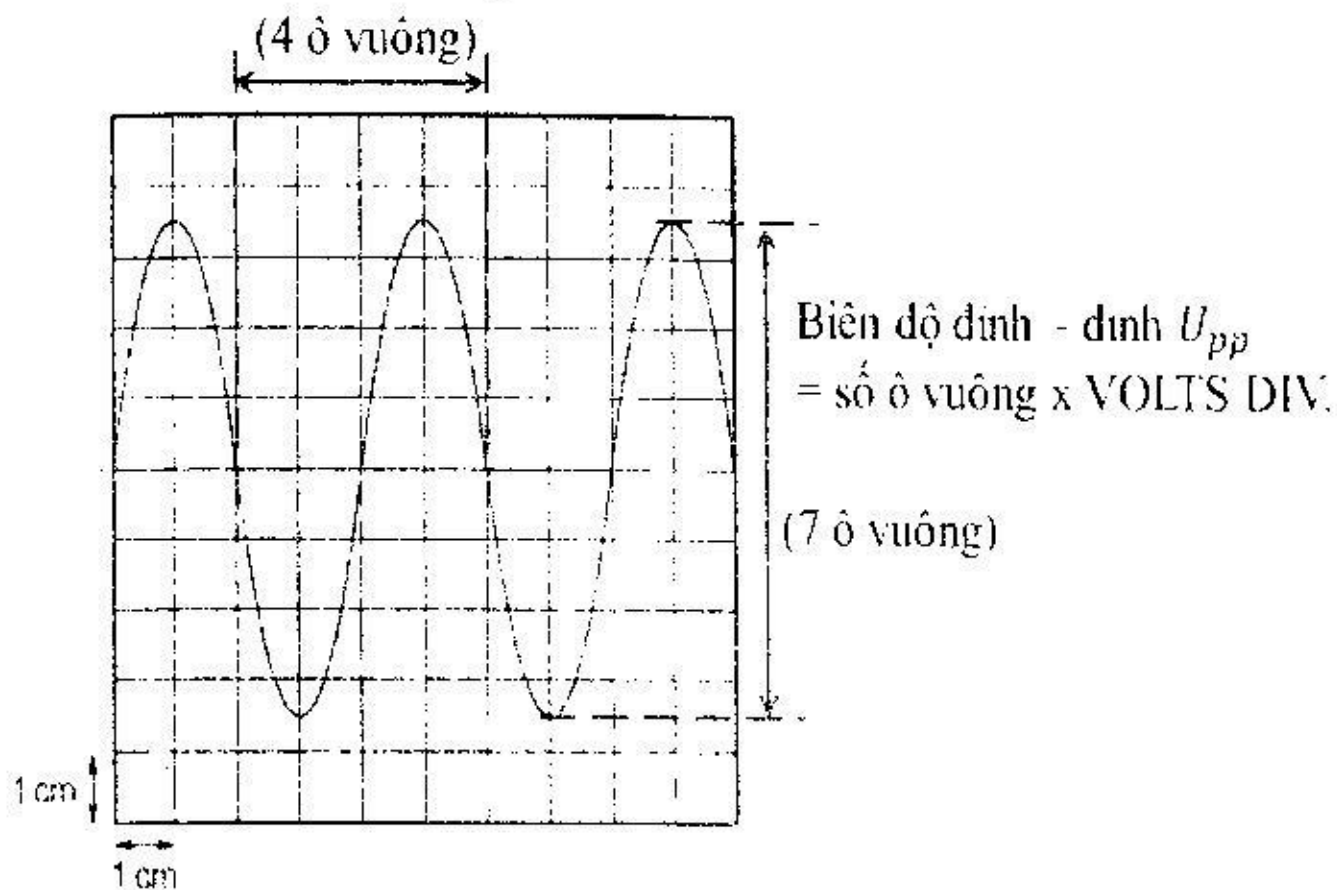
Ví dụ: Nếu số chỉ của núm 24 là 0,1 ms và khoảng cách giữa 2 điểm cùng pha là 4 ô vuông như trong Hình 4.7.6 thì chu kì của dao động:

$$T = 4 \times 0,1 \text{ ms} = 0,4 \text{ ms}.$$

Khi biết chu kì T , tần số f của dao động tính:

$$f = \frac{1}{T} \quad (4.7.8)$$

Chu kì $T = \text{số ô vuông} \times \text{TIME/DIV}$

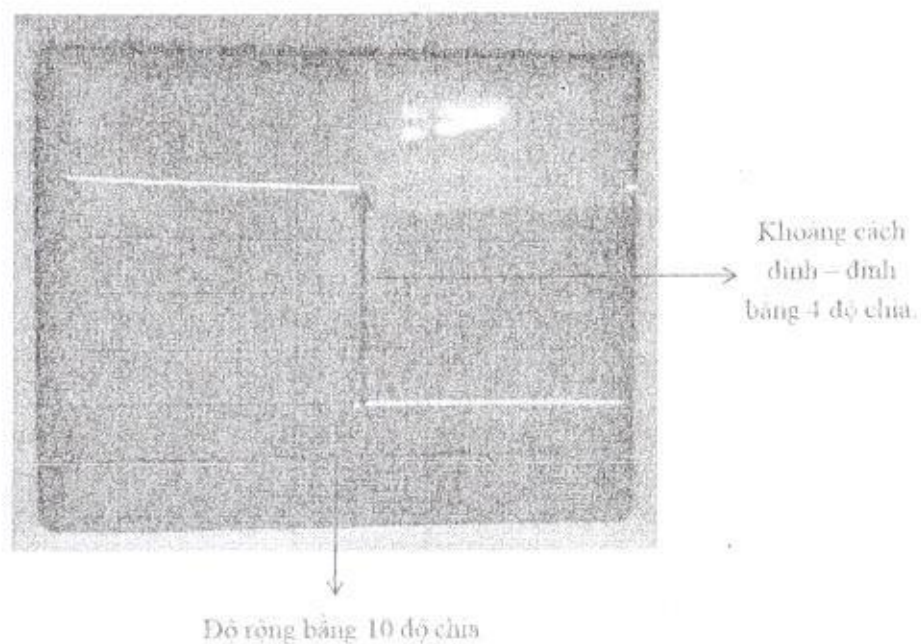


Hình 4.7.6: Cách đọc chu kì trên dao động kí.

iv) Chuẩn máy (Hiệu chỉnh)

Các thiết bị điện tử sau khi tắt máy và không sử dụng một thời gian thì độ chính xác hiển thị bị thay đổi. Vì vậy, để tăng độ chính xác, các thiết bị điện tử cần được chuẩn máy (hiệu chỉnh). Trình tự chuẩn máy như sau:

- Bước 1: Cắm nguồn điện cho Dao động kí rồi ấn nút POWER (1) (đèn sáng).
- Bước 2: Ấn nút CAL (40) để chọn tần số chuẩn là 1kHz.
- Bước 3: Điều chỉnh 2 núm (13) và (18) đến vị trí 50mV/div (mỗi cạnh của ô vuông theo chiều thẳng đứng trên màn hình tương ứng với 50 mV).
- Bước 4: Điều chỉnh núm (24) đến vị trí 0,1 ms/div (mỗi cạnh của ô vuông theo chiều ngang trên màn hình tương ứng với 0,1 ms).
- Bước 5: Nối đầu dương của kênh I với nguồn (39), đầu nối đất mass của kênh I với điểm nối đất (38).



Hình 4.7.7. Hình ảnh thu được sau khi chuẩn máy dao động kí.

Lưu ý:

+ Ấn nút DUAL vào là chọn 2 kênh, nhả ra là chọn 1 kênh. Ở đây ta sẽ nhả nút DUAL ra.

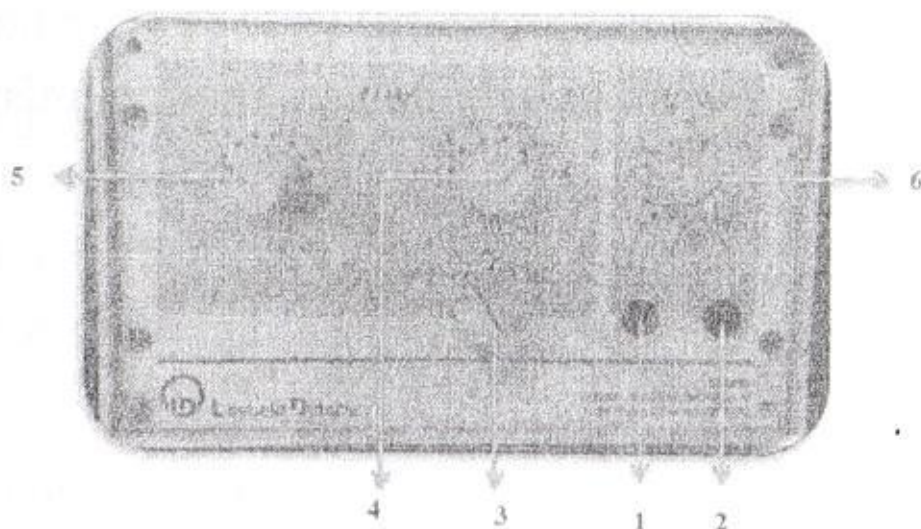
+ Ấn nút CH I/II vào là chọn kênh CH II, ấn ra là chọn kênh CH I Ở đây ta phải ấn nút CH I/II ra để chọn kênh I.

- Bước 6: Vận núm (14) để khoảng cách đỉnh - đỉnh bằng 4 độ chia (4 ô vuông theo phương thẳng đứng) như trong Hình 4.7.7.

- Bước 7: Vận núm (25) để chu kì tín hiệu có độ rộng bằng 10 độ chia (10 ô vuông theo phương ngang) như trong Hình 4.7.7.

- Bước 8: Nối đầu dương của kênh CH II với nguồn (39), đầu nối đất với điểm nối đất (38), sau đó làm tương tự như kênh CH I.

4.7.4.2. Nguồn phát tần số chức năng Function Generation S12



Hình 4.7.8. Mặt trước của máy FUNCTION GENERATION S 12.

- (1) Đầu ra nối đất.
- (2) Đầu ra.
- (3) Điều chỉnh hình dạng của sóng: sóng hình sin, sóng hình tam giác, xung vuông.
- (4) Nút điều chỉnh tần số với mức độ lớn ứng với các cấp nhân khác nhau tăng dần: x0.1; x1; x10; x100; x1000; x2000.
- (5) Nút điều chỉnh tần số liên tục từ 0 đến 10.
- (6) Nút điều chỉnh biên độ của hiệu điện thế.

4.7.5. Tiến trình thí nghiệm

4.7.5.1. Chuẩn máy (Hiệu chỉnh)

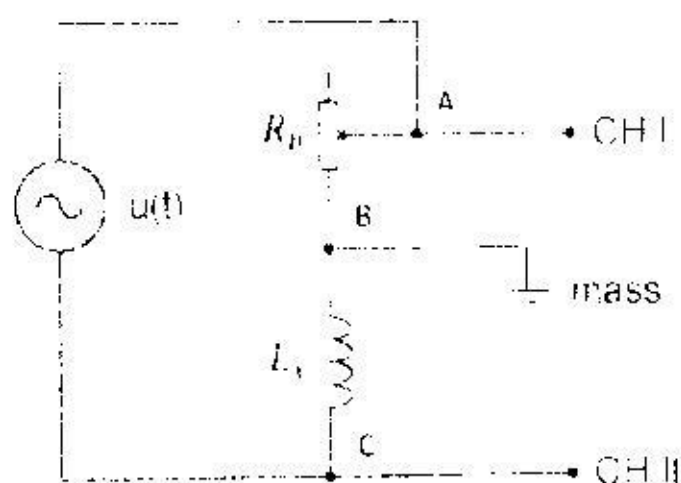
Tham khảo nội dung phần 4.7.4.1. và thực hiện chuẩn máy theo hướng dẫn.

4.7.5.2. Xác định cảm kháng Z_L và độ tự cảm L_x của ống dây

- Bước 1: Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với các kết quả đo dự kiến.

- Bước 2: Lắp đặt các dụng cụ thí nghiệm gồm máy phát tần số $u(t)$, biến trở R_b và ống dây 100 vòng L_x theo sơ đồ mạch điện như Hình 4.7.9. Đặt giá trị ban đầu của $R_b = 100 \Omega$.

- Bước 3: Đặt đầu đo kênh CH I tại A, chân tiếp đất tại B để xác định hiệu điện thế trên hai đầu R_b . Đặt đầu đo kênh CH II tại C, chân tiếp đất tại B để xác định hiệu điện thế trên hai đầu L_x . Ấn nút DUAL (16) và nút X-Y (26) để đặt dao động kí ở chế độ hiển thị đồng thời 2 kênh CH I và CH II.



Hình 4.7.9. Sơ đồ xác định cảm kháng Z_L và độ tự cảm L_x .

- Bước 4: Điều chỉnh các núm VOLTS/DIV, để biên độ tín hiệu hiển thị trên màn hình dao động kí không vượt quá màn hình ($U_{pp} > 10$ ô vuông) hoặc quá nhỏ ($U_{pp} < 5$ ô vuông). Lưu ý: Cả hai kênh CH I và CH II phải có cùng giá trị VOLTS/DIV.

- Bước 5: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_1 = 0,10$ ms, (tần số tín hiệu $f_1 = 10$ kHz). Điều chỉnh núm TIME/DIV, để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng $1 \rightarrow 2$ chu kì dao động.

- Bước 6: Quan sát và chụp hình dạng của tín hiệu trên màn hình dao động kí. So sánh với nội dung trả lời cho câu hỏi 3 trong phần Câu hỏi chuẩn bị bài. Nhận xét về độ lệch pha của $u_R(t)$ và $u_L(t)$ và so sánh với lí thuyết.

- Bước 7: Điều chỉnh giá trị của biến trở R_b sao cho biên độ đỉnh-đỉnh của $u_R(t)$ và $u_L(t)$ bằng nhau. Khi đó, $Z_L = 2\pi f_1 L_x = R_b$. Đọc và ghi giá trị R_b trên biến trở vào bảng số liệu.

- Bước 8: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_2 = 0,20$ ms. Điều chỉnh núm TIME/DIV, để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng $1 \rightarrow 2$ chu kì dao động. Lặp lại bước 7.

- Bước 9: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_2 = 0,25$ ms. Điều chỉnh núm TIME/DIV, để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng $1 \rightarrow 2$ chu kì dao động. Lặp lại bước 7.

- Bước 10: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_2 = 0,50$ ms. Điều chỉnh núm TIME/DIV, để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng $1 \rightarrow 2$ chu kì dao động. Lặp lại bước 7.

- Bước 11: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_2 = 1,00$ ms. Điều chỉnh núm TIME/DIV, để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng $1 \rightarrow 2$ chu kì dao động. Lặp lại bước 7.

- Bước 12: Thay ống dây 100 vòng bằng ống dây 200 vòng. Lập lại các bước từ 1 đến 10.

- Bước 13: Thay ống dây 200 vòng bằng ống dây 300 vòng. Lập lại các bước từ 1 đến 10.

- Bước 14: Đo chiều dài, ngang, và rộng của các ống dây 100, 200, 300 vòng. Ghi vào bảng số liệu.

4.7.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

4.7.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

4.7.6.2. Phân tích kết quả

- Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của cảm kháng Z_L của các cuộn dây theo tần số trên cùng một khung hình.

- Từ đồ thị, làm khớp (fitting) hàm bậc nhất (trong Excel hoặc một phần mềm hỗ trợ vẽ đồ thị) để từ đó tìm ra độ tự cảm L_1, L_2, L_3 của các cuộn dây 100, 200, và 300 vòng.

- Xác định độ tự cảm tương đối của vật liệu cấu tạo nên ống dây theo công thức (4.7.2). Từ độ tự cảm, hãy xác định tên của vật liệu đó và giải thích.

- Tính toán sai số của các phép đo và ghi giá trị cuối cùng của các đại lượng được yêu cầu, kèm theo sai số.

- Nhận xét kết quả thí nghiệm.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

4.7.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bộ cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

4.8. Khảo sát mạch RLC bằng dao động kí điện tử

4.8.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được phương án đo giá trị của một điện trở, một tụ điện chưa biết;

- Xác định được giá trị của một điện trở, điện dung của tụ điện và tần số cộng hưởng trong mạch RLC nối tiếp bằng dao động kí;

- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;

- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;

- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;

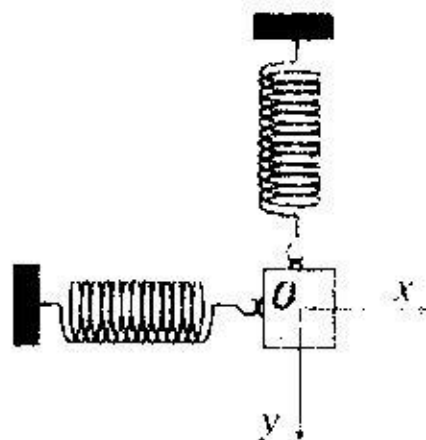
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lí nhóm;

- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

4.8.2. Câu hỏi chuẩn bị đầu bài

Trước khi đến phòng thí nghiệm, sinh viên phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Nêu mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm? Để đạt được mục tiêu đó, bài thí nghiệm này sử dụng phương pháp nào?



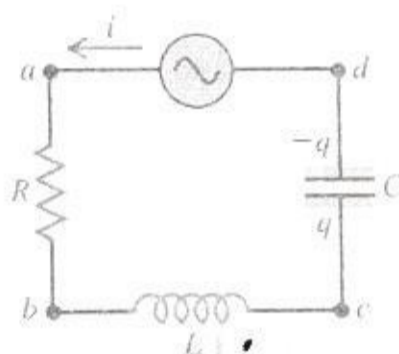
Hình 4.8.1. Tổng hợp dao động theo hai phương vuông góc.

Câu hỏi 2: Cho hai dao động điều hoà cùng tần số, có độ lệch pha $\Delta\varphi$ và dao động theo hai phương vuông góc như trong Hình 4.8.1. Hãy thiết lập phương trình tổng hợp của hai dao động trên.

Câu hỏi 3: Viết phương trình dao động tổng hợp trong Câu hỏi 2 cho các trường hợp: a) $\Delta\varphi = 0$; b) $\Delta\varphi = \pi/2$; Vẽ đồ thị dao động tổng hợp cho từng trường hợp.

Câu hỏi 4: Viết biểu thức tính dung kháng Z_C của tụ điện theo tần số nguồn phát f . Vẽ đồ thị mô tả sự phụ thuộc của Z_C theo f .

Câu hỏi 5: Cho một mạch điện nối tiếp gồm một điện trở R , một cuộn cảm L và một tụ điện C được nối với một nguồn phát có dòng điện $i(t) = I_0 \sin(2\pi ft)$ như Hình 4.8.2.



Hình 4.8.2. Sơ đồ mạch RLC nối tiếp [24].

a) Vẽ giản đồ pha biểu diễn u_R, u_L, u_C và hiệu điện thế u_{ad} của mạch RLC trên.

b) Viết biểu thức tính tần số cộng hưởng f_{ch} của mạch.

c) Tính độ lệch pha giữa hiệu điện thế u_{ad} và u_R ở tần số $f_1 = 2f_{ch}$ và $f_2 = f_{ch}/2$.

Câu hỏi 6: Nếu sơ đồ mạch trong Câu hỏi 5 chỉ có nguồn điện tần số f , R và C (không có L), hãy vẽ hình biểu diễn sự phụ thuộc của $u_R(t)$ và $u_C(t)$ trên cùng một đồ thị theo thời gian trong khoảng $t: 0 \rightarrow 2/f$.

4.8.3. Cơ sở lý thuyết

4.8.3.1. Mạch điện RLC nối tiếp

Xét một mạch điện có một tụ điện C và một điện trở R mắc nối tiếp với nguồn điện $i(t) = I_0 \sin(2\pi ft)$. Khi đó, hiệu điện thế hai đầu R có dạng

$$u_R(t) = U_{0R} \sin(2\pi f t)$$

trong đó $U_{0R} = RI_0$. Hiệu điện thế hai đầu C có dạng:

$$u_C(t) = U_{0C} \sin\left(2\pi f t - \frac{\pi}{2}\right),$$

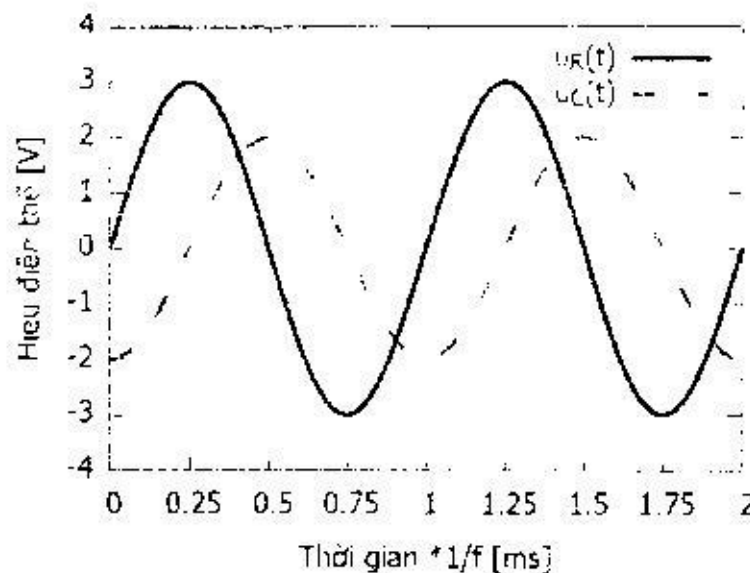
trong đó, $U_{0C} = Z_C I_0$ (với $Z_C = 1/2\pi f C$ là dung kháng của tụ điện). Nói cách khác, hiệu điện thế trên C dao động cùng tần số và chậm pha hơn một góc $\pi/2$ so với hiệu điện thế trên hai đầu điện trở. Hình 4.8.3 mô tả sự lệch pha của hiệu điện thế trên hai đầu tụ điện và điện trở. Nếu biên độ (khoảng cách) đỉnh-đỉnh của hai dao động bằng nhau, ta có:

$$RI_0 = Z_C I_0 \text{ hay } R = 1/2\pi f C$$

Suy ra:

$$C = \frac{1}{2\pi f R} \quad (4.8.1)$$

Như vậy, khi điều chỉnh giá trị của điện trở R hoặc tần số f của nguồn phát sao cho khoảng cách đỉnh-đỉnh của hai dao động $u_R(t)$ và $u_C(t)$ bằng nhau, điện dung C của tụ điện sẽ xác định được từ công thức (4.8.1).



Hình 4.8.3. Sự lệch pha của hiệu điện thế trên hai đầu tụ điện và điện trở.

Xét một mạch điện có một tụ điện C , một điện trở R và một cuộn dây thuần cảm mắc nối tiếp với một nguồn điện xoay chiều

như Hình 4.8.2. Cho dòng điện xoay chiều $i(t) = I_0 \sin(2\pi ft)$ chạy qua mạch, hiệu điện thế hai đầu mạch có dạng:

$$u(t) = U_0 \sin(2\pi ft + \varphi)$$

trong đó, $\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{2\pi fL}{R} - \frac{1}{2\pi fCR} \right)$ là độ lệch pha giữa hiệu điện thế và dòng điện trong mạch. Trong trường hợp các đại lượng thỏa mãn điều kiện:

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

thì $\varphi = \tan^{-1}(0) = 0$. Khi đó, $u(t) = U_0 \sin(2\pi ft)$ cùng pha với $u_R(t) = U_{0R} \sin(2\pi ft)$ và $U_0 = U_{0R} = RI_0$ là hiệu điện thế cực đại trên hai đầu điện trở. Đây chính là hiện tượng cộng hưởng trong mạch RLC. Với các giá trị của L và C cố định, hiện tượng cộng hưởng xảy ra khi tần số của nguồn phát được điều chỉnh đến giá trị:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{LC}. \quad (4.8.2)$$

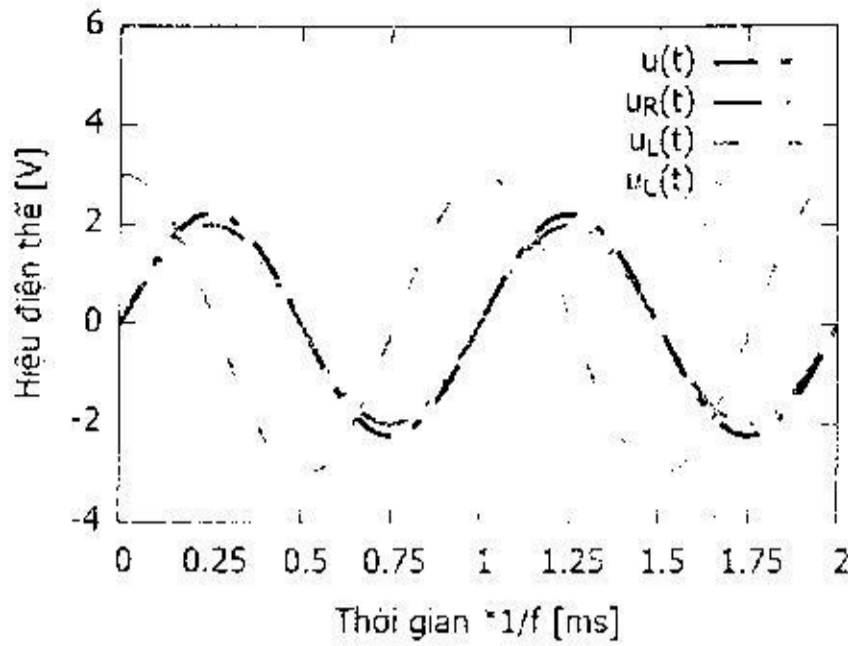
Thực tế, các cuộn dây không thuần cảm, ngoài độ tự cảm L , nó còn có một điện trở nhỏ R_L . Lúc đó, khi f thỏa mãn công thức 4.8.2, hiện tượng cộng hưởng xảy ra, độ lệch pha $\varphi = 0$ nhưng U_{0R} nhỏ hơn U_0 như trong Hình 4.8.4. Dựa vào mối liên hệ của U_{0R} và U_0 , ta xác định được giá trị của R_L . Cụ thể:

$$\frac{U_0}{U_R} = \frac{R + R_L}{R}$$

Suy ra:

$$R_L = \left(\frac{U_0}{U_R} - 1 \right) R \quad (4.8.3)$$

Đo được khoảng cách đỉnh-đỉnh của $u(t)$ và $u_R(t)$ trên dao động kí, biết được giá trị của R , ta có thể xác định được điện trở nội R_L của cuộn cảm.



Hình 4.8.4. Đồ thị dao động của $u_R(t)$, $u_L(t)$, $u_C(t)$ và $u(t)$ theo thời gian.

4.8.3.2. Tổng hợp dao động vuông góc

Giả sử một chất điểm tham gia đồng thời hai dao động điều hòa cùng tần số góc ω và theo hai phương Ox và Oy vuông góc với nhau như trong hình 4.8.1. Dao động theo phương Ox và Oy có phương trình lần lượt là:

$$x = A_1 \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$y = A_2 \cdot \cos(\omega t + \varphi_2)$$

Khai triển hàm cos và rút $\cos(\omega t)$ trong hai phương trình trên, ta thu được phương trình quỹ đạo chuyển động của chất điểm:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (4.8.4)$$

Ta xét một số trường hợp riêng về độ lệch pha và biên độ của hai dao động.

- Nếu hai dao động cùng pha: $\Delta\varphi = (\varphi_2 - \varphi_1) = k2\pi$, công thức (4.8.4) trở thành:

$$\frac{x}{A_1} - \frac{y}{A_2} = 0 \text{ hay } y = \frac{A_2}{A_1} x \quad (4.8.5)$$

- Nếu hai dao động ngược pha: $\Delta\varphi = (k + 1)2\pi$, công thức (4.8.4) trở thành:

$$\frac{x}{A_1} + \frac{y}{A_2} = 0, \text{ hay } y = -\frac{A_2}{A_1}x \quad (4.8.6)$$

Trong cả hai trường hợp trên, quỹ đạo chuyển động của chất điểm là một đường thẳng đi qua gốc tọa độ. Nếu biên độ hai dao động bằng nhau: $A_1 = A_2$, $y = \pm x$ hay quỹ đạo chuyển động là một đường thẳng hợp với phương ngang góc $\pi/4$.

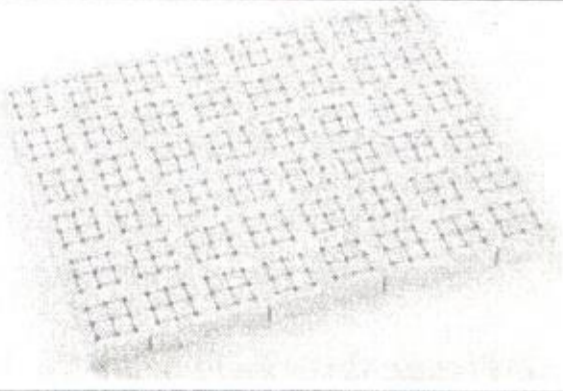
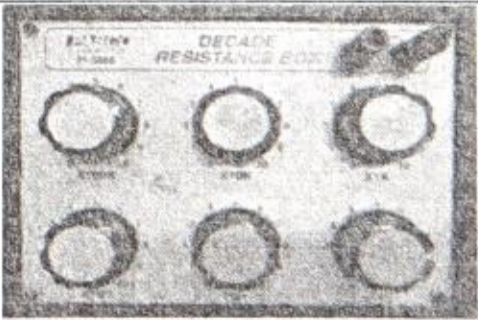
- Nếu hai dao động vuông pha: $\Delta\varphi = (\varphi_2 - \varphi_1) = k\pi + \frac{\pi}{2}$, công thức (4.8.4) trở thành:

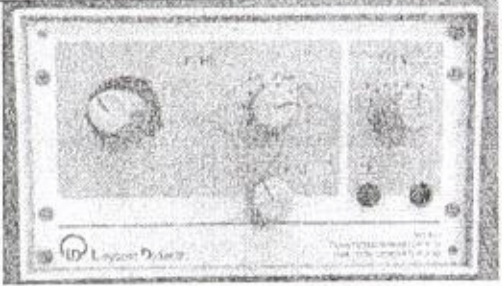

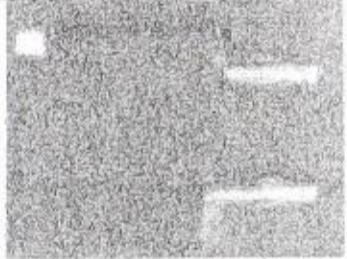

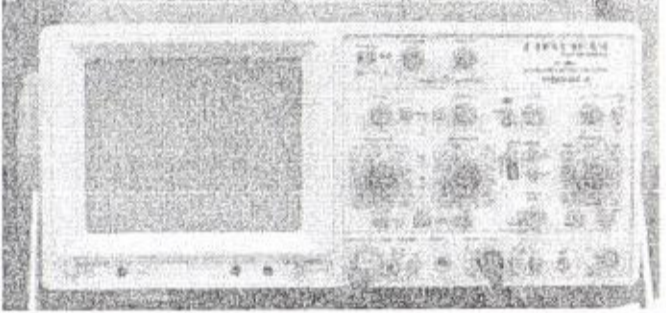

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1 \quad (4.8.7)$$

Suy ra, quỹ đạo chuyển động của chất điểm là một đường ellip vuông. Nếu biên độ hai dao động bằng nhau: $A = A_1 = A_2$, $x^2 + y^2 = A^2$, hay quỹ đạo chuyển động là một đường tròn.

- Nếu hai dao động có độ lệch pha bất kì, quỹ đạo chuyển động của chất điểm là ellip với trục chính và phụ bất kì.

4.8.4. Dụng cụ thí nghiệm

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Bảng lắp ráp có đục lỗ	1	
2	Biến trở R_b	1	

3	Nguồn phát âm tần	1	
4	Điện trở ($R < 1000 \Omega$)	1	
5	Tụ điện cần đo	1	
6	Cuộn cảm	1	
7	Dao động kí điện tử	1	
8	Dây nối	Đủ dùng	

4.8.5. Tiến trình thí nghiệm

4.8.5.1. Chuẩn máy

Tham khảo nội dung phần 4.7.4.1 và thực hiện chuẩn máy theo hướng dẫn.

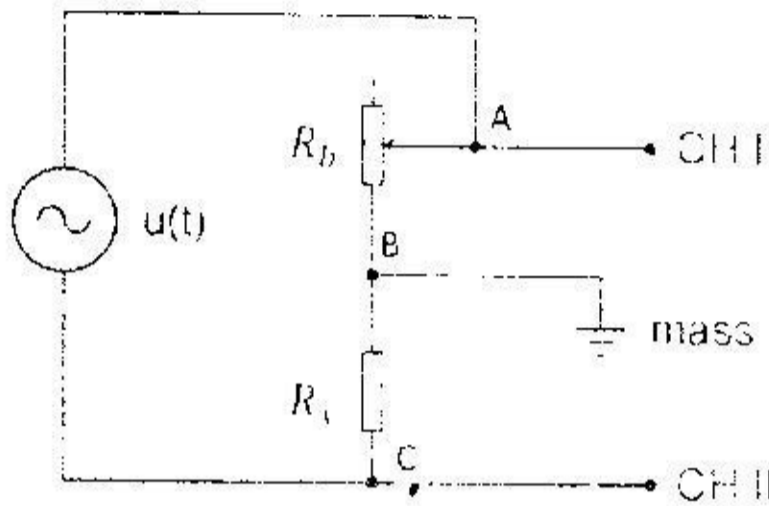
4.8.5.2. Xác định điện trở chưa biết R_x .

- Bước 1: Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với các kết quả đo dự kiến.

- Bước 2: Lắp đặt các dụng cụ thí nghiệm gồm máy phát âm tần $u(t)$, biến trở R_b và điện trở cần đo R_x theo sơ đồ mạch điện như Hình 4.8.5. Đặt giá trị ban đầu của $R_b = 100 \Omega$.

- Bước 3: Đặt đầu đo kênh CH I tại A, chân tiếp đất tại B để xác định hiệu điện thế trên hai đầu R_b . Đặt đầu đo kênh CH II tại C, chân tiếp đất tại B để xác định hiệu điện thế trên hai đầu R_x . Ấn nút DUAL (16) và nút X-Y (26) để đặt dao động kí ở chế độ hiển thị đồng thời 2 kênh CH I và CH II.

- Bước 4: Điều chỉnh các núm VOLTS/DIV. để biên độ tín hiệu hiển thị trên màn hình dao động kí không vượt quá màn hình ($U_{pp} > 10$ ô vuông) hoặc quá nhỏ ($U_{pp} < 5$ ô vuông). Lưu ý: Cả hai kênh CH I và CH II phải có cùng giá trị VOLTS/DIV..



Hình 4.8.5. Sơ đồ mạch để đo giá trị điện trở R_x .

- Bước 5: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_1 = 0,10$ ms. lúc đó tần số tín hiệu $f_1 = 10$ kHz. Điều chỉnh núm TIME/DIV. để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng 1 → 2 chu kì dao động.

- Bước 6: Nhấn vào núm X-Y (26) trên dao động kí để chuyển sang chế độ tổng hợp hai dao động vuông góc có cùng tần số. Khi đó, trên màn hình dao động kí sẽ xuất hiện một đường thẳng. Điều chỉnh giá trị của biến trở R_b để cho đường thẳng hợp với phương ngang một góc $\pi/4$. Khi đó, biên độ dao động $U_{R_x} = U_{R_b}$ hay $R_x = R_b$. Đọc và ghi giá trị R_b trên biến trở vào bảng số liệu.

- Bước 7: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_2 = 0,20$ ms. Điều chỉnh

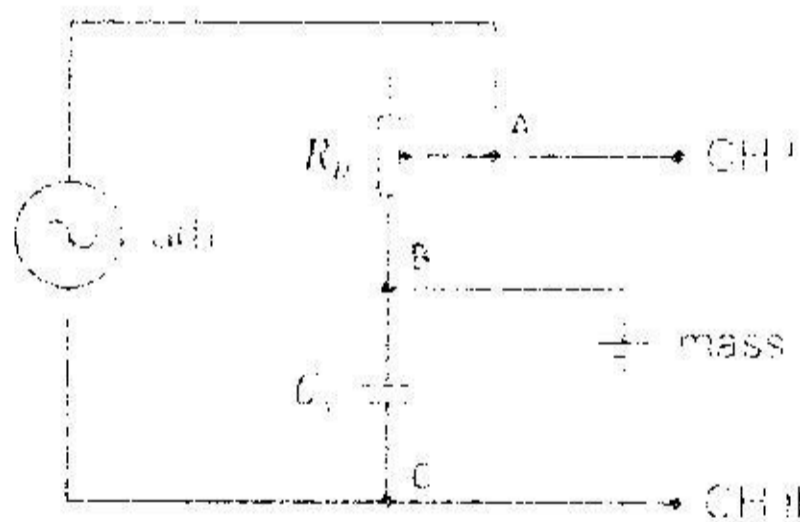
núm TIME/DIV. để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng 1 → 2 chu kì dao động. Lập lại bước 6.

- Bước 8: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_3 = 0,50$ ms. Điều chỉnh núm TIME/DIV. để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng 1 → 2 chu kì dao động. Lập lại bước 6.

4.8.5.3. Xác định dung kháng Z_C và điện dung C_x của tụ điện

- Bước 1: Lắp đặt các dụng cụ thí nghiệm gồm máy phát âm tần $u(t)$, biến trở R_b và tụ điện cần đo C_x theo sơ đồ mạch điện như Hình 4.8.6. Đặt giá trị ban đầu của $R_b = 100 \Omega$.

- Bước 2: Đặt đầu đo kênh CH I tại A, chân tiếp đất tại B để xác định hiệu điện thế trên hai đầu R_b . Đặt đầu đo kênh CH II tại C, chân tiếp đất tại B để xác định hiệu điện thế trên hai đầu C_x . Ấn nút DUAL (16) và nút X-Y (26) để đặt dao động kí ở chế độ hiển thị đồng thời 2 kênh CH I và CH II.



Hình 4.8.6. Sơ đồ xác định dung kháng Z_C và điện dung C_x .

- Bước 3: Điều chỉnh các núm VOLTS/DIV. để biên độ tín hiệu hiển thị trên màn hình dao động kí không vượt quá màn hình ($U_{pp} > 10$ ô vuông) hoặc quá nhỏ ($U_{pp} < 5$ ô vuông). **Lưu ý:** Cả hai kênh CH I và CH II phải có cùng giá trị VOLTS/DIV..

- Bước 4: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_1 = 0,10$ ms (tần số tín hiệu $f_1 = 10$ kHz). Điều chỉnh núm TIME/DIV. để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng 1 → 2 chu kì dao động.

- Bước 5: Nhấn vào nút X-Y (26) trên dao động kí để chuyển sang chế độ tổng hợp hai dao động vuông góc có cùng tần số. Khi đó, trên màn hình dao động kí sẽ xuất hiện một ellip vuông. Điều chỉnh giá trị của biến trở R_b để cho ellip trở thành đường tròn. Khi đó, biên độ dao động $U_{C_x} = U_{R_b}$ hay $Z_C = R_b$. Đọc và ghi giá trị R_b trên biến trở vào bảng số liệu.

- Bước 6: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_2 = 0,20$ ms. Điều chỉnh nút TIME/DIV, để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng 1 → 2 chu kì dao động. Lặp lại bước 5.

- Bước 7: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_3 = 0,25$ ms. Điều chỉnh nút TIME/DIV, để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng 1 → 2 chu kì dao động. Lặp lại bước 5.

- Bước 8: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_4 = 0,50$ ms. Điều chỉnh nút TIME/DIV, để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng 1 → 2 chu kì dao động. Lặp lại bước 5.

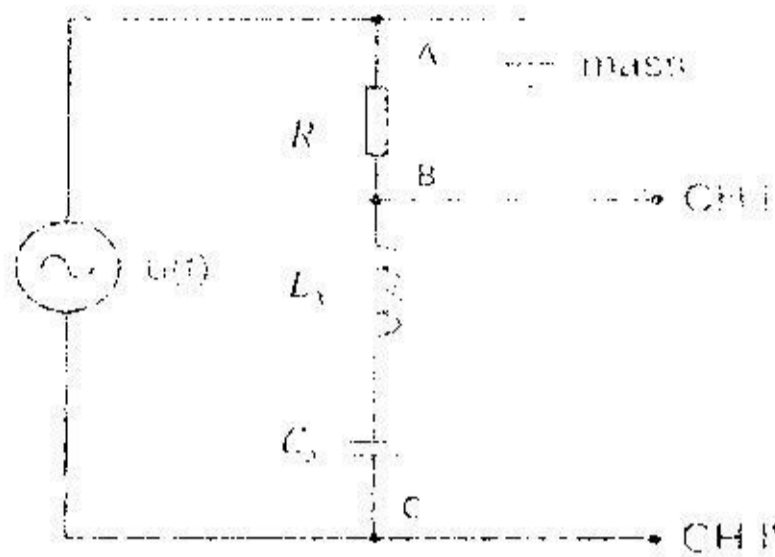
- Bước 9: Điều chỉnh tần số của máy phát âm tần để tín hiệu trên màn hình dao động kí có chu kì $T_5 = 1,00$ ms. Điều chỉnh nút TIME/DIV, để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng 1 → 2 chu kì dao động. Lặp lại bước 5.

4.8.5.4. Xác định tần số cộng hưởng f_{ch} trong mạch RLC nối tiếp

- Bước 1: Lắp đặt các dụng cụ thí nghiệm gồm máy phát âm tần $u(t)$, biến trở R_b , cuộn cảm L (cuộn dây 300 vòng) và tụ điện C_x theo sơ đồ mạch điện như Hình 4.8.7. Đặt giá trị ban đầu của $R_b = 100 \Omega$.

- Bước 2: Đặt đầu đo kênh CH I tại B, chân tiếp đất tại A để xác định hiệu điện thế U_R trên hai đầu R_b . Đặt đầu đo kênh CH II tại C, chân tiếp đất tại A để xác định hiệu điện thế U_0 trên hai đầu của mạch RLC nối tiếp. Ấn nút DUAL (16) và nút X-Y (26) để đặt dao động kí ở chế độ hiển thị đồng thời 2 kênh CH I và CH II.

- Bước 3: Điều chỉnh các núm VOLTS/DIV. để biên độ tín hiệu hiển thị trên màn hình dao động kí không vượt quá màn hình ($U_{pp} > 10$ ô vuông) hoặc quá nhỏ ($U_{pp} < 5$ ô vuông). **Lưu ý:** Cả hai kênh CH I và CH II phải có cùng giá trị VOLTS/DIV.



Hình 4.8.7. Sơ đồ xác định tần số cộng hưởng trong mạch RLC nối tiếp.

- Bước 5: Nhấn vào núm X-Y (26) trên dao động kí để chuyển sang chế độ tổng hợp hai dao động vuông góc có cùng tần số. Khi đó, trên màn hình dao động kí sẽ xuất hiện một ellip. Điều chỉnh máy phát âm tần để cho ellip trở thành đường thẳng. Khi đó, $U_0 \approx U_R$ hay $Z_C = Z_L$, mạch xảy ra cộng hưởng.

- Bước 6: Nhấn/thả núm X-Y (26) trên dao động kí để chuyển sang chế độ hiển thị tổng hợp hai kênh. Điều chỉnh núm TIME/DIV. để tín hiệu hiển thị trên màn hình khoảng 1 → 2 chu kì dao động.

- Bước 7: Đọc giá trị chu kì T trên màn hình dao động kí và ghi vào bảng số liệu.

- Bước 8: Đọc giá trị của U_0 và U_R trên màn hình dao động kí và ghi vào bảng số liệu.

- Bước 9: Thực hiện lại bước 5, 6, 7, 8 thêm 02 lần.

4.8.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

4.8.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

4.8.6.2. Phân tích kết quả

- Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của dung kháng Z_C và giá trị điện trở R_x của các tụ điện và điện trở cần đo theo tần số trên cùng một hình từ số liệu trong bảng số liệu.

- Đề xuất phương pháp xác định điện dung của tụ điện từ đồ thị.

- Xác định tần số cộng hưởng từ chu kỳ cộng hưởng.

- Xác định điện trở nội bên trong cuộn cảm từ bảng số liệu.

- Xác định sai số của các phép đo và ghi giá trị cuối cùng của các đại lượng được yêu cầu, kèm theo sai số.

- Nhận xét kết quả thí nghiệm.

- Phân tích các nguyên nhân sai số và chỉ ra hướng khắc phục (nếu có)

4.8.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

CHƯƠNG 5

THÍ NGHIỆM DAO ĐỘNG VÀ SÓNG

5.1. Làm quen với các dụng cụ đo trong dao động và sóng

5.1.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Sử dụng thành thạo máy phát âm tần để tạo sóng;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

5.1.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

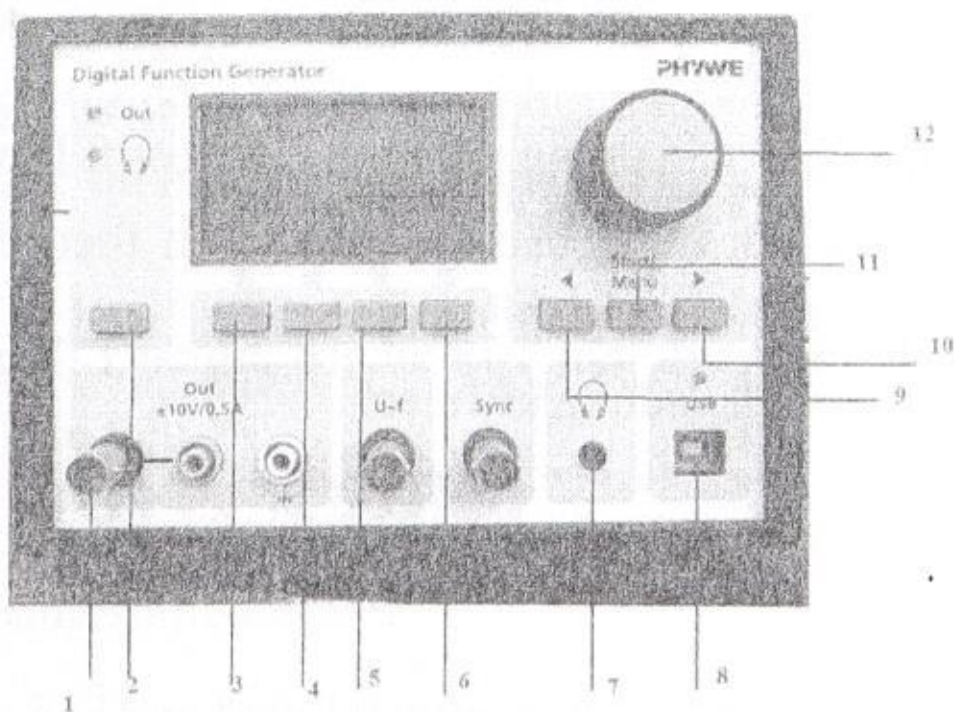
Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để tạo sóng cơ, ta dùng dụng cụ nào?

Câu hỏi 3: Để tạo sóng hình sin, nên điều chỉnh máy phát âm tần như thế nào?

5.1.3. Cơ sở lý thuyết

i) Máy phát âm tần (máy phát chức năng kỹ thuật số)



Hình 5.1.1. Mô tả các nút chức năng của máy phát âm tần.

Máy phát âm tần (còn gọi là máy phát chức năng kỹ thuật số) (Hình 5.1.1) được sử dụng như một nguồn điện áp có thể lập trình cho các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, đặc biệt là trong âm học, điện/điện tử và thí nghiệm liên quan đến cảm giác nghe. Máy phát âm tần có thể được sử dụng như một thiết bị độc lập phổ biến hoặc nó có thể được điều khiển qua cổng USB. Tổng cộng có 4 đầu ra:

- 1 đầu ra bộ khuếch đại, có thể được sử dụng như một nguồn điện áp cho dòng cao hơn.

- 1 đầu ra tai nghe,

- 1 đầu ra đồng bộ tạo ra sóng vuông tín hiệu (mức TTL) ở tần số được chọn,

- 1 đầu ra $U \sim f$ có thể cung cấp điện áp một chiều tỉ lệ với tần số được chọn.

ii) Các nút điều khiển và chức năng

- (1) Ngõ ra đồng bộ (ngõ xuất) với bộ khuếch đại tần số thấp bằng cáp BNC.

- (2) Nút về màn hình chính.

- (3) Điều chỉnh quay trở về màn hình trước.

- (4) Điều chỉnh tần số tùy ý.

- (5) Thay đổi dạng tín hiệu: Sinc, tam giác, hình vuông, dải tần số, đường nối điện áp.

- (6) Điều chỉnh biên độ.

- (7) Ngõ ra tai nghe qua ổ cắm 3,5 mm: Chuyển sang lựa chọn tai nghe hoặc loa chuẩn.

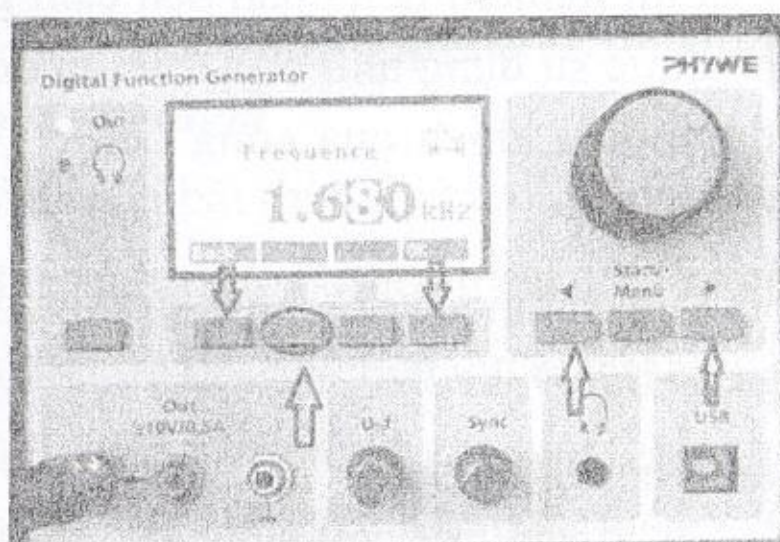
- (8) Cổng USB 2.0: Cài đặt qua các nút và núm hoặc phần mềm hỗ trợ thông qua USB.

- (9) Nút điều chỉnh sang chữ số bên trái màn hình.

(10) Nút điều chỉnh sang chữ số bên phải màn hình.

(11) Màn hình ban đầu.

(12) Nút điều chỉnh tần số tăng lên (hoặc hạ xuống).



Hình 5.1.2. Mô tả cách điều chỉnh tần số.

iii) Cách điều chỉnh tần số

- Nhấn nút (4), trên màn hình điều chỉnh tần số xuất hiện 4 chữ số như Hình 5.1.2.

- Nhấn nút (9) hoặc (10) để dịch con trỏ trên màn hình sang trái hoặc sang phải một chữ số.

- Vặn nút xoay (12) để tăng hoặc giảm tần số.

- Điều chỉnh xong, nhấn nút OK để thoát khỏi chức năng điều chỉnh tần số. Trên Hình 5.1.2, nút OK hiện góc dưới phải màn hình.

5.1.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ thí nghiệm	Số lượng	Hình ảnh
1	Máy phát âm tần 13654-99	1	A photograph of the physical Digital Function Generator device, showing its front panel with the display and control buttons.

5.1.5. Tiến trình thí nghiệm

- Bước 1: Thiết kế bảng số liệu.
- Bước 2: Bật công tắc (O-I) phía sau máy về phía I.
- Bước 3: Nhấn nút (6) và vặn núm (12) để chọn biên độ của tín hiệu đầu ra là 3.000 V (trên màn hình máy phát âm tần, dấu "." là dấu thập phân).
- Bước 4: Nhấn nút (5) và vặn núm (12) để lựa chọn tín hiệu sóng hình sin.
- Bước 5: Nhấn nút (4) và vặn núm (12) để điều chỉnh tần số phù hợp.
- Bước 6: Nhấn nút (9) hoặc (10) để chọn các tần số 1000 Hz, 1100 Hz, 1110 Hz, 1111 Hz hoặc 1111,1 Hz.
- Bước 7: Tắt máy phát âm tần bằng cách bật công tắc về 0.

5.1.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

5.1.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.
- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.
- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

5.1.6.2. Phân tích kết quả

- Nhận xét về những khó khăn khi sử dụng máy phát âm tần.

5.1.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

5.2. Xác định moment quán tính của vật rắn

5.2.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Trình bày được các phương án thí nghiệm để đo hệ số phục hồi của lò xo xoắn;
- Thiết kế được các phương án thí nghiệm để đo moment quán tính của một vật rắn sử dụng con lắc xoắn;
- Thực hiện được thí nghiệm đúng quy trình để xác định moment quán tính của các vật rắn sử dụng con lắc xoắn;
- Phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

5.2.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm này là gì?

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu ngắn gọn vai trò của các dụng cụ, thiết bị đo trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Liệt kê các phương pháp có thể sử dụng để đo moment quán tính của vật rắn

Câu hỏi 4: Viết công thức tính moment của lực đối với trục quay.

Câu hỏi 5: Viết phương trình dao động con lắc xoắn.

Câu hỏi 6: Cho con lắc xoắn có hệ số phục hồi D . Thiết kế phương pháp xác định giá trị của hệ số phục hồi đó.

Câu hỏi 7: Thiết lập biểu thức tính chu kỳ dao động của con lắc xoắn. Từ đó suy ra công thức tính moment quán tính của vật.

Câu hỏi 8: Trình bày tiến trình thí nghiệm đo moment quán tính của một vật bằng phương pháp dao động con lắc xoắn.

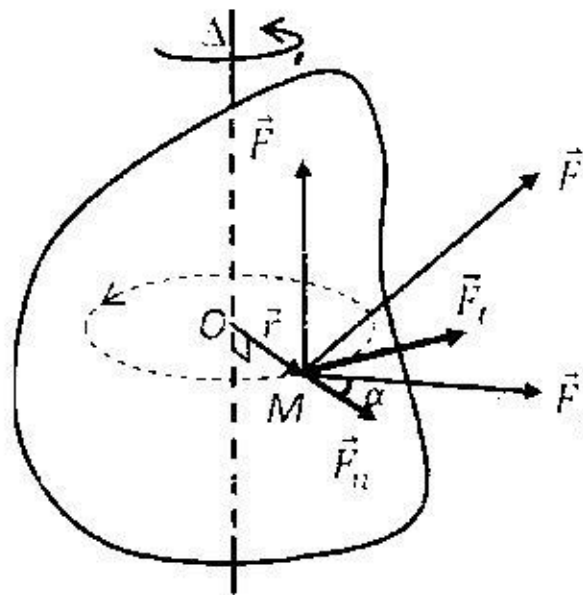
Câu hỏi 9: Nêu phương pháp đo chu kỳ dao động của con lắc xoắn sử dụng đồng hồ đo thời gian TIMER COUNTER AT-01.

Câu hỏi 10: Thiết kế bảng kết quả thí nghiệm cho các đại lượng cần đo trong bài thí nghiệm.

5.2.3. Cơ sở lý thuyết

5.2.3.1. Moment quán tính

Vật rắn là một hệ các chất điểm mà khoảng cách giữa hai chất điểm bất kì trên nó luôn không đổi. Khi vật rắn quay quanh một trục cố định Δ thì quỹ đạo mỗi chất điểm trên nó là đường tròn nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay và có tâm nằm trên trục quay. Đồng thời, mọi chất điểm trên vật rắn đều có cùng vận tốc góc ω và gia tốc góc β đối với trục quay đó.



Hình 5.2.1. Phân tích lực tác dụng lên vật rắn đang quay.

Giả sử có một lực \vec{F} tác dụng lên vật rắn tại một điểm M cách trục quay một khoảng r , ứng với vector bán kính là \vec{r} như trong Hình 5.2.1. Từ phân tích lực trên Hình 5.2.1, ta thấy chỉ thành phần lực tiếp tuyến \vec{F}_t của vector lực \vec{F} gây ra sự thay đổi trạng thái quay (thay đổi tốc độ góc hay tạo ra gia tốc góc) của vật rắn quanh trục Δ . Khi đó, moment của lực \vec{F} đối với trục quay Δ cũng chính là moment của \vec{F}_t :

$$\vec{\mu} = \vec{r} \times \vec{F}_t$$

và có độ lớn

$$\mu = rF_t = rF_{\perp} \sin \alpha$$

Moment lực này sẽ làm cho vật rắn quay với gia tốc góc β được xác định bởi công thức:

$$\beta = \frac{\mu}{I} \quad (5.2.1)$$

trong đó, I là moment quán tính của vật rắn đối với trục quay Δ và đặc trưng cho quán tính của vật trong chuyển động quay xung quanh trục đó. Phương trình (5.2.1) là phương trình cơ bản của vật rắn quay quanh một trục (hay còn gọi là định luật II Newton cho chuyển động quay) và có dạng giống định luật II Newton cho chuyển động tịnh tiến $a = F/m$. Như vậy đối với chuyển động quay, moment quán tính I có vai trò tương tự như khối lượng m trong chuyển động tịnh tiến.

Moment quán tính của vật rắn đối với trục quay phụ thuộc vào khối lượng của vật rắn và vị trí của trục quay và được tính theo công thức:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 \quad (5.2.2)$$

trong đó, m_i là khối lượng của phần tử thứ i nằm cách trục quay Δ một khoảng r_i . Trong hệ đơn vị SI, moment quán tính có đơn vị kgm^2 .

5.2.3.2. Phương trình dao động

Dao động của con lắc lò xo xoắn (gọi tắt là con lắc xoắn) và con lắc lò xo thẳng có sự tương tự nhau.

Đối với con lắc lò xo thẳng, phương trình dao động có dạng:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = 0 \quad (5.2.3)$$

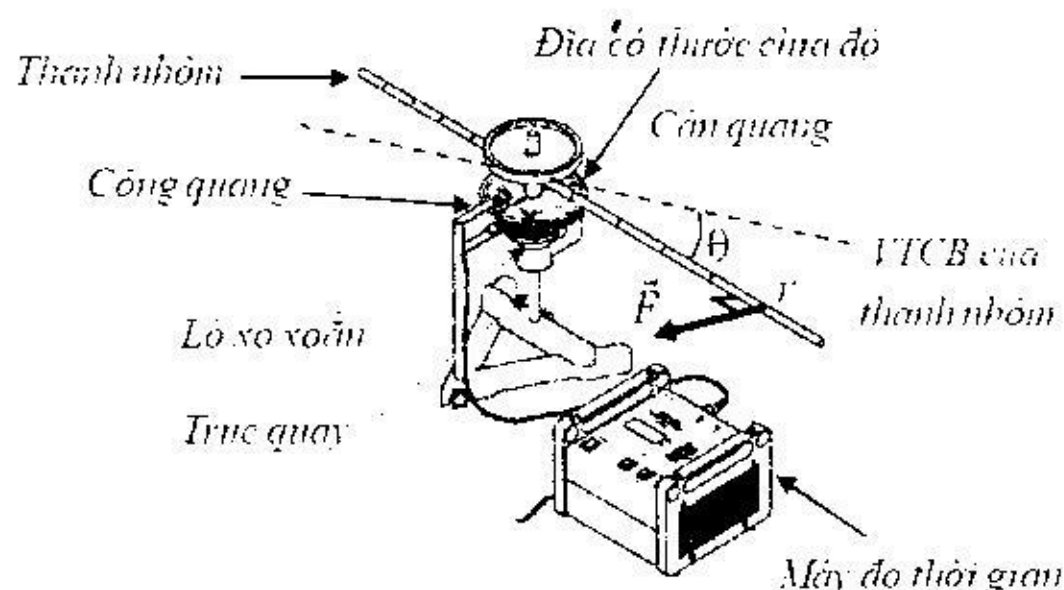
trong đó, x là li độ dao động hay độ dời từ vị trí cân bằng, k là hệ số đàn hồi (độ cứng) của lò xo. Nghiệm của phương trình vi phân (5.2.3) là một hàm dao động điều hòa có chu kỳ dao động T chỉ phụ thuộc vào khối lượng m của quả nặng và hệ số đàn hồi k của lò xo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Xét một hệ đo với một lò xo xoắn gắn ở trục quay như trong Hình 5.2.2. Dùng tay quay thanh nhôm lệch khỏi vị trí cân bằng (VTCB) của nó một góc θ , lò xo xoắn sẽ tác dụng vào thanh một moment lực phục hồi τ có độ lớn tỉ lệ với góc lệch θ :

$$\tau = D\theta$$

với hệ số tỉ lệ D được gọi là hệ số phục hồi của lò xo xoắn. Nếu buông tay ra khỏi thanh nhôm, dưới tác dụng của moment lực phục hồi τ thanh nhôm sẽ dao động.



Hình 5.2.2. Cấu tạo của hệ đo moment quán tính của vật rắn.

Tương tự như con lắc lò xo thẳng, khi thay m bởi I , k bởi D và x bởi θ trong (5.2.3), ta được phương trình dao động của con lắc xoắn:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} + D\theta = 0 \quad (5.2.4)$$

Tương tự như con lắc lò xo thẳng, chu kỳ dao động của con lắc xoắn có dạng:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{D}}$$

Từ đó, moment quán tính I của hệ đo được xác định theo công thức:

$$I = \frac{DT^2}{4\pi^2} \quad (5.2.5)$$

Từ công thức (5.2.5), để xác định được moment quán tính I của hệ đo, ta cần xác định chu kỳ dao động T và hệ số phục hồi D . Chu kỳ dao động T có thể dễ dàng xác định bằng máy đo thời gian với công quang điện và cân quang gắn trên trục quay của hệ đo. Hệ số phục hồi D của lò xo xoắn được xác định như sau:

- Kéo thanh nhôm lệch khỏi VTCB một góc θ bởi một lực \vec{F} đặt tại một điểm trên thanh và cách trục quay một khoảng r . Lực \vec{F} vuông góc với mặt phẳng chứa thanh và trục quay của hệ. Khi thanh cân bằng, moment lực hồi phục do lò xo xoắn tác dụng lên thanh ngang cân bằng với moment của lực \vec{F} :

$$D\theta = Fr$$

Khi đó, hệ số hồi phục D của lò xo xoắn được tính theo công thức:

$$D = \frac{Fr}{\theta} \quad (5.2.6)$$

Trong bài thí nghiệm này, độ lớn F được đo bằng lực kế, khoảng cách r được xác định bởi thước dây và góc lệch θ của thanh nhôm khỏi VTCB được xác định bởi thước chia độ gắn trên đĩa của hệ đo.

Để xác định moment quán tính I_v của một vật rắn đối với trục quay Δ nào đó, ta gắn vật rắn vào hệ đo sao cho trục quay của hệ đo trùng với trục Δ của vật. Xác định chu kỳ dao động T' của hệ gồm hệ đo và vật rắn gắn trên nó rồi thế vào công thức (5.2.5), ta thu được moment quán tính I' của hệ gồm hệ đo và vật rắn:




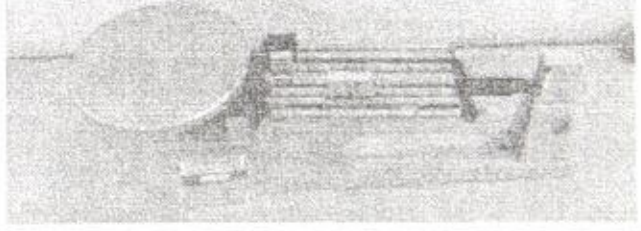


$$I' = \frac{DT'^2}{4\pi^2} \quad (5.2.7)$$

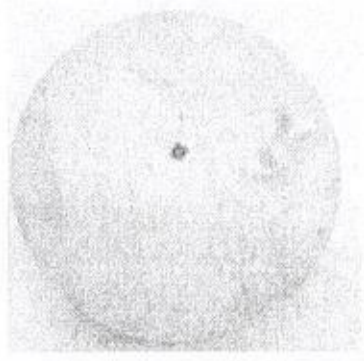

Từ đó, moment quán tính của vật rắn được xác định theo công thức:

$$I_v = I' - I \quad (5.2.8)$$

5.2.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Con lắc xoắn với cổng quang điện (hệ đo moment quán tính)	1	
2	Máy đo thời gian TIMER COUNTER AT-01	1	
3	Lực kế chính xác	1	
4	Cân khối lượng	1	
5	Quả nặng	2	
6	Khối cầu gỗ	1	

7	Khối trụ gỗ	1	
8	Thước đo độ dài (thước cuộn)	1	

5.2.4.1. Con lắc lò xo xoắn

Lắp đặt con lắc xoắn lên giá đỡ như trong Hình 5.2.2. Gắn thanh nhôm qua lỗ của trục con lắc cho tới khi trục trùng với điểm chính giữa của thanh, dùng vít vặn chặt thanh nhôm lại.

5.2.4.2. Máy đo thời gian

Máy đo thời gian được thiết kế để đo chu kỳ dao động của con lắc hoặc khoảng thời gian giữa hai biến cố. Độ chính xác của máy đo là 0,01s hoặc 0,001s (Hình 5.2.3).

Để đo chu kỳ của con lắc xoắn ta nối cổng quang với lỗ cắm P1 bằng đầu cắm chuyên dùng. Cổng quang bao gồm một nguồn phát tia hồng ngoại và một photodiode (diode quang) đặt đối diện sao cho ánh sáng từ nguồn chiếu thẳng vào diode quang.

Máy đo thời gian được thiết kế để khi cản quang cắt ngang đường đi của tia sáng nói trên lần thứ nhất thì máy bắt đầu đếm cho tới khi cản quang cắt ngang tia sáng lần thứ n thì dừng đếm. Trong đó, n do ta thiết lập trước cho máy.

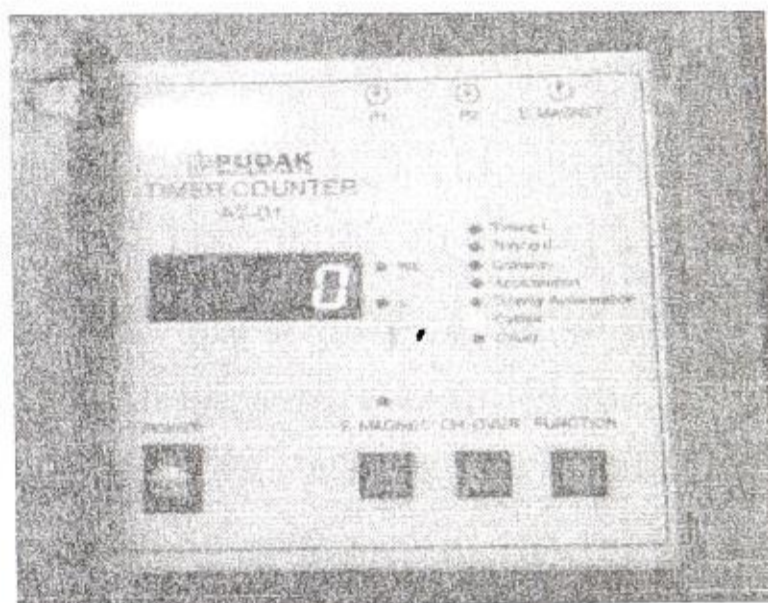
Chức năng và cách sử dụng:

- Timing I: Ghi thời gian che mỗi cửa quang điện.
- Timing II: Ghi thời gian đi hết quãng đường từ cửa quang điện 1 đến cửa quang điện 2.
- Collision: Đo khoảng thời gian va chạm.
- Acceleration: Đo gia tốc của vật chuyển động.

- Gravity Acceleration: Đo gia tốc rơi tự do.
- Cycles: Đo tổng thời gian của n chu kỳ dao động. Số chu kỳ dao động n có thể được thiết lập bằng nút CH. OVER
- Count: Đếm số lần chặn cửa quang điện.

Khi dùng máy đo ở chế độ đo nào ta bấm nút Function để chuyển đến chế độ đo đó. Khi đến chế độ đo nào thì đèn báo ở chế độ đó sẽ sáng.

Khi đo thời gian thì đơn vị đo mặc định ban đầu là miligiây (ms). Nếu thời gian đo vượt quá thang đo ms thì đồng hồ tự động chuyển sang đơn vị đo là giây (s). Khi ở đơn vị nào thì đèn báo ở đơn vị đó sẽ sáng.



Hình 5.2.3. Máy đo thời gian hiển thị số.

5.2.5. Tiến trình thí nghiệm

5.2.5.1. Xác định hệ số hồi phục D của con lắc xoắn

- Bước 1: Thiết kế bảng số liệu cho bài thí nghiệm.
- Bước 2: Chuẩn lực kế: điều chỉnh mép viền ngoài vỏ lực kế phải trùng với vạch 0 N trên lực kế. Ghi độ chính xác của lực kế vào mục kết quả thí nghiệm.
- Bước 3: Đánh dấu vị trí cân bằng của con lắc xoắn dựa vào số vạch trên thước chia độ trùng với cản quang.
- Bước 4: Quay thanh nhôm (không gắn 2 quả nặng) lệch khỏi vị trí cân bằng một góc 180° . Lưu ý: quay thanh nhôm theo chiều giãn con lắc xoắn.

- Bước 5: Móc lực kế vào thanh nhôm ở vị trí rãnh thứ 3 từ trong ra, cách trục quay một khoảng $r = 150$ mm.
- Bước 6: Kéo lực kế để giữ thanh nhôm nằm yên ở góc lệch trên. Đặt lực kế nằm ngang, vuông góc với thanh và trục quay.
- Bước 7: Đọc giá trị của lực F trên lực kế.
- Bước 8: Ghi các số liệu vào bảng số liệu.
- Bước 9: Lặp lại phép đo này với các khoảng cách $r = 200$ mm và 250 mm.

Từ các kết quả trên, ta xác định hệ số hồi phục D

5.2.5.2. Xác định moment quán tính của hệ đo

- Bước 10: Nối công quang với lỗ cắm P1.
- Bước 11: Nhấn nút POWER khởi động máy đo thời gian.
- Bước 12: Nhấn nút FUNCTION để chọn chế độ Cycles. Nhấn nút CH. OVER 2 lần đo thời gian của 2 chu kỳ.
- Bước 13: Gắn hai quả nặng đồng nhất vào hai phía của thanh nhôm sao cho khối tâm của từng quả nặng cách trục quay một khoảng $r = 150$ mm.
- Bước 14: Quay thanh nhôm lệch khỏi vị trí cân bằng một góc θ khoảng 30° .
- Bước 15: Thả tay để thanh nhôm dao động tự do, cảm quang sẽ chặn ngang tia hồng ngoại lần thứ nhất, đi đến vị trí biên rồi quay trở lại chặn tia sáng lần thứ hai. Cứ như thế, đến khi cảm quang chặn ngang tia hồng ngoại lần thứ 5 thì dùng tay giữ thanh nhôm lại.
- Bước 16: Ghi giá trị thu được trên máy đo thời gian vào bảng số liệu. Đó chính là thời gian của hai chu kỳ dao động của thanh nhôm. Lặp lại phép đo này 3 lần.
- Bước 17: Tăng khoảng cách r của từng quả nặng đối với trục quay lên các giá trị khác nhau. Lặp lại lần lượt các bước trên.

- Bước 18: Cuối cùng tháo hai quả nặng ra và lặp lại phép đo. Phép đo này ứng với $r = 0$. Moment quán tính thu được từ phép đo này chính là moment quán tính I của hệ đo.

- Bước 19: Ghi độ chính xác của máy đo thời gian vào bảng số liệu.

5.2.5.3. Đo moment quán tính của một số vật rắn

- Bước 20: Giữ nguyên thanh nhôm (không còn 2 quả nặng), gắn khối trụ gỗ vào hệ đo sao cho trục quay đi qua tâm khối trụ.

- Bước 21: Lặp lại các bước tương tự như trong mục 5.2.6.2 để đo chu kỳ dao động của con lắc xoắn (có gắn khối trụ gỗ).

- Bước 22: Ghi kết quả thu được vào bảng số liệu.

- Bước 23: Thay khối trụ gỗ bằng khối cầu gỗ và lặp lại các bước tương tự như trong mục 5.2.5.2 để đo chu kỳ dao động của con lắc xoắn (có gắn khối cầu gỗ).

5.2.5.4. Đo khối lượng của các vật rắn

- Bước 24: Đo khối lượng $2m$ của hai quả nặng và ghi vào bảng số liệu.

- Bước 25: Đo khối lượng của khối trụ và khối cầu gỗ và ghi vào bảng số liệu.

5.2.5.5. Đo kích thước của các vật rắn

- Bước 26: dùng thước dây mm đo đường kính của khối trụ và khối cầu gỗ và ghi vào bảng số liệu.

Với mỗi phép đo, tiến hành ít nhất 3 lần.

5.2.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

5.2.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

5.2.6.2. Phân tích kết quả

i) Moment quán tính của hệ đo

- Ứng với mỗi vị trí r của 2 quả nặng, xác định giá trị trung bình moment quán tính \bar{I} của hệ gồm hệ đo và 2 quả nặng. Vẽ đồ thị phụ thuộc của \bar{I} vào r^2 , $\bar{I} = \bar{I}(r^2)$ với $r = 150, 200$ và 250 mm. Đồ thị này là một đường thẳng. Đường thẳng này không cắt gốc tọa độ mà cắt trục tung ở vị trí $\bar{I} = I$ ứng với $r = 0$. I là moment quán tính của hệ đo.

- So sánh giá trị I thu được từ đồ thị với I tính được từ công thức (5.2.5) và sử dụng số liệu ứng với $r = 0$.

- Rút ra khối lượng $2m$ của hai quả nặng từ hệ số góc đồ thị.

- So sánh $2m$ rút ra từ đồ thị với khối lượng cân được và nhận xét kết quả.

ii) Moment quán tính của vật rắn

Với mỗi vật rắn (khối trụ và khối cầu bằng gỗ) gắn trên hệ đo, thực hiện các nhiệm vụ sau:

- Dựa vào kết quả đo hệ số hồi phục D và chu kỳ dao động T' khi gắn vật rắn vào hệ đo để xác định moment quán tính I' của hệ gồm hệ đo và vật rắn theo công thức (5.2.6). Sau đó xác định moment quán tính I_v của vật rắn theo công thức (5.2.7).

- Xác định moment quán tính của vật rắn theo khối lượng và bán kính. So sánh kết quả thu được với kết quả ở trên.

iii) Kết luận

- Nhận xét về kết quả thí nghiệm.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

5.2.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

5.3. Xác định gia tốc trọng trường

5.3.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế các phương án thí nghiệm đo gia tốc trọng trường;
- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

5.3.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm là gì?

Câu hỏi 2: Liệt kê các phương pháp có thể sử dụng để đo gia tốc trọng trường.

Câu hỏi 3: Viết biểu thức tính chu kỳ dao động con lắc đơn. Từ đó suy ra biểu thức tính gia tốc trọng trường.

Câu hỏi 4: Nêu rõ vai trò, chức năng của từng dụng cụ thí nghiệm được sử dụng trong thí nghiệm.

Câu hỏi 6: Thiết kế và trình bày phương án đo chu kỳ dao động của con lắc đơn.

5.3.3. Cơ sở lý thuyết

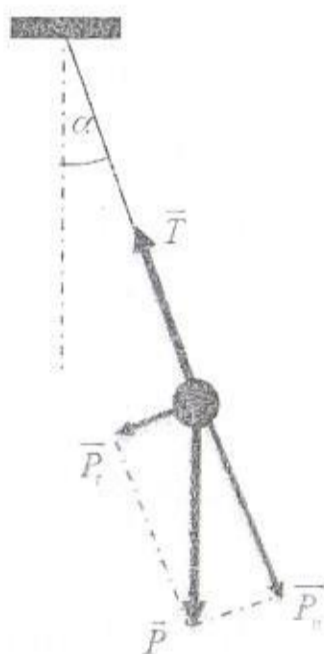
Con lắc đơn gồm một vật có khối lượng được treo bằng một sợi dây mảnh có khối lượng không đáng kể để nó có thể dao động quanh một trục nằm ngang (Hình 5.3.1). Khi con lắc bị dịch

chuyển sang một bên từ vị trí cân bằng của nó, một thành phần của trọng lực đóng vai trò là lực phục hồi. Nếu con lắc không chịu tác động thêm bởi một lực nào khác, lực phục hồi sẽ làm cho nó dao động quanh vị trí cân bằng. Thời gian con lắc thực hiện 1 chu trình (từ vị trí cân bằng con lắc di chuyển sang biên trái, rồi sang biên phải và về lại vị trí cân bằng) được gọi là một chu kỳ.

Nếu biên độ dao động của con lắc nhỏ, chu kỳ dao động phụ thuộc vào chiều dài của con lắc theo công thức:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (5.3.1)$$

trong đó, l là chiều dài của con lắc và g là gia tốc trọng trường. Chiều dài của con lắc phải lớn hơn rất nhiều so với đường kính của vật nặng.



Hình 5.3.1. Sơ đồ dao động con lắc đơn.

Chúng ta có thể viết lại phương trình (5.3.1) để xác định gia tốc trọng trường g :

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} l \quad (5.3.2)$$

Như vậy, để xác định gia tốc trọng trường ta cần xác định chiều dài l của con lắc bằng thước dây mm và chu kỳ dao động T của nó bằng máy đo thời gian.

5.3.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Đế 3 chân và thanh đỡ	1	
2	Quả nặng	1	
3	Giá treo	1	
4	Kẹp vuông	2	
3	Cuộn dây chỉ	1	
4	Công quang điện	1	

5.3.5. Tiến trình, kết quả và báo cáo thí nghiệm

Dựa vào cơ sở lí thuyết, người học thảo luận nhóm và thực hiện các nhiệm vụ sau đây:

- Xây dựng tiến trình thí nghiệm để xác định gia tốc trọng trường trên cơ sở sử dụng các dụng cụ đã cho;
- Lắp đặt các dụng cụ và tiến hành thí nghiệm theo tiến trình đã xây dựng;
- Thu thập và xử lí số liệu để xác định gia tốc trọng trường;
- Phân tích các kết quả thu được, đối sánh với các phương pháp xác định khác;
- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint. Bộ cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm;
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

5.4. Khảo sát hiện tượng sóng dừng trên dây

5.4.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được các phương án thí nghiệm để xác định tốc độ truyền sóng trên một dây dài;
- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động và trách nhiệm;
- Phát triển kĩ năng làm việc và quản lí nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

5.4.2. Câu hỏi chuẩn bị bài

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm là gì?

Câu hỏi 2: Thiết lập công thức liên hệ giữa tốc độ truyền sóng v , bước sóng λ và tần số f .

Câu hỏi 3: Viết biểu thức tổng hợp của hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số và ngược pha.

Câu hỏi 4: Thiết lập biểu thức chiều dài sợi dây phụ thuộc vào bước sóng của sóng truyền trên sợi dây dài có hai đầu cố định.

Câu hỏi 5: Nêu rõ vai trò, chức năng của từng dụng cụ thí nghiệm được sử dụng trong thí nghiệm.

5.4.3. Cơ sở lý thuyết

Sóng cơ học là sự lan truyền dao động cơ học của các phần tử môi trường vật chất. Môi trường vật chất có tính đàn hồi và quán tính nên một tác động dịch chuyển sẽ gây rung động và tạo ra sóng. Khác với sóng điện từ, sóng cơ không lan truyền được trong chân không.

Trong khi sóng cơ có thể lan truyền trên quãng đường dài, thì các phần tử môi trường chỉ dao động quanh vị trí cân bằng của nó. quá trình truyền sóng là quá trình truyền dao động và năng lượng, chứ không truyền vật chất.

Năng lượng được truyền đi cùng hướng với sóng. Khi dao động nhỏ không gây biến dạng môi trường thì sóng cơ học được gọi là sóng đàn hồi (elastic wave). Một ví dụ điển hình của sóng đàn hồi đó chính là sóng âm. Các dao động quá lớn sẽ gây phá hủy liên kết của môi trường. Khi đó, sóng cơ học được gọi là sóng không đàn hồi như sóng động đất, sóng trên mặt nước.

Sóng cơ học được phân loại theo kiểu dao động của phần tử môi trường và có thể chia ra ba loại: sóng dọc, sóng ngang và sóng mặt.

- Sóng dọc (Longitudinal wave) là sóng có phương dao động của hạt môi trường dọc theo phương truyền sóng, tạo ra các dới nén và giãn. Sự nén giãn thay đổi áp suất trong môi trường. Sóng dọc truyền nhanh hơn các sóng khác. Sóng dọc có thể truyền qua cả chất rắn, lỏng và khí.

- Sóng ngang (Transverse wave) là sóng có phương dao động của hạt môi trường vuông góc với phương truyền. Sóng ngang truyền trong môi trường có lực đàn hồi xuất hiện khi biến dạng lệch, ví dụ trong chất rắn.

- Sóng mặt (Surface wave) lan truyền trên bề mặt tiếp giáp giữa các pha của vật chất là rắn-không khí, lỏng-không khí và rắn-lỏng. Sóng trên mặt nước là một điển hình của sóng mặt. Trong sóng mặt, dao động của hạt môi trường có dạng phức tạp và biên độ giảm dần theo độ sâu.

Các đại lượng đặc trưng cho sóng là:

- Tần số f : là số chu kỳ dao động mà mỗi hạt vật chất thực hiện trong 1 đơn vị thời gian (1 giây).

- Chu kỳ T : là thời gian mà mỗi hạt vật chất hoàn thành một dao động. Chu kỳ là nghịch đảo của tần số:

$$T = \frac{1}{f} \quad (5.4.1)$$

- Bước sóng λ : là quãng đường sóng truyền đi được trong một chu kỳ, hay là khoảng cách giữa hai điểm gần nhất trên phương truyền sóng dao động cùng pha. Bước sóng λ liên hệ với tốc độ truyền sóng v , chu kỳ T và tần số f như sau:

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} \quad (5.4.2)$$

Do đó, tốc độ truyền sóng có thể được xác định theo công thức:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \quad (5.4.3)$$

Xét một sóng dừng trên một sợi dây PQ có chiều dài không đổi L và đầu Q cố định. Xét điểm M nằm trên sợi dây, nằm giữa P và Q và cách Q một khoảng d . Giả sử phương trình sóng tới tại Q có dạng:

$$u_Q = a \cos \omega t$$

Khi đó, phương trình sóng tới tại điểm M có dạng:

$$u_M = a \cos \left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} d \right)$$

Phương trình sóng phản xạ tại đầu Q là:

$$u'_Q = a \cos(\omega t - \pi)$$

Phương trình sóng phản xạ truyền đến M:

$$u'_M = a \cos \left(\omega t - \pi - \frac{2\pi}{\lambda} d \right)$$

Do vậy, phương trình sóng tổng hợp tại điểm M là:

$$u = u_M + u'_M = a \cos \left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} d \right) + a \cos \left(\omega t - \pi - \frac{2\pi}{\lambda} d \right)$$

hay

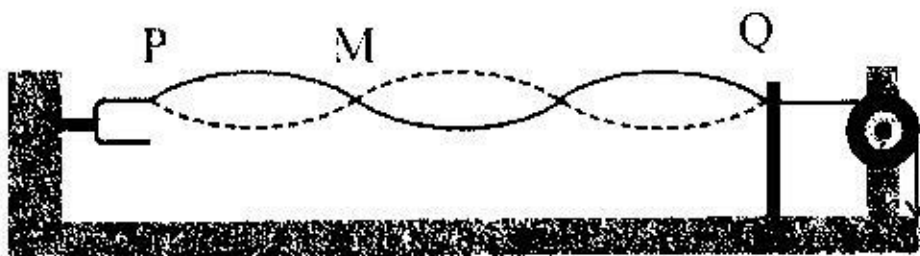
$$u = 2a \cos \left(\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{\lambda} d \right) \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

Điều đó chứng tỏ tại mọi điểm trên sợi dây đều dao động điều hòa với tần số góc ω và biên độ là:

$$a_M = 2a \left| \cos \left(\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi d}{\lambda} \right) \right|$$

Biên độ này phụ thuộc vào khoảng cách d từ M đến điểm Q.

- Nếu $d = k\lambda/2$ thì $a_M = 0$: biên độ dao động đạt cực tiểu, tại M ta có một nút sóng.
- Nếu $d = (k + 0,5)\lambda/2$ thì $a_M = 2a$: biên độ dao động đạt cực đại, tại M ta có một bụng sóng.
- Ở những vị trí với giá trị d khác, thì M dao động với biên độ $0 < a_M < 2a$.



Hình 5.4.1. Hiện tượng sóng dừng trên dây cố định hai đầu.

Nếu các đầu của dây PQ đều được cố định như Hình 5.4.1, hai đầu P và Q cố định sẽ là hai nút sóng. Hình 5.4.2 cho thấy khoảng cách giữa hai nút hoặc hai bụng sóng liên tiếp là $\lambda/2$, khoảng cách giữa nút và bụng liên tiếp là $\lambda/4$. Khi đó, chiều dài của sợi dây là một số nguyên lần $\lambda/2$:

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad (5.4.4)$$

Trong đó, $n = 1, 2, 3, \dots$ là số bó sóng nguyên. Hay bước sóng có thể xác định theo công thức:

$$\lambda = \frac{2L}{n} \quad (5.4.5)$$

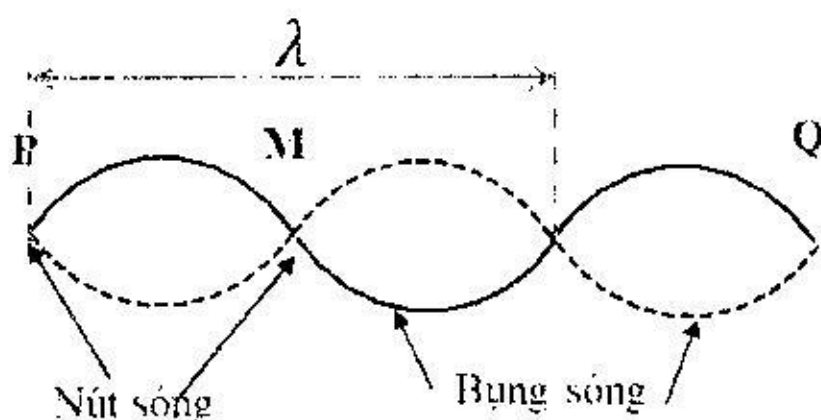
Chúng ta cũng có thể tìm được biểu thức xác định tốc độ truyền sóng thông qua bước sóng và tần số:

$$v = \lambda f = \frac{2L}{n} f \quad (5.4.6)$$

hay

$$f = \frac{v}{2L} n \quad (5.4.7)$$

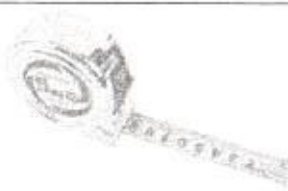


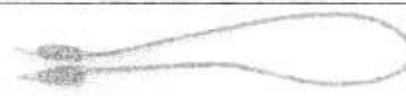


Nếu ta khảo sát sự phụ thuộc của tần số f vào số bó sóng nguyên n , ta có thể vẽ được đồ thị $f = f(n)$. Khi đó, hệ số góc của đồ thị chính là $a = v/2L$. Đo chiều dài L của sợi dây, chúng ta có thể xác định được tốc độ truyền sóng v trên sợi dây.



Hình 5.4.2. Các bụng và nút sóng của sóng dừng trên dây.

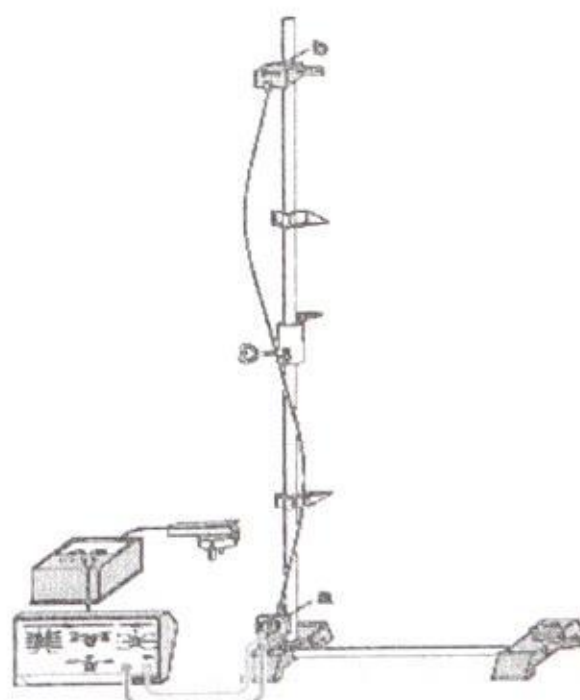
5.4.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Thước cuộn	1	
2	Máy phát âm tần	1	
3	Cuộn dây	1	
4	Dây nối	3	
5	Đế 3 chân và thanh đỡ	1	
6	Motor tạo dao động trên sợi dây	1	

5.4.5. Tiến trình thí nghiệm

Tiến hành thí nghiệm theo trình tự sau:



Hình 5.4.3. Sơ đồ thí nghiệm tạo sóng dừng.

- Bước 1: Thiết lập thí nghiệm như trong Hình 5.4.3. Đặt đầu ra điện áp, tần số và dạng sóng của bộ tạo chức năng lần lượt là 3.000 V (dấu “.” là dấu thập phân), 10 Hz và \sin .

- Bước 2: Thiết kế bảng số liệu.

- Bước 3: Đặt khoảng cách giữa hai giá đỡ cố định của dây là L khoảng 60 cm bằng cách di chuyển vòng bi dọc theo thanh hỗ trợ. Gắn dây vào các giá đỡ cố định của nó để dây hơi chặt. Đo chiều dài L năm lần bằng thước dây mm và ghi kết quả vào bảng số liệu.

- Bước 4: Điều chỉnh đầu ra tần số của máy phát âm tần để có được sóng dừng với 1 bó sóng.

- Bước 5: Tăng tần số từng bước để có được sóng dừng với số lượng bó sóng là $n = 2, 3, 4, 5$.

- Bước 6: Đọc các giá trị tần số. Ghi kết quả thu được.

- Bước 7: Điều chỉnh L đến khoảng 70 cm. Lặp lại các bước 3 đến 5.

- Bước 8: Điều chỉnh L đến khoảng 80 cm. Lặp lại các bước 3 đến 5.

5.4.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

5.4.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

5.4.6.2. Phân tích kết quả

Trong mỗi trường hợp của chiều dài sợi dây L :

- Vẽ đồ thị sự phụ thuộc của tần số theo số bó sóng n , tức là vẽ đồ thị $f_n = cn$, trong đó c là hệ số góc của đồ thị. Với $a = v/2L$, từ đó xác định tốc độ truyền sóng v trên dây.

- Với 3 giá trị thu được của tốc độ v , xác định giá trị trung bình và sai số tuyệt đối trung bình của nó.
- Nhận xét về kết quả thí nghiệm.
- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

5.4.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

5.5. Xác định tốc độ truyền âm trong không khí

5.5.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được các phương án thí nghiệm để đo tốc độ truyền âm trong không khí;
- Xác định được tốc độ của âm thanh trong không khí dựa vào hiện tượng sóng dừng;
- Tiến hành thí nghiệm đúng quy trình, phân tích và nhận xét được kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động và trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phân biện.

5.5.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt được mục tiêu trên, bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ, thiết bị nào? Hãy nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị đó trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 3: Liệt kê các phương án có thể sử dụng để xác định tốc độ truyền âm trong không khí.

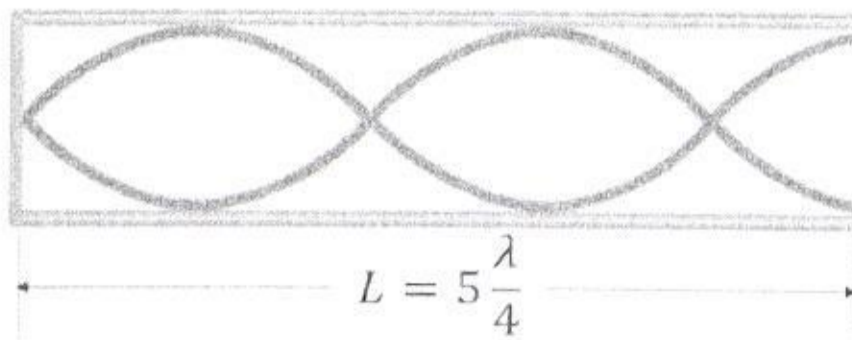
Câu hỏi 4: Làm thế nào để xác định được số bó sóng trong hiện tượng sóng dừng của sóng âm?

5.5.3. Cơ sở lý thuyết

Sóng âm là những dao động xuất hiện do sự chuyển dịch của những phân tử không khí hay sự giãn hay nén trong khoảng cách giữa các phân tử không khí theo chiều dọc. Do vậy, sóng âm là sóng dọc. Những âm thanh mà tai ta nghe được có tần số trong khoảng từ 20 Hz đến 20000 Hz. Khi một sóng âm được tạo ra (ví dụ từ âm thoa hay sự rung động của dây đàn) và truyền trong không khí, nó nén và giãn ra theo chiều dọc đến tai người nghe làm cho áp suất không khí tác dụng lên màng nhĩ cũng dao động như vậy, nhờ đó ta nghe được âm thanh.

Sóng âm cũng có những đặc trưng của sóng cơ học như trình bày ở phần cơ sở lý thuyết của phần 5.4 (Khảo sát hiện tượng sóng dừng trên dây).

Một trong những phương pháp để đo tốc độ của sóng âm là dùng hiện tượng cộng hưởng. Khi cho một nguồn âm có bước sóng không đổi phát ra tại miệng một ống có chiều dài L . Sóng phát ra từ nguồn âm này di chuyển đến đáy của ống và phản xạ trở lại. Như vậy trong ống sẽ có sóng tới và phản xạ. Hai sóng này tổng hợp cho ta một âm có cường độ lớn hơn, hiện tượng này gọi là hiện tượng cộng hưởng như Hình 5.5.1. Ta nhận thấy khi đó chiều dài ống đúng bằng một bội số lẻ của $\frac{1}{4}$ bước sóng của sóng âm tạo ra:



Hình 5.5.1. Hiện tượng sóng dừng của sóng âm trong một ống gồm một đầu kín và một đầu hở.

$$L = n \frac{\lambda}{4}$$


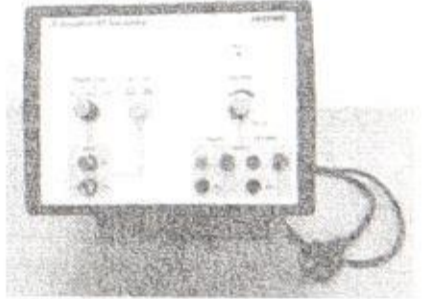

trong đó, $n = 1, 3, 5, \dots$. Như vậy, tần số sóng liên hệ với chiều dài ống theo công thức:







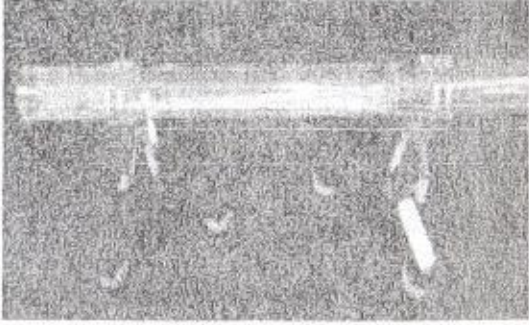
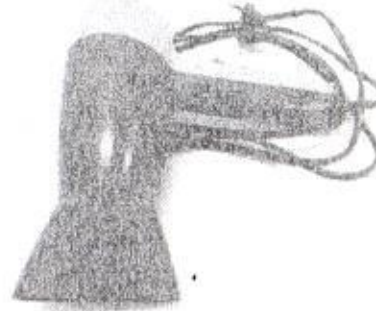
$$f = \frac{v}{4L} n \quad (5.5.1)$$

Tương tự như cách xác định tốc độ truyền sóng trên sợi dây ở Bài thí nghiệm 5.4, chúng ta có thể xác định tốc độ truyền âm trong không khí bằng phương pháp vẽ đồ thị.

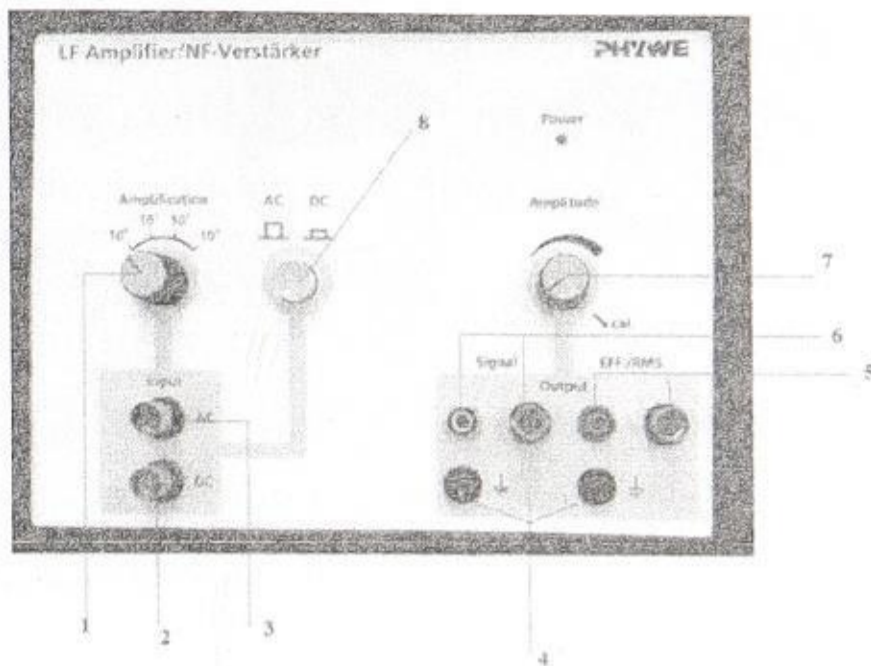
5.5.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Máy phát âm tần	1	
2	Bộ khuếch đại tần số thấp	1	
3	Nguồn âm (loa)	1	

4	Chân đế và kẹp	3	
5	Cáp BNC	1	
6	Thanh gạt	1	
7	Bột cork, 3g	1	
8	Thước thẳng mm	1	
9	Dây nối	2	
10	Ống Kundt với pittong	1	
11	Máy sấy	1	

Hướng dẫn sử dụng máy khuếch đại tần số



Hình 5.5.2. Mô tả các nút chức năng của máy khuếch đại tần số.

Mặt trước của máy khuếch đại tần số được mô tả ở Hình 5.5.2 với các chức năng như sau:

(1): Nút điều chỉnh bậc khuếch đại tần số để chọn các mức khuếch đại $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$ và $\times 1000$. Các giá trị được áp dụng khi đặt nút (7) ở vị trí "cal."

(2): Điện áp đầu vào DC.

(3): Điện áp đầu vào AC.

(4): Nối đất.

(5) + (4): Đầu ra EF./RMS.

(6) + (4): Đầu ra loa.

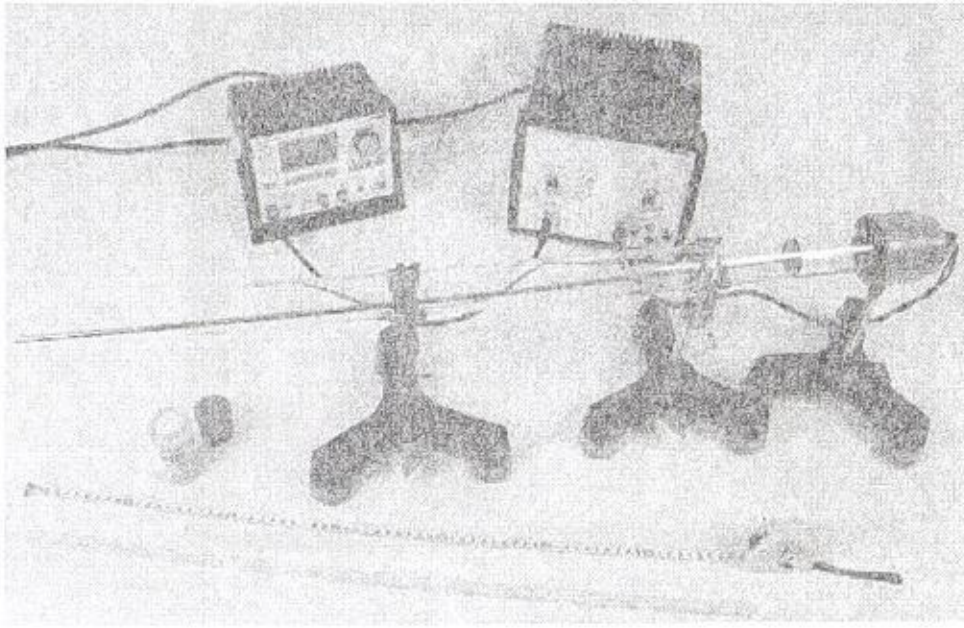
(7): Nút cài đặt khuếch đại. Để thay đổi mức khuếch đại điện áp một cách liên tục (thay đổi tinh).

(8): Nhấn để chọn chế độ điện áp đầu vào DC.

5.5.5. Tiến trình thí nghiệm

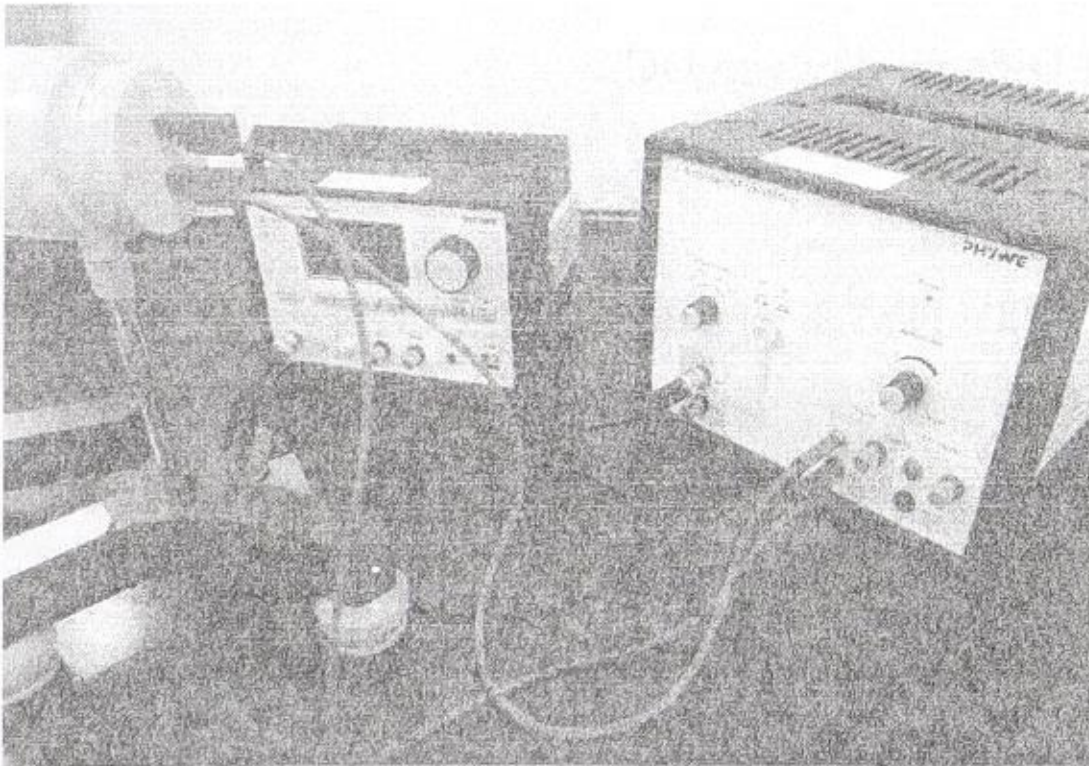
- Bước 1: Thiết kế bảng số liệu trên giấy và lắp đặt thí nghiệm như Hình 5.5.3.

- Bước 2: Dùng thanh gạt để rãi đều bột cork trong ống thủy tinh. Sau đó, dùng pitton để tạo thành một đầu kín của ống thủy tinh.



Hình 5.5.3. Lắp đặt thí nghiệm để xác định vận tốc truyền âm trong không khí.

- Bước 3: Nối đầu ra của máy phát chức năng với đầu vào của máy khuếch đại tần số thấp (nguồn AC) như Hình 5.5.4.
- Bước 4: Nối loa với đầu ra của máy khuếch đại tần số thấp bằng 2 dây nối như Hình 5.5.4.



Hình 5.5.4. Mô tả cách nối loa với máy khuếch đại tần số.

- Bước 5: Điều chỉnh máy khuếch đại sao cho hệ số khuếch đại về “10”.
- Bước 6: Điều chỉnh máy phát chức năng để có tín hiệu hình sin với biên độ 3 V.

- Bước 7: Dịch chuyển piston sao cho ống có một đầu kín và 1 đầu hở với chiều dài khoảng 60 cm. Dùng thước mm để đo chiều dài này 5 lần và ghi vào bảng số liệu.

Lưu ý: Nếu ống thủy tinh hoặc bột cork bị ướt thì không thể làm được thí nghiệm này. Vì vậy, nên dùng máy sấy để sấy khô ống thủy tinh và bột cork trước khi làm thí nghiệm.

- Bước 8: Điều chỉnh tần số trên máy phát âm tần (bắt đầu tăng từ 0.1 Hz đến tối đa 4000 Hz với các bước 10 Hz) để có được hình dạng sóng dừng được tạo thành từ bột cork (âm thanh nghe được to nhất). Nếu hình dạng không rõ ràng, ta tiến hành tăng hệ số khuếch đại (tối đa là 10^1 , hệ số khuếch đại lớn hơn 10^1 có thể dẫn đến hỏng loa).

- Bước 9: Khi hình dạng đầu tiên xuất hiện (các bụng sóng bắt đầu dao động) thì tăng tần số chậm lại theo các bước 1 Hz hoặc 0.1 Hz đến khi có hình dạng sóng dừng rõ nét.

- Bước 10: Khi hình ảnh bột cork có dạng như Hình 5.5.5 (tạo thành các thành dẹt đứng, tĩnh). Đọc các giá trị tần số ứng với 1, 2, 3 và 4 bó sóng ($n = 3, 5, 7, 9$) và ghi kết quả vào bảng số liệu.



Hình 5.5.5. Hình dạng bột cork khi có sóng dừng của sóng âm trong ống thủy tinh.

- Bước 11: Lặp lại các bước 8 đến 10 với các chiều dài ống là 55 cm và 50 cm. Ghi giá trị vào bảng số liệu tương ứng.

- Bước 12: Đo nhiệt độ của không khí phòng thí nghiệm 5 lần rồi ghi vào bảng số liệu. Sau đó tính tốc độ truyền âm theo công thức:

$$v = 331,2 + 0,6t \quad (5.5.2)$$

trong đó, t được đo ở thang Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

5.5.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

5.5.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

5.5.6.2. Phân tích kết quả

- Với mỗi chiều dài L của ống Kundt:

+ Vẽ đồ thị sự phụ thuộc của tần số theo n , tức là vẽ đồ thị $f_n = cn$, trong đó c là hệ số góc của đồ thị. Với $c = v/4L$, từ đó xác định tốc độ truyền âm.

+ Với 3 giá trị thu được của tốc độ truyền âm v , xác định giá trị trung bình và sai số tuyệt đối trung bình của nó.

- So sánh kết quả với kết quả xác định từ công thức (5.5.2).

- Nhận xét về kết quả thí nghiệm.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

5.5.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

CHƯƠNG 6

THÍ NGHIỆM QUANG HỌC

6.1. Làm quen với các dụng cụ đo quang học

6.1.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Mô tả được cấu tạo, nguyên lý hoạt động của kính hiển vi và LASER;
- Sử dụng thành thạo kính hiển vi và LASER;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

6.1.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Trình bày được nguyên lý hoạt động của LASER.

Câu hỏi 3: Nêu các loại LASER thường được dùng hiện nay.

Câu hỏi 4: Trình bày cấu tạo của máy phát LASER.

Câu hỏi 5: Nêu ngắn gọn cách sử dụng và những lưu ý khi dùng máy phát LASER.

Câu hỏi 6: Trình bày cấu tạo và nguyên lý hoạt động của kính hiển vi.

Câu hỏi 7: Nêu ngắn gọn cách sử dụng kính hiển vi.

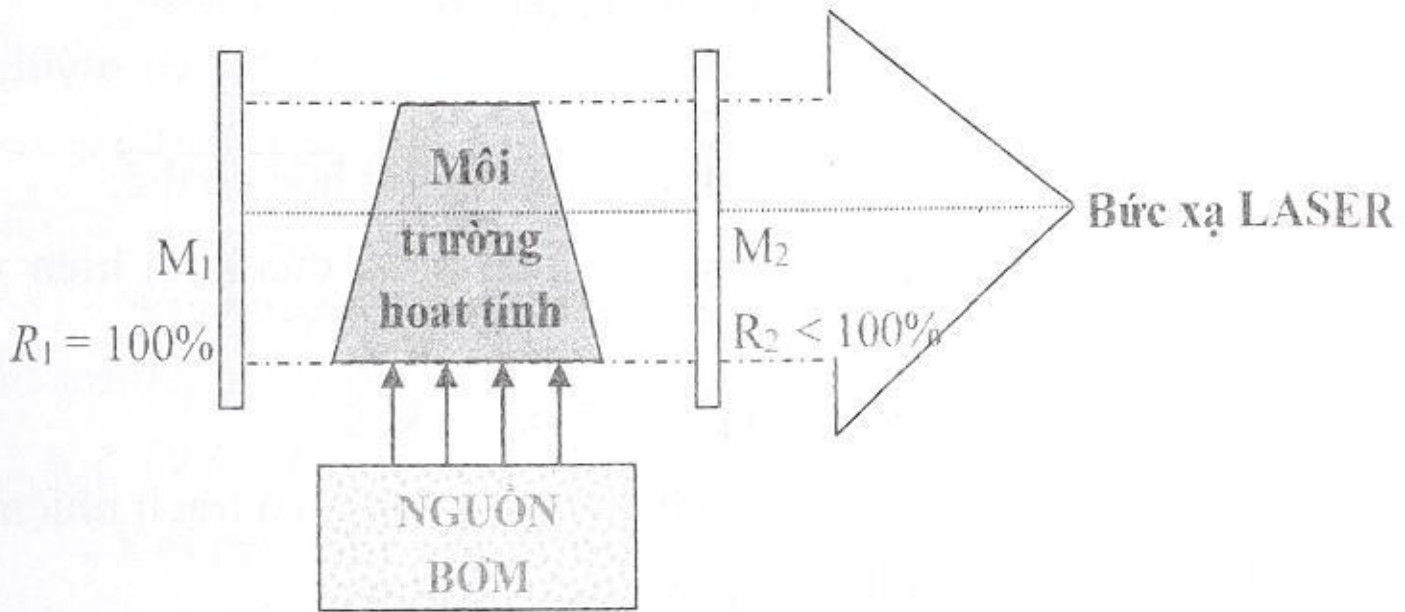
6.1.3. Cơ sở lý thuyết

6.1.3.1. LASER

LASER là từ viết tắt của cụm từ tiếng anh "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" (Khuếch đại

ánh sáng bằng bức xạ cưỡng bức). LASER là nguồn sáng có các tính chất đặc biệt: cường độ lớn, tính kết hợp, độ đơn sắc và tính định hướng cao.

i) Cấu tạo



Hình 6.1.1. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của LASER.

LASER hay còn gọi là máy phát quang lượng tử vùng quang học gồm 3 bộ phận chính (Hình 6.1.1):

- Buồng cộng hưởng (BCH) quang học.
- Môi trường hoạt tính (hoạt chất).
- Nguồn bơm năng lượng (bộ phận kích thích hay bơm).

a) Buồng cộng hưởng quang học

- BCH là một bộ phận quan trọng của LASER. Nó gồm hai bộ phận:

- + Thứ nhất là bộ phận chứa hoạt chất của LASER.
- + Thứ hai là bộ phận dùng để cho bức xạ do hoạt chất phát ra có thể đi lại nhiều lần, nhờ đó mà bức xạ được khuếch đại lên nhiều lần.

- BCH đơn giản nhất là hệ gồm hai gương phẳng phản xạ được đặt đồng trục và song song với nhau. Một trong hai gương phản xạ có hệ số phản xạ $R = 100\%$. Gương còn lại có hệ số phản xạ R nằm trong khoảng từ 40% đến 98% tùy theo từng loại LASER. Loại BCH này được gọi là BCH Fabry - Perot.

- BCH có rất nhiều loại, người ta dựa vào tính chất, hình dạng của các gương và cấu hình của BCH mà phân loại thành các BCH khác nhau.

b) Môi trường hoạt tính (MTHT)

Môi trường hoạt tính (MTHT) là môi trường có khả năng khuếch đại ánh sáng khi nó truyền qua môi trường đó. Cho đến nay nhiều chất khí, rắn, lỏng, bán dẫn... đã được dùng làm MTHT của LASER.

c) Nguồn bơm năng lượng

Nguồn bơm năng lượng có chức năng là truyền năng lượng vào MTHT và là bộ phận cung cấp năng lượng (có thể ở dạng quang năng, điện năng) vào MTHT. Nguồn bơm được phân chia thành các loại khác nhau tùy thuộc vào dạng năng lượng mà ta đưa vào MTHT và có các loại sau:

- Nguồn bơm quang học;
- Nguồn bơm điện;
- Nguồn bơm hoá học;
- Nguồn bơm khí động lực học.

ii) Nguyên lý hoạt động

a) Môi trường hoạt tính có hai mức năng lượng

Giả sử ta có một MTHT chỉ có hai mức năng lượng là E_0 và E_1 , trong đó E_0 là mức cơ bản và E_1 là mức kích thích. Trong quá trình bơm ta đưa hệ lượng tử ở mức E_0 lên mức E_1 và giả sử trong quá trình bơm độ tích lũy ở mức E_0 và E_1 lần lượt là N_0 và N_1 . Tổng độ tích lũy là $N = N_0 + N_1$. Rõ ràng trong quá trình bơm khi độ tích lũy của mức kích thích $N_1 = N_0 = N/2$ thì quá trình bơm sẽ dừng lại và lúc này hoàn toàn không có dịch chuyển bức xạ. Do đó không thể có MTHT của LASER hoạt động theo sơ đồ 2 mức năng lượng.

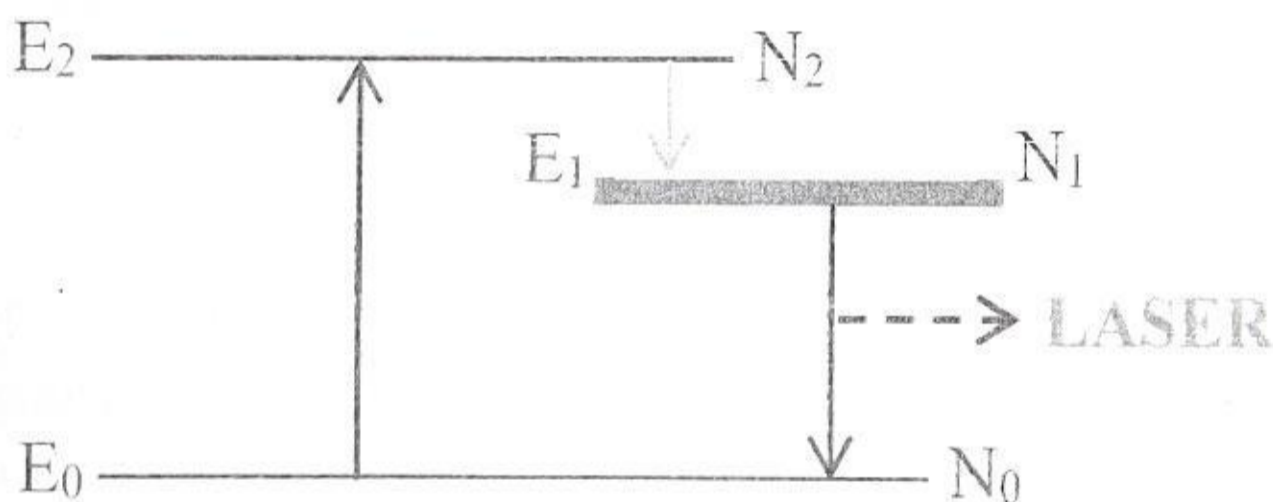
b) Môi trường hoạt tính có ba mức năng lượng (LASER hoạt động theo sơ đồ 3 mức năng lượng)

Giả sử MTHT có ba mức năng lượng như Hình 6.1.2. Trong đó, E_0 là mức cơ bản, mức E_2 nằm rất gần mức E_1 và E_1 có độ rộng của mức lớn hơn nhiều so với độ rộng của mức E_2 .

Bằng cách bơm năng lượng cho hệ, thì ta đã đưa hệ từ mức năng lượng E_0 lên mức năng lượng E_2 . Đây chính là quá trình hấp thụ năng lượng của hệ. Hệ sẽ tồn tại ở mức E_2 trong khoảng thời gian rất ngắn, sau đó nó sẽ chuyển dời xuống mức E_1 mà không bức xạ (vì mức E_1 nằm rất gần mức E_2 và mức E_1 có độ rộng lớn hơn mức E_2). Lúc này, độ tích lũy ở mức E_1 lớn hơn nhiều độ tích lũy ở mức E_0 . Hay nói cách khác, chúng ta đã tạo được sự nghịch đảo độ tích lũy giữa E_1 và E_0 . Trong điều kiện bình thường dịch chuyển E_1 xuống E_0 là dịch chuyển bị cấm nhưng trong điều kiện có sự nghịch đảo độ tích lũy, khi độ tích lũy ở mức E_1 vượt một giá trị “ngưỡng” nào đó thì hệ sẽ dịch chuyển cưỡng bức từ E_1 xuống E_0 và bức xạ ra photon thỏa mãn điều kiện:

$$h\nu_{10} = E_1 - E_0.$$

Đây chính là bức xạ LASER.



Hình 6.1.2. Mô hình ba mức năng lượng của MTHT.

LASER hoạt động theo chế độ 3 mức năng lượng điển hình là LASER rắn Ruby.

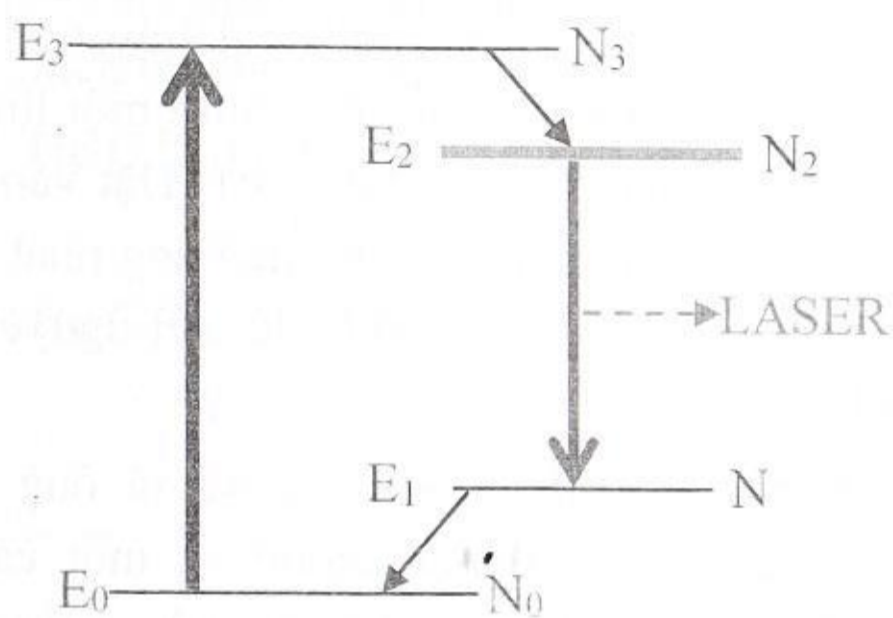
- Ưu điểm: LASER hoạt động theo sơ đồ 3 mức năng lượng cho phép bơm với công suất bơm rất lớn.

- Nhược điểm: mức cơ bản E_0 nằm trùng với mức LASER dưới. Vì vậy, hiệu suất phát LASER thấp. Để khắc phục nhược

điểm này thì phải dùng MTHHT khác đó là MTHHT hoạt động theo chế độ 4 mức năng lượng.

c) Môi trường hoạt tính có bốn mức năng lượng (LASER hoạt động theo sơ đồ 4 mức năng lượng):

LASER hoạt động theo sơ đồ 4 mức năng lượng có thể khắc phục được các nhược điểm của LASER hoạt động theo sơ đồ 3 mức năng lượng. Sơ đồ các mức năng lượng của LASER hoạt động theo 4 mức năng lượng trình bày trên Hình 6.1.3



Hình 6.1.3. Mô hình bốn mức năng lượng của MTHHT.

Bằng cách bơm năng lượng ta đưa hệ từ mức cơ bản E_0 lên mức E_3 (quá trình hấp thụ năng lượng của hệ). Mức năng lượng E_3 có độ rộng rất bé so với độ rộng mức E_2 và nằm rất gần mức E_2 nên hệ chỉ tồn tại ở E_3 trong một khoảng thời gian rất ngắn, sau đó hệ dịch chuyển không bức xạ xuống mức E_2 . Như vậy, chúng ta đã tạo được sự nghịch đảo độ tích lũy giữa cặp mức E_2 và E_1 . Khi độ tích lũy của mức E_2 vượt một giá trị “ngưỡng” hoặc do có tác dụng của trường ngoài (kích thích) hệ sẽ dịch chuyển từ mức E_2 xuống mức E_1 và bức xạ ra photon $h\nu_{12}$. Đây chính là bức xạ LASER. Sau khi bức xạ ra photon, hệ lượng tử từ E_1 dịch chuyển về mức E_0 . Sự dịch chuyển này được gọi là dịch chuyển hồi phục. Dịch chuyển hồi phục trong nhiều trường hợp là nhờ va chạm của hệ lượng tử với thành bình và dịch chuyển này là quá trình dịch chuyển không bức xạ.

- Ưu điểm: LASER hoạt động theo sơ đồ 4 mức năng lượng có “ngưỡng” phát thấp, do mức LASER dưới không trùng với mức cơ bản E_0 . Nhờ vậy mà hiệu suất của LASER phát cao.

- Nhược điểm: Cấu tạo của LASER cồng kềnh, phức tạp.

LASER hoạt động theo chế độ 4 mức năng lượng điển hình là LASER khí He-Ne.

d) LASER khí nguyên tử He-Ne

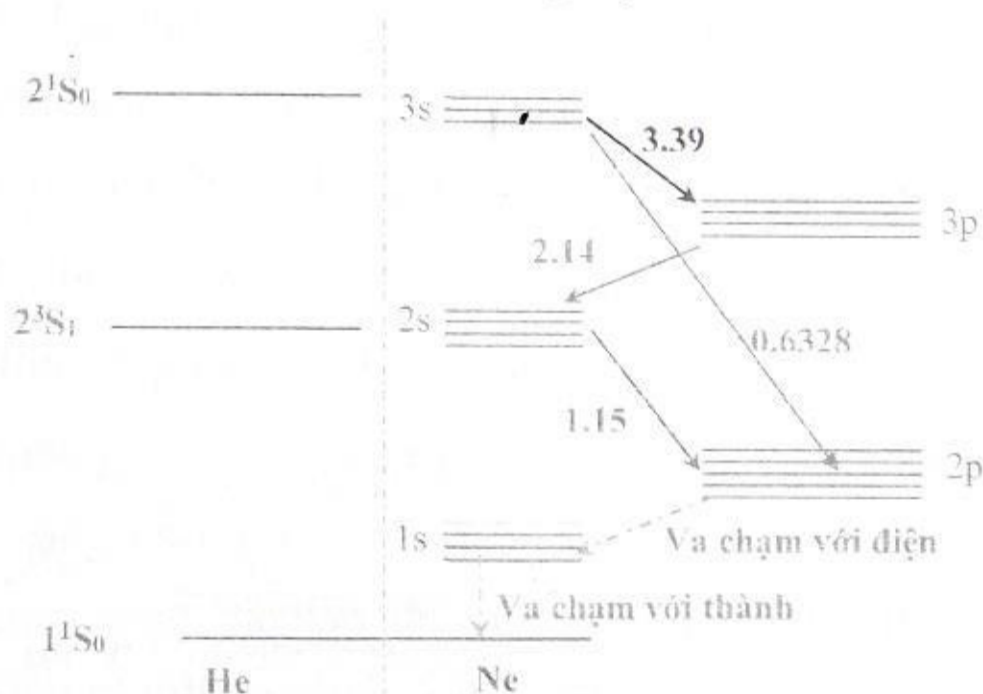
LASER khí He-Ne có cấu tạo như một LASER thông thường. MIIIT của nó bao gồm một ống thủy tinh hình trụ có chân không cao. Bên trong ống người ta bơm một lượng hỗn hợp hai khí trơ He và Ne theo tỉ lệ He:Ne = 8:1. Đặt vào hai đầu ống một điện áp cao thế và cao tần để kích thích ống phát xạ. Người ta sử dụng hiện tượng va chạm giữa điện tử với nguyên tử để kích thích hỗn hợp khí He-Ne.

Phần cơ bản của LASER khí He-Ne là ống phóng điện. Trong ống này người ta đặt một anode và một cathode. Giữa anode và cathode người ta đặt một điện áp một chiều cao thế, điện áp này từ 2-6 kV và tùy theo kích thước ống phóng điện.

Do trong ống phóng điện mật độ He đóng vai trò chủ yếu nên khi xảy ra hiện tượng phóng điện các điện tử được gia tốc sẽ va chạm chủ yếu với nguyên tử He và kết quả là các nguyên tử He ở trạng thái 1^1S_0 sẽ được đưa lên hai trạng thái 2^3S_1 và 2^1S_0 (hình 6.1.4). Đây là hai trạng thái siêu bền. Nghĩa là, nếu không có nguyên tử Ne và không có tác dụng thêm thì các nguyên tử He sẽ nằm lại ở 2^3S_1 và 2^1S_0 . Trong LASER khí He-Ne, ngoài va chạm giữa điện tử với nguyên tử còn xảy ra hiện tượng va chạm giữa nguyên tử He ở trạng thái kích thích với nguyên tử Ne ở trạng thái cơ bản. Đây là quá trình va chạm không đàn hồi. Kết quả của quá trình va chạm này là nguyên tử He ở trạng thái kích sẽ truyền năng lượng cho nguyên tử Ne ở trạng thái cơ bản theo phương trình:



Hai trạng thái siêu bền 2^3S_1 và 2^1S_0 nằm rất gần hai trạng thái 2S và 3S của nguyên tử Ne, nên khi các nguyên tử He được kích thích sẽ va chạm với các nguyên tử Ne ở trạng thái cơ bản thì nguyên tử He sẽ truyền năng lượng kích thích cho nguyên tử Ne và đưa nguyên tử Ne từ trạng thái cơ bản lên hai trạng thái kích thích 2S và 3S. Ngoài ra cũng còn có khả năng điện tử va chạm với nguyên tử Ne và kết quả đưa nguyên tử Ne từ trạng thái cơ bản lên trạng thái kích thích 2S và 3S. Tuy nhiên xác suất để xảy ra quá trình này là nhỏ. Tóm lại, ở đây sẽ có 4 khả năng để đưa nguyên tử Ne lên trạng thái kích thích như sau:



Hình 6.1.4. Sơ đồ các mức năng lượng của nguyên tử He và Ne trong LASER khí He-Ne.

Như vậy sự có mặt của nguyên tử He làm thuận lợi cho quá trình tạo nghịch đảo độ tích lũy trong các nguyên tử Ne. Khi có sự dịch chuyển giữa các trạng thái $2S \rightarrow 2P$ và $3S \rightarrow 2P$ trong nguyên tử Ne thì ta thu được các bức xạ LASER.

- Dịch chuyển $2S \rightarrow 2P$ cho các bước sóng nằm trong vùng hồng ngoại: 1 - 3 μm

- Dịch chuyển $3S \rightarrow 2P$ cho các bước sóng nằm trong vùng khả kiến.

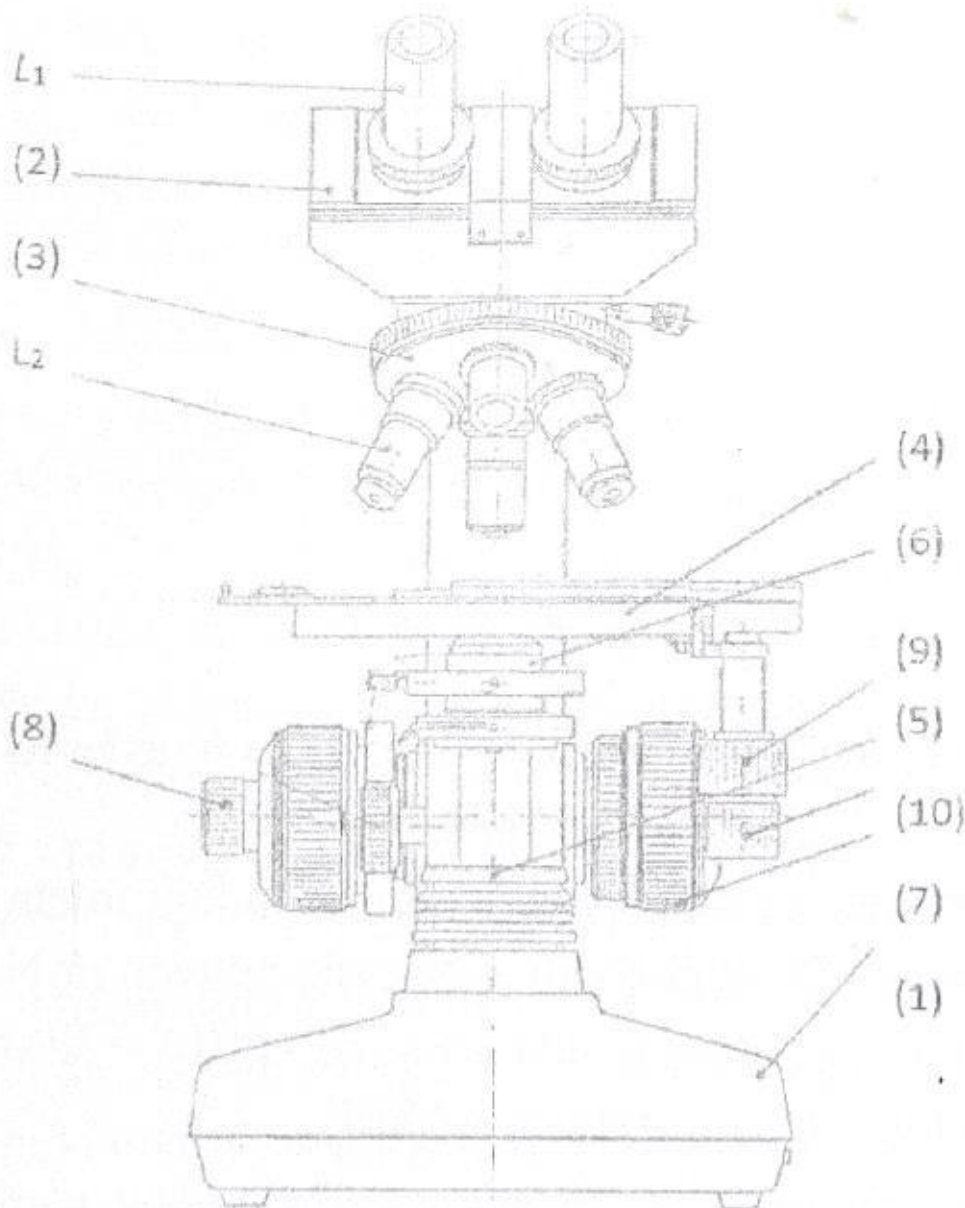
LASER He-Ne tạo ra gần 20 bước sóng khác nhau. Để chọn lựa bức xạ phát ra theo ý muốn, người ta thường thay đổi áp suất khí He - Ne. Trong số các bức xạ có thể phát ra, bức xạ có bước sóng 632,8 nm có cường độ mạnh nhất. Trong thí nghiệm này, ta sử dụng LASER He-Ne có bước sóng bức xạ phát ra là 632,8 nm.

6.1.3.2. Kính hiển vi

Kính hiển vi là một dụng cụ quang học dùng để quan sát ảnh phóng đại của những vật có kích thước khá nhỏ (cỡ từ milimet).

i) Cấu tạo

Cấu tạo của kính hiển vi gồm có 4 bộ phận như được trình bày trên Hình 6.1.5:



Hình 6.1.5. Cấu tạo của kính hiển vi.

a) Bộ phận giá đỡ

- Một đế cố định (1);
- Một giá đỡ (2) mang thị kính L_1 ;
- Giá đỡ (3) mang vật kính L_2 ;
- Một mâm đặt vật (4).

b) Bộ phận phóng đại

- Vật kính L_2 : là 1 bộ phận của kính hiển vi được đặt gần phía có vật cần quan sát. Nó có 3 độ phóng đại chính: $\times 10$, $\times 40$ và $\times 100$. Bản chất của vật kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn, đóng vai trò như kính lúp. Kính hiển vi ở phòng thí nghiệm chỉ sử dụng vật kính có độ phóng đại $\times 10$.

- Thị kính L_1 : là 1 bộ phận của kính hiển vi mà người quan sát để mắt vào nhìn thông qua một ống. Có 2 loại ống: ống đôi và ống đơn. Bản chất của thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự rất ngắn để tạo ra ảnh thật của vật cần quan sát được tạo bởi vật kính.

c) Bộ phận chiếu sáng

- Nguồn sáng (5): có thể là gương hoặc đèn.

- Tụ quang (6): được dùng để tập trung những tia ánh sáng và hướng ánh sáng vào tiêu bản cần quan sát. Vị trí của tụ quang nằm ở giữa nguồn sáng và bàn để tiêu bản. Di chuyển tụ quang lên xuống để điều chỉnh độ chiếu sáng.

d) Bộ phận điều chỉnh

- Hai vít (9) và (10): được gọi là vít tiến ngang và tiến dọc. Chúng được dùng để dịch chuyển mâm đặt vật qua lại để đưa vật cần quan sát vào đúng thị trường của kính hiển vi.

- Hai vít (7) và (8): được dùng để dịch chuyển mâm đặt vật (4) lên xuống nhẹ nhàng. Vít (7) được sử dụng đối với những dịch chuyển lớn và nhanh nên được gọi là vít tiến nhanh. Vít (8) được

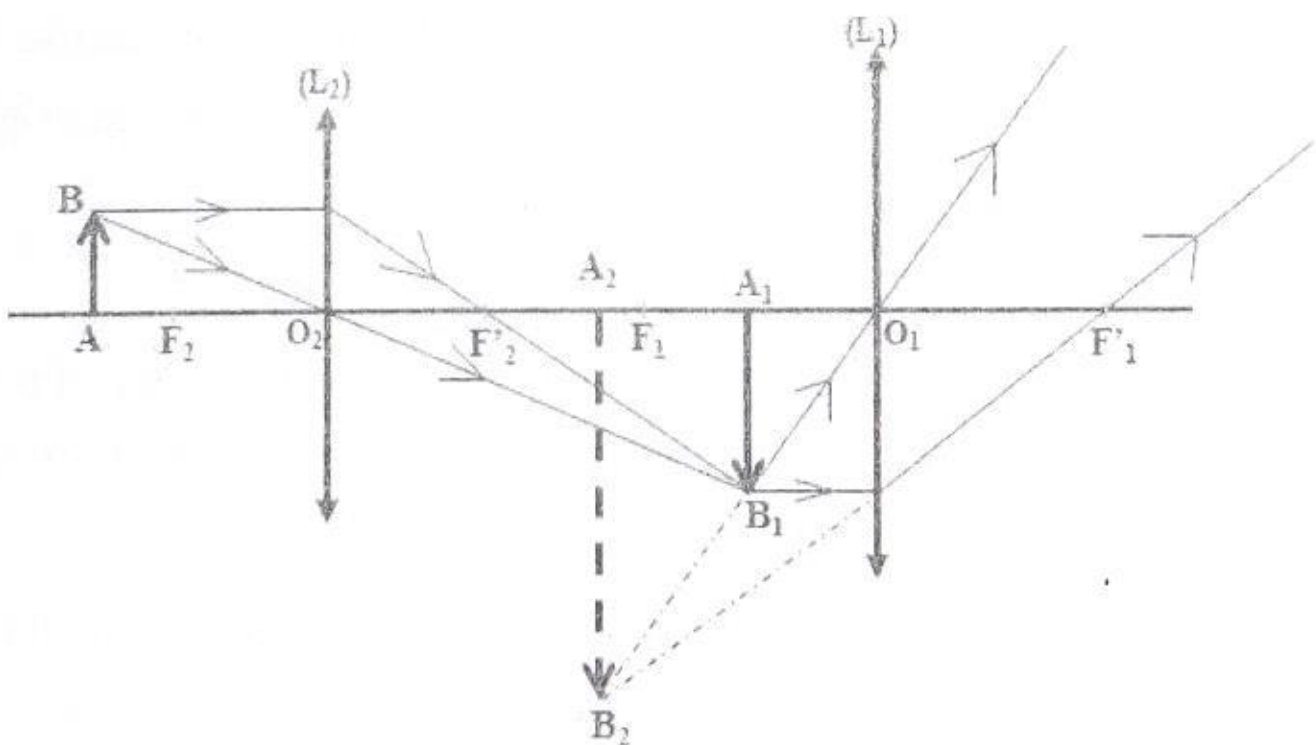
sử dụng đối với những dịch chuyển nhỏ nên được gọi là vít tiến chậm hay gọi vít vi động. Trên vít (8) có khắc một thước tròn gồm 160 độ chia đều nhau. Giá trị của mỗi độ chia bằng 0,001 mm. Nghĩa là, khi quay vít (8) đi một độ chia thì mâm đặt vật (4) dịch chuyển lên hoặc xuống một đoạn 0,001 mm. Như vậy, khi quay vít tiến chậm (8) một vòng thì mâm đặt vật (4) sẽ dịch chuyển lên hoặc xuống một đoạn bằng:

$$Z = 0,001 \text{ mm} \times 160 \text{ (độ chia)} = 0,160 \text{ mm.}$$

Căn cứ vào số vòng quay và số độ chia trên thước tròn của vít (8), ta có thể đo được độ dịch chuyển của mâm đặt vật.

ii) Sơ đồ tạo ảnh của vật qua kính hiển vi


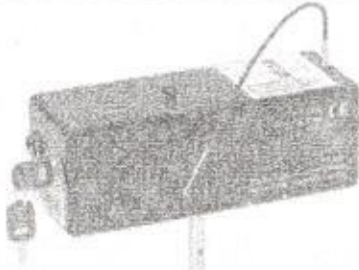
Sơ đồ tạo ảnh của một vật qua kính hiển vi được mô tả ở Hình 6.1.6. Thị kính L_1 và vật kính L_2 được đặt đồng trục và khoảng cách giữa chúng có thể thay đổi. Vật AB, đặt ngoài tiêu điểm vật F_2 của vật kính L_2 , qua vật kính cho ảnh A_1B_1 . Đây là ảnh thật lớn hơn vật AB. Khoảng cách giữa vật kính và thị kính được điều chỉnh sao cho ảnh A_1B_1 nằm trong khoảng từ quang tâm O_1 của thị kính L_1 tới tiêu điểm vật F_1 của nó để ảnh A_2B_2 qua thị kính là ảnh ảo và lớn hơn A_1B_1 .



Hình 6.1.6. Ảnh của vật qua hai thấu kính.

6.1.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Kính hiển vi	1	
2	LASER He-Ne"	1	

6.1.5. Tiến trình thí nghiệm

6.1.5.1. Quan sát vết mực qua kính hiển vi

- Bước 1: Lau sạch bản thủy tinh. Dùng bút lông vạch một dấu chéo nhỏ và rõ nét trên một mặt của bản thủy tinh. Sấy khô vạch mực này bằng đèn cồn.

- Bước 2: Kẹp bản thủy tinh cân đo lên mâm đặt vật (4) sao cho mặt có vạch chéo nằm ở phía trên.

- Bước 3: Dùng hệ thống các vít tiến ngang (9) và vít tiến dọc (10) trên mâm đặt vật để điều chỉnh sao cho vạch chéo trên bản thủy tinh nằm đối diện với vật kính L_2 .

- Bước 4: Vặn từ từ vít tiến nhanh (7) theo chiều kim đồng hồ để nâng bản thủy tinh lên gần sát vật kính L_2 .

- Bước 5: Quan sát trên thị kính L_1 , đồng thời vặn từ từ vít tiến nhanh (7) theo chiều ngược chiều kim đồng hồ để hạ bản thủy tinh xuống cho tới khi thấy ảnh của vạch chéo hiện ra.

- Bước 6: Vặn vít tiến chậm (8) để điều chỉnh thêm sao cho ảnh rõ nét nhất.

- Bước 7: Mời giảng viên hướng dẫn lại kiểm tra. Tắt các thiết bị, sắp xếp các dụng cụ vào đúng vị trí ban đầu.

6.1.5.2. Điều chỉnh chùm tia LASER trên màn quan sát

- Bước 8: Dùng bút lông tạo một chấm nhỏ trên màn quan sát treo trên tường. Cố định máy phát LASER trên đường ray trước màn quan sát.

Lưu ý: Phải đảm bảo trước đầu ra của chùm tia LASER không có người. Tuyệt đối không được nhìn thẳng vào đầu ra của chùm tia LASER.

- Bước 9: Nối nguồn điện 220 V để cung cấp điện cho máy phát LASER. Vặn chìa khóa phía sau nguồn LASER theo chiều kim đồng hồ. Có thể lấy tay che trước đầu ra của chùm tia LASER kiểm tra. Điều chỉnh sao cho chùm tia LASER trùng với chấm mực trên màn quan sát.

- Bước 10: Trên đường ray giữa nguồn LASER và màn quan sát ta đặt một thấu kính hội tụ có tiêu cự 5 mm và cách nguồn LASER khoảng 10 mm để khuếch đại tiết diện của chùm tia LASER.

- Bước 11: Điều chỉnh thấu kính sao cho tâm của vệt sáng LASER trên màn quan sát trùng với chấm mực.

- Bước 12: Mời giảng viên hướng dẫn đến kiểm tra. Tắt các thiết bị, sắp xếp các dụng cụ vào đúng vị trí ban đầu.

6.1.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

Sinh viên rút ra những khó khăn gặp phải khi sử dụng kính hiển vi và nguồn LASER.

6.2. Xác định chiết suất của bản thủy tinh

6.2.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được phương án đo và thực hiện được thí nghiệm đo chiết suất của thủy tinh bằng kính hiển vi;

- Phân tích và nhận xét được các kết quả thí nghiệm;

- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

6.2.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt những mục tiêu của bài thí nghiệm thì bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ nào?

Câu hỏi 3: Nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị có trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 4: Chiều dày biểu kiến của tấm thủy tinh xuất hiện do hiện tượng quang học nào?

Câu hỏi 5: Vẽ sơ đồ tạo ảnh của điểm I trên mặt dưới của bản thủy tinh khi nhìn nó từ phía trên. Từ đó rút ra độ dày biểu kiến của bản thủy tinh.



Câu hỏi 6: Nêu ngắn gọn nguyên lý đo chiết suất được sử dụng trong bài này.

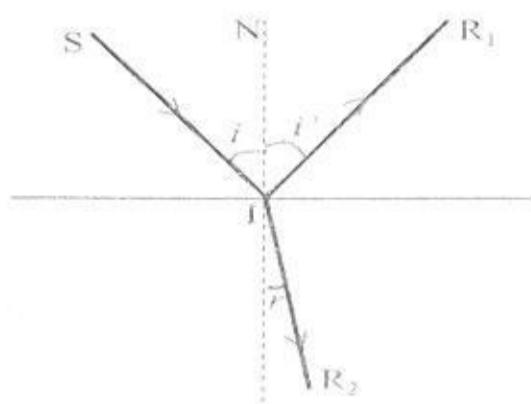
Câu hỏi 7: Mỗi vít tiến chậm trên kính hiển có 160 vạch chia, khi quay nó 1 vòng thì mâm đặt vật của kính hiển vi di chuyển được 0,16 mm. Hỏi nếu quay vít tiến chậm 12 vòng và 40 vạch thì mâm đặt vật di chuyển được 1 đoạn bằng bao nhiêu?

6.2.3. Cơ sở lý thuyết

6.2.3.1. Chiết suất

Chiếu một tia sáng đơn sắc SI truyền tới bề mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt, đồng tính, đẳng hướng (1) và (2)

như Hình 6.2.1. Khi tới điểm I nằm trên mặt phân cách của hai môi trường, tia sáng SI bị tách thành hai tia sáng khác nhau: tia phản xạ IR₁ và tia khúc xạ IR₂.



Hình 6.2.1. Đường đi của tia sáng khi gặp mặt phân cách giữa hai môi trường.

Phương truyền của những tia sáng này tuân theo định luật phản xạ và định luật khúc xạ ánh sáng, cụ thể như sau:

- Tia phản xạ IR₁ và tia khúc xạ IR₂ đều nằm trong mặt phẳng tới SIN xác định bởi tia tới SI và pháp tuyến IN của mặt phân cách tại điểm tới I.

- Góc phản xạ bằng góc tới: $i = i'$.

- Góc khúc xạ r liên hệ với góc tới i theo hệ thức:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

trong đó, v_1 và v_2 lần lượt là tốc độ của ánh sáng trong môi trường (1) và (2).

Đối với hai môi trường cho trước và ánh sáng đơn sắc cho trước, ta có:

$$\frac{v_1}{v_2} = \text{const} = n_{21}$$

trong đó, n_{21} gọi là chiết suất tỉ đối của môi trường (2) đối với môi trường (1).

Chiết suất tuyệt đối (gọi tắt là chiết suất, kí hiệu là n) của một môi trường nào đó chính là chiết suất tỉ đối của môi trường đó đối với chân không (hay không khí).

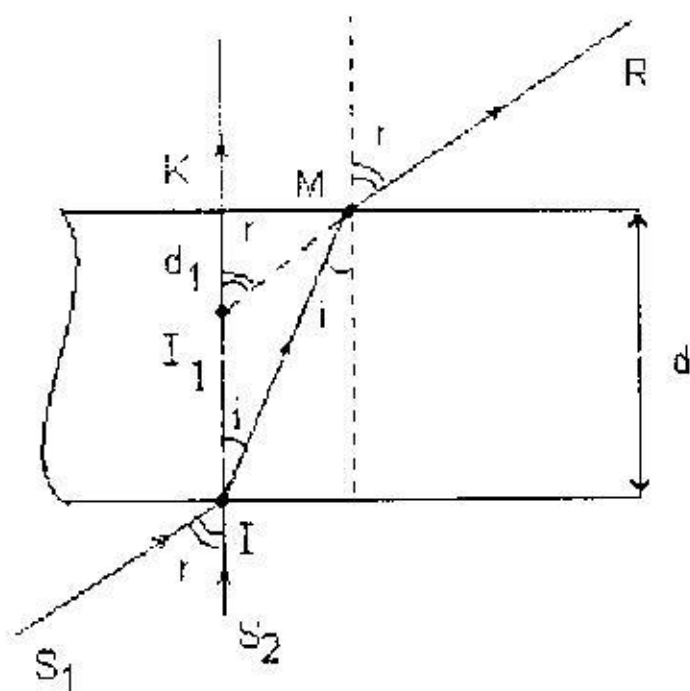
$$n = \frac{c}{v} = \text{const} = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (6.2.1)$$

trong đó, c và v lần lượt là tốc độ ánh sáng trong chân không và trong môi trường đang xét. Chiết suất của một môi trường phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng đơn sắc và tính chất của môi trường mà tia sáng truyền đi.

6.2.3.2. Chiết suất của bản thủy tinh mỏng

Trong bài thí nghiệm này ta cần phải đo chiết suất n của một bản thủy tinh có độ dày d .

Xét hai tia sáng S_1I và S_2I chiếu tới điểm I nằm ở mặt dưới của bản thủy tinh như Hình 6.2.2. Tia S_2I chiếu vuông góc với mặt dưới của bản nên nó không bị khúc xạ, truyền thẳng qua bản và ló ra ngoài không khí tại điểm K nằm ở mặt trên của bản. Còn tia S_1I bị khúc xạ qua bản và ló ra ngoài không khí tại điểm M theo phương MR song song với tia tới S_1I . Khi ló ra ngoài không khí, tia MR tạo nên góc khúc xạ r lớn hơn góc tới i tại điểm M .



Hình 6.2.2. Sự tạo ảnh qua bản mỏng.

Khi quan sát từ phía trên của bản thủy tinh, ta thấy ảnh của I chính là giao điểm I_1 của 2 tia MR và IK . Do đó, điểm I như được nâng lên một đoạn II_1 . Độ dày của bản thủy tinh bây giờ hình như bị giảm đi và chỉ bằng KI_1 . Đoạn $KI_1 = d_1$ được gọi là độ dày biểu kiến của bản thủy tinh. Nguyên nhân của hiện tượng trên là do các

tia sáng truyền qua bản thủy tinh bị khúc xạ ở mặt dưới và mặt trên của bản đó.

Đối với những tia sáng chiếu gần vuông góc với mặt bản thủy tinh thì các góc tới và góc khúc xạ sẽ rất nhỏ. Do đó, trong trường hợp này, nếu ta xét hiện tượng khúc xạ của tia sáng truyền qua bản thủy tinh theo chiều ngược lại từ R tới I, thì theo hệ thức (6.2.1) ta có:

$$n = \frac{\sin r}{\sin i} \approx \frac{\tan r}{\tan i} \quad (6.2.2)$$

Từ Hình 6.2.2, ta có:

$$\tan i = \frac{KM}{KI} \quad (6.2.3)$$

$$\tan r = \frac{KM}{KI_1} \quad (6.2.4)$$

Thay (6.2.3) và (6.2.4) vào (6.2.2), ta có:

$$n = \frac{KI}{KI_1} = \frac{d}{d_1} \quad (6.2.5)$$

Vậy, chiết suất của bản thủy tinh có trị số bằng tỉ số giữa độ dày thực và độ dày biểu kiến của bản đó khi ta quan sát các tia sáng truyền qua bản theo phương gần vuông góc với nó.

Độ dày thực d của bản thủy tinh được đo bằng thước Panme. Độ dày biểu kiến d_1 của nó được xác định thông qua kính hiển vi. Công thức xác định độ dày d_1 như sau:

Nếu $l > l_0$:

$$d_1 = 0,160N + 0,001(l - l_0) \quad (6.2.6)$$

Nếu $l < l_0$:





$$d_1 = 0,160N + 0,001(160 + l - l_0) \quad (6.2.7)$$

trong đó, l_0 là số chỉ của một vạch nào đó trên vít tiến chậm trùng với một vạch mốc trên vít tiến nhanh khi chúng ta quan sát rõ vạch

trên của bản thủy tinh (điểm K trên Hình 6.2.2), l là số chỉ của vạch trên vít tiến chậm trùng với vạch mốc trên vít tiến nhanh khi chúng ta quan sát rõ ảnh vạch dưới của bản thủy tinh (điểm I_1 trên Hình 6.2.2), N là số vòng mà ta phải xoay vít tiến chậm kể từ lúc nhìn thấy rõ nét vạch ở mặt trên của tấm thủy tinh đến khi nhìn thấy ảnh rõ nét của vạch ở mặt dưới.

6.2.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Kính hiển vi	1	
2	Thước Panme	1	
3	Bản thủy tinh cần đo chiết suất	1	
4	Bút lông, bông và cồn	1	

6.2.5. Tiến trình thí nghiệm

Trước khi tiến hành thí nghiệm, sinh viên cần lưu ý một số vấn đề sau để tránh làm hư hỏng dụng cụ thí nghiệm:

- Khi vặn các vít tiến nhanh và chậm theo cùng chiều kim đồng hồ thì mâm đặt vật di chuyển lên trên và ngược lại.

- Khi vặn vít tiến nhanh thì phải vặn từ từ và chú ý đến chiều di chuyển của mâm đặt vật để tránh làm hỏng vật kính do tiếp xúc mạnh với bản thủy tinh.

6.2.5.1. Đo độ dày biểu kiến d_1 của bản thủy tinh bằng kính hiển vi

Sinh viên tiến hành thí nghiệm trình tự theo các bước sau:

- Bước 1: Thiết kế bản số liệu trên một tờ giấy A4. Lau sạch bản thủy tinh có chiết suất cần đo bằng bông thấm cồn. Dùng bút lông vạch hai dấu chéo nhỏ và rõ nét (cách nhau 2 - 3cm theo phương song song với bề mặt của bản thủy tinh) trên hai mặt của bản thủy tinh.

- Bước 2: Kẹp bản thủy tinh cần đo lên mâm đặt vật (4).

- Bước 3: Dùng hệ thống các vít tiến ngang (9) và vít tiến dọc (10) trên mâm đặt vật để điều chỉnh sao cho vạch chéo ở mặt trên của bản thủy tinh nằm đối diện với vật kính L_2 .

- Bước 4: Vặn từ từ vít tiến nhanh (7) theo chiều kim đồng hồ để nâng bản thủy tinh lên gần sát vật kính L_2 .

- Bước 5: Quan sát trên thị kính L_1 , đồng thời vặn từ từ vít tiến nhanh (7) theo chiều ngược chiều kim đồng hồ để hạ bản thủy tinh xuống cho tới khi thấy rõ ảnh của vạch chéo.

- Bước 6: Vặn vít tiến chậm (8) để điều chỉnh thêm sao cho ảnh rõ nét nhất. Lúc này, đọc và ghi số giá trị l_0 vào bảng số liệu.

- Bước 7: Dùng vít (9) và (10) dịch chuyển bản thủy tinh trên mâm đặt vật (4) để vạch chéo ở mặt dưới của bản thủy tinh tới nằm đối diện với vật kính L_2 .

- Bước 8: Quan sát trên thị kính L_1 , giữ cố định vít (7), đồng thời vặn từ từ vít (8) theo chiều ngược chiều kim đồng hồ để hạ bản thủy tinh xuống cho tới khi thấy ảnh của vạch chéo phía dưới rõ nét nhất. Trong khi vặn vít (8), cần lưu ý theo dõi số vòng quay N của nó. Đọc và ghi số chỉ của vạch chia l trên thước tròn của vít (8) trùng với vạch chuẩn trên vít (7) cũng như số vòng N đã quay được của nó vào bảng số liệu.

Độ dày biểu kiến d_1 của bản thủy tinh khi đó sẽ được xác định bởi công thức (6.2.6) hoặc (6.2.7).

- Bước 9: Lặp lại từ bước 2 đến bước 8 thêm 4 lần. Ghi các giá trị của l_0 , l , và N của mỗi lần đo khác nhau vào bảng số liệu.

6.2.5.2. Đo độ dày thực d của bản thủy tinh bằng thước Panme

- Bước 10: Điều chỉnh số 0 của thước Panme: dùng một cái chìa khóa đặc biệt đặt trong hộp của thước Panme để quay thước tròn sao cho số 0 của nó trùng với đường chuẩn ngang của thước thẳng T.

- Bước 11: Dùng thước Panme để đo độ dày thực của bản thủy tinh tại những vị trí khác nhau nằm trong khoảng giữa hai vạch chéo đánh dấu trên hai mặt của bản.

Thực hiện phép đo này 5 lần. Ghi giá trị của các số k và m trên thước Panme của mỗi lần đo khác nhau vào bảng số liệu.

- Bước 12: Dùng công thức: $d = (0,5k + 0,01m)$ để tính độ dày thực của bản thủy tinh.

6.2.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

6.2.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

6.2.6.2. Phân tích kết quả

- Xác định bề dày thực của tấm thủy tinh:

$$d = \bar{d} \pm \overline{\Delta d}$$

- Xác định bề dày biểu kiến của tấm thủy tinh:

$$d_1 = \bar{d}_1 \pm \overline{\Delta d}_1$$

- Xác định chiết suất của thủy tinh:

$$n = \bar{n} \pm \overline{\Delta n}$$

- Nhận xét về kết quả thí nghiệm.
- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

6.2.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

6.3. Xác định bước sóng ánh sáng

6.3.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được phương án và thực hiện được thí nghiệm đo bước sóng ánh sáng qua hiện tượng giao thoa ánh sáng;
- Giải thích được vai trò của các dụng cụ thí nghiệm;
- Phân tích và nhận xét được các kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

6.3.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt những mục tiêu của bài thí nghiệm thì bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ nào?

Câu hỏi 3: Nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị có trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 4: Trình bày cấu tạo của lưỡng lăng kính Fresnel.

Câu hỏi 5: Viết biểu thức xác định bước sóng của tia LASER từ hiện tượng giao thoa. Nêu tên và đơn vị của từng đại lượng có trong biểu thức.

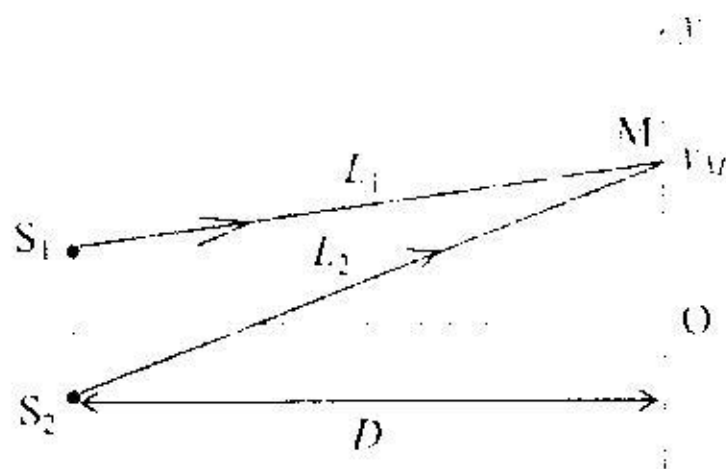
Câu hỏi 6: Vẽ sơ đồ đường đi của ánh sáng từ nguồn LASER cho đến màn quan sát để thu được giao thoa trên màn quan sát sử dụng lưỡng lăng kính Fresnel.

Câu hỏi 7: Vẽ hình mô tả cách xác định khoảng cách giữa 2 nguồn ảo kết hợp được tạo bởi lưỡng lăng kính Fresnel và khoảng cách từ mặt phẳng chứa 2 nguồn ảo này đến màn quan sát.

6.3.3. Cơ sở lý thuyết

6.3.3.1. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

Hiện tượng giao thoa ánh sáng là sự gặp nhau của hai (hay nhiều) ánh sáng kết hợp và tạo ra những miền sáng tối xen kẽ nhau. Chỉ có ánh sáng kết hợp (cùng tần số và độ lệch pha không đổi theo thời gian) mới tạo ra hiện tượng giao thoa. Thông thường, để tạo ra hai nguồn kết hợp, ta phải tách chúng từ một nguồn sáng duy nhất.



Hình 6.3.1. Giao thoa ánh sáng gây bởi hai nguồn sáng.

Giả thiết ta có hai nguồn kết hợp S_1 và S_2 có bước sóng λ phát sáng về phía trước. Trong vùng gặp nhau của hai sóng ánh sáng, ta đặt màn E song song với S_1S_2 , vuông góc với mặt phẳng

hình vẽ và cách S_1S_2 một khoảng D như Hình 6.3.1. Trên màn E ta sẽ quan sát được hình ảnh giao thoa.

Những điểm sáng nhất, hay vân sáng (cực đại giao thoa) là những điểm M mà tại đó hiệu quang lộ của hai tia sáng xuất phát từ hai nguồn đến điểm M:

$$L_2 - L_1 = k\lambda \quad (6.3.1)$$

Đặt $S_1S_2 = l$ và y_M là tọa độ của điểm M trên màn quan sát với gốc tọa độ trùng với vị trí của vân trung tâm. Vì màn ảnh đặt xa 2 nguồn, tức $D \gg l$ nên ta có:

$$L_2 - L_1 \approx \frac{y_M l}{D} \quad (6.3.2)$$

Quy tích những điểm sáng (tối) là một họ hyperbola, trên màn E ta quan sát được các vân sáng, tối xen kẽ là những đường hyperbol. Tuy nhiên, vì kích thước màn ảnh có hạn nên hình ảnh giao thoa có thể xem như các đoạn thẳng.

- Tọa độ của cực đại giao thoa (vân sáng):

$$y_{Ms} = k \frac{\lambda D}{l} \quad (6.3.3)$$

- Tọa độ của cực tiểu giao thoa (vân tối):

$$y_{Mt} = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{l} \quad (6.3.4)$$

- Khoảng vân i : là khoảng cách giữa hai vân sáng (hoặc vân tối) liên tiếp:

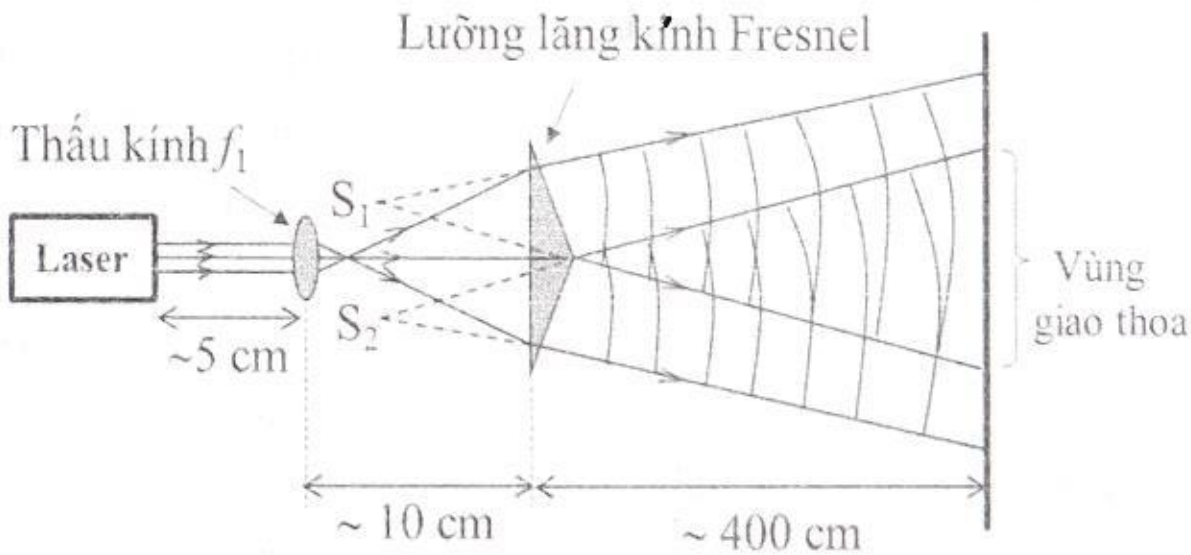
$$i = \frac{\lambda D}{l} \quad (6.3.5)$$

Như vậy, muốn đo được bước sóng λ của nguồn sáng, ta phải đo được khoảng vân i , khoảng cách l giữa hai nguồn kết hợp và khoảng cách D từ hai nguồn kết hợp đến màn ảnh.

Trong bài thí nghiệm này, chúng ta sẽ khảo sát hiện tượng giao thoa qua lưỡng lăng kính Fresnel.

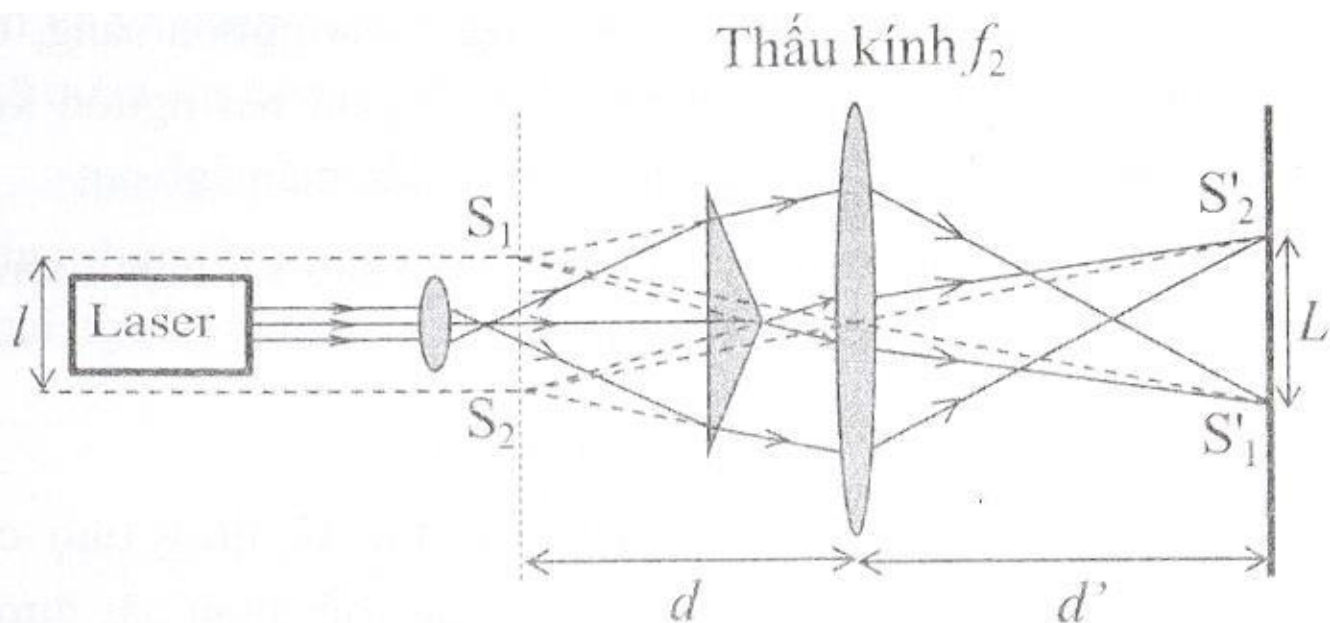
6.3.3.2. Giao thoa qua lưỡng lăng kính Fresnel

Lưỡng lăng kính Fresnel được chế tạo từ thủy tinh có chiết suất 1,52 với góc lệch δ rất bé để có thể quan sát được hiện tượng giao thoa. Điều này có nghĩa là góc khúc xạ γ phải rất bé vì $\delta = (n - 1)\gamma$. Một lưỡng lăng kính mỏng như vậy rất khó chế tạo. Để khắc phục điều này người ta dùng một bình thủy tinh rộng, một mặt là lưỡng lăng kính có góc khúc xạ khá lớn $\gamma \approx 8,5^\circ$. Để giảm góc lệch ta đổ vào bình một chất lỏng có chiết suất $n_f \approx 1,33 - 1,50$. Lúc này, $\delta = (n - n_f)\gamma$.



Hình 6.3.2. Đường đi ánh sáng từ nguồn LASER qua thấu kính f_1 , đến lưỡng lăng kính Fresnel và giao thoa tại màn.

Nếu chiếu một nguồn sáng đơn sắc từ LASER vào lưỡng lăng kính Fresnel, các tia sáng đi qua các lăng kính phía trên và phía dưới sẽ tạo ra hai vùng sáng giao nhau. Vùng giao nhau này giống như xuất phát từ hai nguồn ảo S_1 và S_2 như mô tả trong Hình 6.3.2. Hai nguồn ảo S_1 và S_2 là hai nguồn kết hợp (được tách ra từ cùng một nguồn sáng) nên trên vùng giao nhau, ta sẽ quan sát được hiện tượng giao thoa.



Hình 6.3.3. Ảnh thật S'_1 và S'_2 của hai nguồn ảo S_1 và S_2 .

Do hai nguồn S_1 và S_2 là hai nguồn ảo nên ta không thể đo trực tiếp giá trị của l và D . Để xác định được các đại lượng này, ta đặt một thấu kính $f_2 = 200$ mm ở phía sau lưỡng lăng kính và điều chỉnh để có ảnh rõ nét trên màn như Hình 6.3.3.

Do khoảng cách L giữa hai ảnh thật S'_1 và S'_2 trên màn quan sát và khoảng cách d' từ thấu kính $f_2 = 200$ mm đến màn quan sát. Nếu gọi d là khoảng cách từ hai nguồn ảo đến thấu kính f_2 , từ công thức thấu kính, ta có:

$$\frac{d}{d'} = \frac{f_2}{d' - f_2} \quad (6.3.6)$$

Mặt khác:

$$\frac{d}{d'} = \frac{l}{L}$$

Do đó:

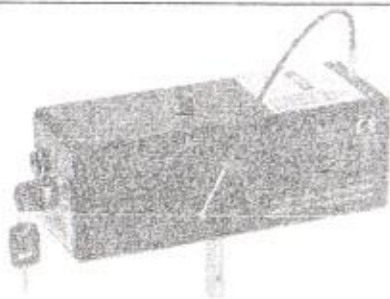




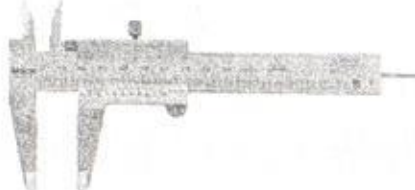
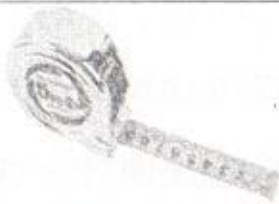

$$l = L \frac{f_2}{d' - f_2} \quad (6.3.7)$$

Xác định d theo công thức (6.3.6) rồi suy ra:

$$D = d + d' \quad (6.3.8)$$

6.3.4. Dụng cụ thí nghiệm

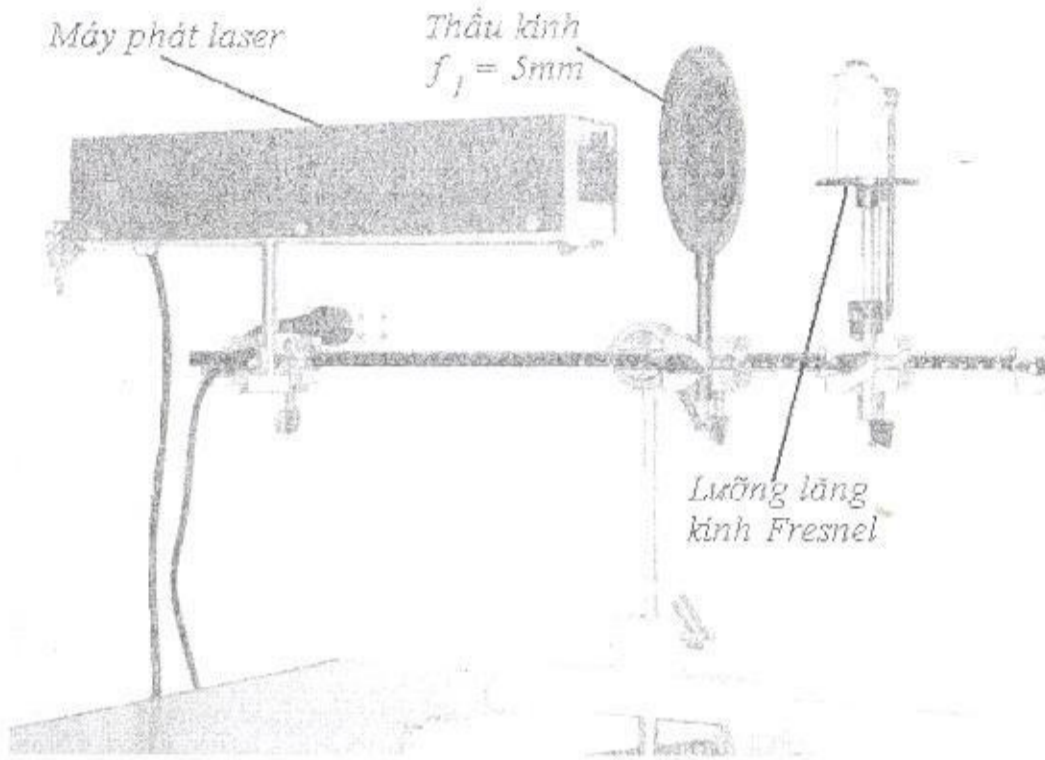
Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	LASER He-Ne	1	
2	Giá đỡ	1	
3	Thấu kính $f = 5$ mm	1	
4	Thấu kính $f = 200$ mm	1	
5	Lưỡng lăng kính Fresnel	1	
6	Thước kẹp	1	
7	Thước dây (bằng thép)	1	
9	Màn quan sát	1	

Lưu ý: Bài thí nghiệm này sử dụng nguồn LASER có cường độ lớn. Tia LASER chưa bị phân kì nếu chiếu trực tiếp vào mắt có thể làm hỏng võng mạc. Do đó, sinh viên tuyệt đối phải tuân theo sự hướng dẫn của giáo viên và phải cẩn thận không để tia LASER chiếu thẳng vào mắt.

6.3.5. Tiến trình thí nghiệm

6.3.5.1. Lắp đặt hệ đo quang học



Hình 6.3.4. Sơ đồ thí nghiệm giao thoa qua lưỡng lăng kính Fresnel.

Để tạo ra hình ảnh giao thoa, ta sử dụng lưỡng lăng kính Fresnel để tạo ra hai nguồn sáng kết hợp từ một nguồn sáng đơn sắc (nguồn LASER He-Ne). Các dụng cụ được bố trí như trên Hình 6.3.4 với nguồn LASER, thấu kính $f_1 = 5 \text{ mm}$ và lưỡng lăng kính Fresnel đặt trên giá đỡ. Nguồn LASER được trang bị chắn sáng nhằm hạn chế công suất. Khi cần thiết có thể nâng công suất lên 2 mW bằng cách bấm công tắc để mở chắn sáng. Thấu kính $f_1 = 5 \text{ mm}$ có tác dụng tăng tiết diện chùm tia LASER nhằm mục đích tạo ra vùng giao thoa rộng trên màn ảnh.

Để tránh bị rơi hỏng trong quá trình thí nghiệm, nguồn LASER được gắn cố định lên trên thanh đỡ. Sinh viên không tự tiện điều chỉnh vị trí nguồn LASER.

Sinh viên tiến hành thí nghiệm trình tự theo các bước sau:

- Bước 1: Nối nguồn LASER nguồn điện 220 V.

- Bước 2: Vận chìa khóa phía sau nguồn LASER theo chiều kim đồng hồ để phát tia LASER. Lưu ý: trước khi mở khóa, phải thông báo đến tất cả sinh viên trong nhóm không được nhìn vào phía trước nguồn LASER.

- Bước 3: Đặt thấu kính $f_1 = 5 \text{ mm}$ vào thanh đỡ, sau cửa chắn sáng khoảng 5 cm như mô tả trong Hình 6.3.4.

- Bước 4: Điều chỉnh LASER và thấu kính để chùm tia LASER đi qua tâm của thấu kính và cho một vệt sáng tròn trên màn ảnh đặt cách thấu kính khoảng 4 m. Cố định vị trí của nguồn LASER và thấu kính.

- Bước 5: Lắp hệ giá đỡ có gắn lưỡng lăng kính vào thanh đỡ, nằm sau thấu kính và cách thấu kính khoảng 8 cm. Ta lắp đặt sao cho mặt có lưỡng lăng kính hướng về phía LASER như mô tả trong Hình 6.3.4. Dùng kẹp cố định giá đỡ lưỡng lăng kính lại.

- Bước 6: Dịch chuyển nhẹ nhàng lưỡng lăng kính theo phương ngang và vuông góc với đường đi của chùm tia LASER sao cho chùm sáng LASER đi qua và phân bố đều trên hai nửa của lưỡng lăng kính. Lúc này trên màn quan sát sẽ xuất hiện hình ảnh giao thoa.

6.3.5.2. Đo khoảng vân i

- Bước 7: Thiết kế bảng số liệu trên một tờ giấy A4. Kẻ 2 đường thẳng vuông góc nhau lên một tờ giấy A4 khác.

- Bước 8: Đặt tờ giấy đó lên màn ảnh sao cho một đường thẳng trùng với một vân sáng (tối) bất kì.

- Bước 9: Trên đường thẳng còn lại, dùng bút chì đánh dấu khoảng cách trên đó có 10, 20, và 30 khoảng vân kể từ giao điểm của hai đường thẳng.

- Bước 10: Sau khi đánh dấu, dùng thước kẹp đo độ rộng của 10, 20, và 30 khoảng vân.

- Bước 11: Từ kết quả trên, tính khoảng vân i . Lặp lại từ bước 1 đến 10 thêm 2 lần nữa.

6.3.5.3. Đo khoảng cách L và d'

- Bước 12: Giữ nguyên vị trí của thấu kính f_1 và lưỡng lăng kính, đặt thấu kính $f_2 = 200$ mm phía sau lưỡng lăng kính.

- Bước 13: Di chuyển thấu kính f_2 dọc theo thanh đỡ cho đến khi trên màn quan sát thu được hai chấm sáng có đường kính bé nhất. Đó chính là ảnh của hai nguồn ảo S_1 và S_2 .

- Bước 14: Đánh dấu vị trí của hai chấm sáng trên giấy trắng.

- Bước 15: Dùng thước kẹp để đo khoảng cách L giữa hai ảnh của hai nguồn ảo S_1 và S_2 .

- Bước 16: Dùng thước dây đo khoảng cách d' từ thấu kính f_2 đến màn ảnh. Lặp lại từ bước 12 đến 15 thêm 2 lần nữa.

6.3.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

6.3.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

6.3.6.2. Phân tích kết quả

- Xác định khoảng vân:

$$i = \bar{i} \pm \Delta i \text{ (mm)}$$

- Xác định khoảng cách giữa hai nguồn ảo:

$$l = \bar{l} \pm \Delta l \text{ (mm)}$$

- Xác định khoảng cách từ hai nguồn ảo đến màn quan sát:

$$D = \bar{D} \pm \overline{\Delta D} (cm)$$

- Xác định bước sóng của LASER:

$$\lambda = \bar{\lambda} + \overline{\Delta \lambda} (nm)$$

- So sánh kết quả đo được với giá trị bước sóng ghi trên nguồn LASER.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

6.3.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

6.4. Khảo sát hệ vân tròn Newton

6.4.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Đề xuất được phương án và thực hiện được thí nghiệm đo bước sóng ánh sáng sử dụng hệ vân tròn Newton;
- Phân tích và nhận xét được các kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phân biện.

6.4.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt những mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm thì bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ nào?

Câu hỏi 3: Nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ, thiết bị có trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 4: Vẽ hình đường đi của tia sáng khi chiếu ánh sáng theo phương vuông góc đến mặt phẳng của thấu kính của hệ tạo vân tròn Newton.

Câu hỏi 5: Thiết lập biểu thức tính bán kính vân tròn thứ k ?

Câu hỏi 6: Hệ thống vân tròn Newton xuất hiện trên mặt lồi của thấu kính phẳng lồi. Chúng ta không thể tiếp cận được hệ vân. Làm thế nào để đo được bán kính của vân tròn Newton?

Câu hỏi 7: Khi khảo sát ảnh của vân tròn Newton trên màn quan sát, ta khảo sát vân sáng hay tối? Vì sao?

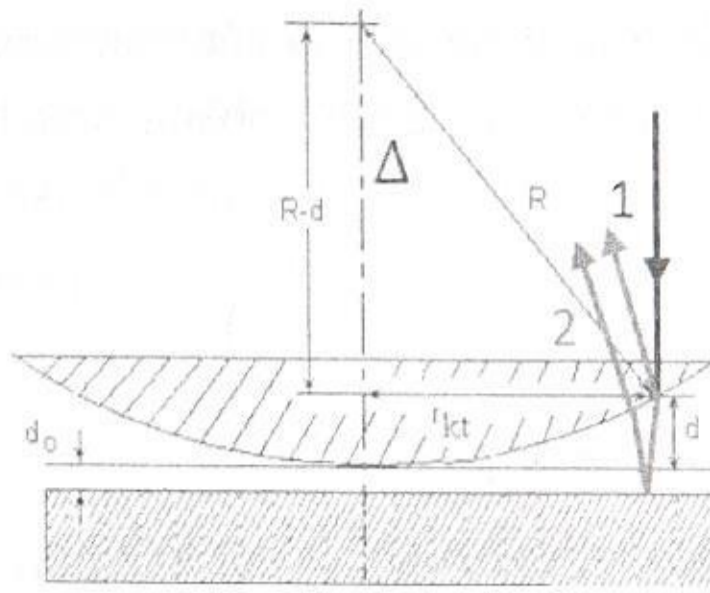
Câu hỏi 8: Làm sao xác định chính xác tâm của ảnh hệ vân tròn Newton để từ đó xác định chính xác các bán kính của chúng?

Câu hỏi 9: Hãy thiết lập công thức (6.4.7).

6.4.3. Cơ sở lý thuyết

Hệ thống vân tròn Newton sẽ được tạo ra trên lớp không khí giữa tấm kính phẳng và thấu kính phẳng lồi khi có giao thoa của hai nguồn sáng kết hợp.

Chiếu chùm ánh sáng đơn sắc, song song theo phương vuông góc với mặt phẳng tấm kính như Hình 6.4.1. Tia sáng đến mặt lồi của thấu kính phẳng lồi sẽ bị tách thành hai: một phần bị phản xạ trên mặt cong của thấu kính phẳng lồi (tia 1), phần còn lại đi vào lớp không khí và bị phản xạ trên tấm kính phẳng (tia 2). Như vậy trên mặt cong của thấu kính sẽ có sự gặp nhau của hai tia sáng kết hợp. Hai tia này sẽ giao thoa với nhau.



Hình 6.4.1. Nguyên lí giao thoa bởi hệ tạo vân tròn Newton.

Gọi R là bán kính cong của mặt lồi thấu kính; r_{kt} là khoảng cách từ điểm ta xét giao thoa (nằm trên mặt lồi thấu kính) đến trục đối xứng Δ (còn được gọi là bán kính vân tròn thực thứ k); $d + d_0$ là bề rộng khe hở, trong đó d_0 là sai số do lớp bụi gây nên như trong Hình 6.4.1. Nếu bề mặt không có bụi thì d_0 là trị số bề dày bị giảm đi do lực nén làm biến dạng mặt cong tại điểm tiếp xúc. Khi đó, d_0 có trị số âm.

Tia 2 phản xạ trên bề mặt tấm kính phẳng, có chiết suất lớn hơn không khí (chiết quang hơn) nên bị trễ pha một lượng là π , nói cách khác là có quang lộ dài thêm một lượng là $\lambda/2$. Vì vậy, hiệu quang lộ của hai tia 1 và 2 tại điểm gặp nhau trên mặt lồi của thấu kính được xác định theo công thức:

$$L_2 - L_1 = 2(d + d_0) + \frac{\lambda}{2}$$

Những điểm có hiệu quang lộ bằng $(2k + 1)\lambda/2$ là những điểm tối. Vậy độ dày lớp không khí tại điểm tối được xác định theo công thức:

$$d + d_0 = k \frac{\lambda}{2} \quad (6.4.1)$$

Do tính chất đối xứng nên tập hợp những điểm tối có cùng độ dày là một đường tròn. Đường tròn này được gọi là một vân tối.

Tập hợp các đường tròn đồng tâm là các vân sáng, tối giao thoa được tạo bởi hệ thấu kính và gương phẳng như trên do Newton nghiên cứu đầu tiên nên được gọi là hệ vân tròn Newton.

Gọi r_{kt} là bán kính của vân tối Newton thứ k . Trên Hình 6.4.1, ta có:

$$r_{kt}^2 = R^2 - (R - d_k)^2 \quad (6.4.2)$$

trong đó, d_k là bề dày tại vị trí vân tối thứ k . Do $d_k \ll R$ nên:

$$r_{kt}^2 = 2Rd_k \quad (6.4.3)$$

Từ (6.4.1) và (6.4.3), bán kính của vân tối thứ k được xác định thông qua công thức:

$$r_{kt}^2 = kR\lambda - 2d_0R \quad (6.4.4)$$

Từ (6.4.4), nếu biết bước sóng λ của ánh sáng tới, chúng ta có thể xác định được bán kính R của mặt lồi của thấu kính trong hệ tạo vân tròn Newton thông qua công thức:

$$R = \frac{1}{\lambda} \frac{r_{kt}^2}{k - \frac{2d_0}{\lambda}} \quad (6.4.5)$$

Ngược lại, nếu ta biết R , chúng ta có thể xác định bước sóng λ của ánh sáng tới theo công thức:

$$\lambda = \frac{1}{R} \frac{r_{kt}^2 + 2Rd_0}{k} \quad (6.4.6)$$


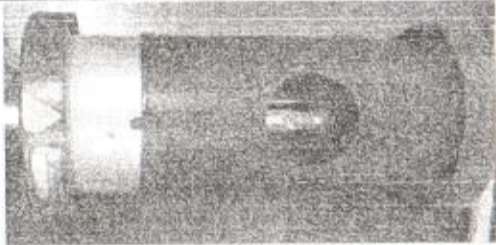
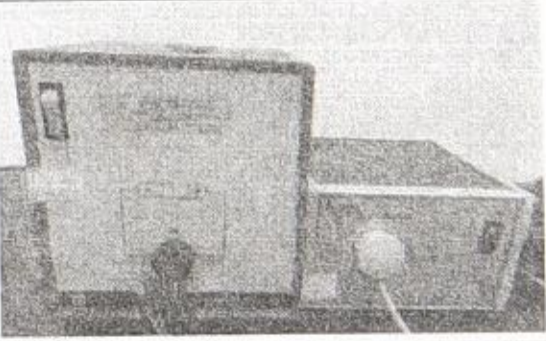

Lưu ý:

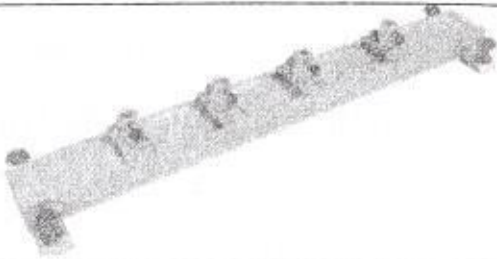

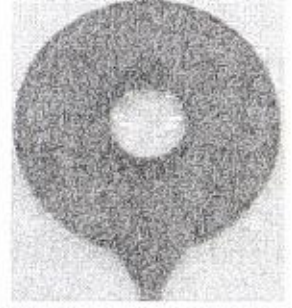

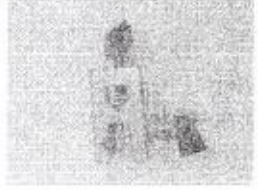
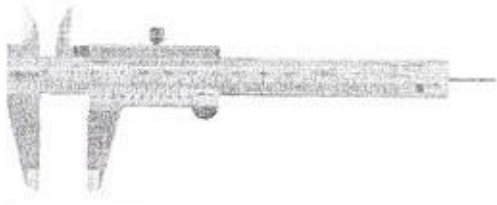

- Trong bài thí nghiệm này, chúng ta không đo trực tiếp được r_{kt} mà chỉ có thể đo gián tiếp thông qua ảnh của nó trên màn quan sát. Ảnh này được tạo ra bằng cách ghép thêm một thấu kính hội tụ nằm phía sau hệ tạo vân tròn Newton. Như vậy, để tính được r_{kt} thì chúng ta phải đo bán kính ảnh r_k của vân tối thứ k trên màn và độ phóng đại của thấu kính.

- Quan sát các vân tròn Newton khi ánh sáng truyền qua thì hình ảnh thu được trên màn sẽ khác so với quan sát ảnh phản xạ. Nghĩa là vân sáng trên mặt lồi thấu kính của bộ tạo vân tròn Newton sẽ trở thành vân tối trên màn quan sát và ngược lại. Vân trung tâm trên màn quan sát sẽ là vân sáng. Do vậy ta phải đo bán kính r_k của các vân sáng trên màn mờ. Khi quan sát ánh sáng truyền qua thì độ tương phản sáng tối giữa vân sáng và vân tối sẽ không rõ nét. Tuy nhiên, vì bố trí thí nghiệm trong trường hợp ánh sáng truyền qua đơn giản hơn cho nên thí nghiệm được thiết lập cho trường hợp này.

6.4.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	Hệ tạo vân tròn Newton	1	
2	Đèn Natri	1	
3	Bộ nguồn	1	
4	Kính lọc màu	1	

5	Giá quang học	1	
6	Thấu kính $f_1 = 50 \text{ mm}$	1	
7	Thấu kính $f_2 = 100 \text{ mm}$	1	
8	Màn mờ	1	
9	Kẹp đa năng	6	
10	Thước kẹp	1	
11	Đèn thủy ngân	1	

Lưu ý: Trên hệ tạo vân tròn Newton có 3 vít có tác dụng điều chỉnh vị trí của vân tròn Newton trên mặt lồi của thấu kính phẳng lồi của hệ tạo vân tròn và ép thấu kính phẳng lồi tiếp xúc với bản thủy tinh phẳng tạo giao thoa. Khi vặn các vít cần lưu ý:

- Hệ thống vân sẽ chạy về phía vít đang vặn chặt vào.
- Vặn các vít vừa đủ chặt để khi ta tiếp tục vặn vào thêm vẫn không có thêm vân nào nữa xuất hiện từ tâm. Vặn quá chặt sẽ làm

cho bán kính vôn lớn hơn và làm cho bản thủy tinh cùng thấu kính biến dạng.

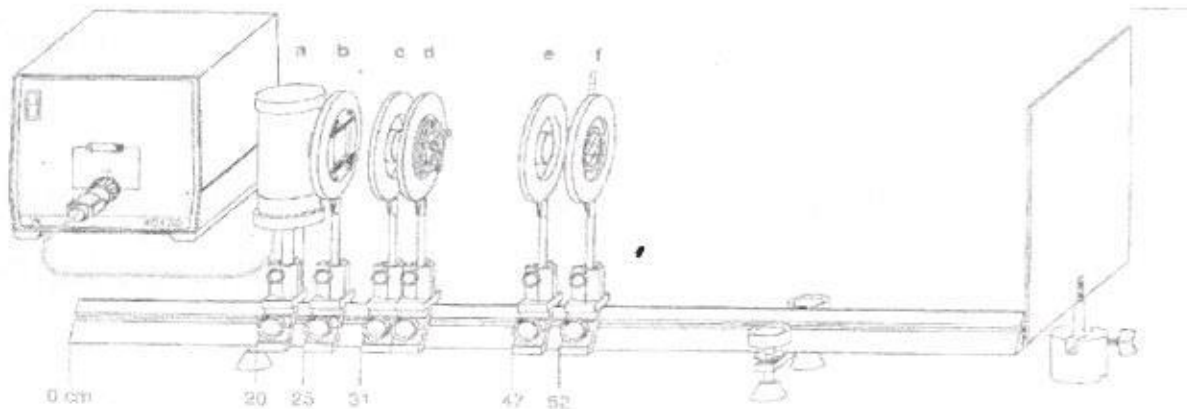
- Để đề phòng hư hỏng, sinh viên chỉ được thao tác điều chỉnh dưới sự giám sát của cán bộ hướng dẫn.

- Khi đã điều chỉnh xong thì trong suốt quá trình làm thí nghiệm không được điều chỉnh tiếp các vít.

- Ngoài ra, trên bản thủy tinh phẳng của hệ tạo vôn tròn Newton có gắn 1 thước milimet dùng để xác định độ phóng đại của thấu kính.

6.4.5. Tiến trình thí nghiệm

6.4.5.1. Lắp đặt hệ đo quang học



Hình 6.4.2. Sơ đồ thí nghiệm khảo sát vân tròn Newton.

Sinh viên tiến hành lắp các dụng cụ theo các thứ tự như Hình 6.4.2, trong đó:

- (a) Đèn Natri hoặc thủy ngân,
- (b) Kính lọc màu (chỉ dùng với đèn thủy ngân),
- (c) Thấu kính hội tụ tiêu cự $f_1 = 50$ mm,
- (d) Hệ tạo vân tròn Newton,
- (e) Thấu kính có tiêu cự $f_2 = 100$ mm, (f) Diaphragm, (g) Màn mờ

Lưu ý: Đặt hệ tạo vân tròn Newton (d) sát sau thấu kính hội tụ (c) và các vít điều chỉnh trên nó hướng về phía thấu kính (e).

6.4.5.2. Đo bán kính R của mặt lồi thấu kính

- Bước 1: Thiết kế bảng số liệu trên một tờ giấy A4. Bật đèn Natri, chờ cho độ sáng ổn định.

- Bước 2: Điều chỉnh độ hội tụ của chùm sáng sau khi đi qua thấu kính f_1 bằng cách xê dịch đèn Natri (a), sau đó cố định bằng diaphragm (f).

- Bước 3: Chính hệ thống vân trên màn mờ cho rõ nét bằng cách xê dịch thấu kính (e).

- Bước 4: Lấy một tờ giấy trắng vẽ hệ tọa độ vuông góc và một đường tròn có tâm tại gốc tọa độ với đường kính khoảng 40 mm.

- Bước 5: Dùng băng dính cố định tờ giấy vào màn mờ sao cho đường tròn đã vẽ trùng với một vân tròn bất kì, khi đó tâm đường tròn chính là tâm của hệ vân tròn.

- Bước 6: Đánh dấu các giao điểm của các vân tròn (sáng) với các nửa trục tọa độ để xác định bán kính r_k (để đo chính xác thì các vạch đánh dấu phải rất mảnh).

- Bước 7: Tháo tờ giấy ra rồi dùng thước kẹp xác định các giá trị r_k trên 4 nhánh của trục tọa độ, ghi vào bảng số liệu.

6.4.5.3. Xác định độ phóng đại

- Bước 8: Quan sát ảnh rõ nét của thước milimet trên màn mờ (thước này nằm trên bản thủy tinh phẳng của hệ tạo vân tròn Newton).

- Bước 9: Kẻ một đường thẳng trên tờ giấy trắng rồi đặt nó lên màn mờ sao cho đường thẳng này vuông góc với các vạch của thước.

- Bước 10: Đánh dấu 2 giao điểm của đường thẳng với 2 vạch của thước cách nhau 30 khoảng chia.

- Bước 11: Dùng thước kẹp đo khoảng cách $30B$ giữa hai điểm này.

Nếu gọi G là giá trị một khoảng chia của thước thực milimét ($G = 1 \text{ mm}$), B là giá trị một khoảng chia của ảnh thước trên màn thì độ phóng đại của thấu kính (e) là B/G . Từ đó suy ra

giá trị thực của bán kính vân tròn Newton được xác định theo công thức:

$$r_{kt} = \frac{G}{B} r_k \quad (6.4.7)$$

6.4.5.4. Xác định bước sóng của đèn thủy ngân

- Bước 12: Tắt bộ nguồn, chờ cho đèn nguội, thay đèn Natri bằng đèn thủy ngân.

- Bước 13: Đặt kính lọc màu vàng (b) vào sau đèn thủy ngân (a).

- Bước 14: Xác định các bán kính r_k như trong mục 6.4.5.2. và r_M như trong mục 6.4.5.3.

Lưu ý: Nếu sau khi thay đèn thủy ngân vào mà phải thay đổi vị trí của thấu kính (e) để cho ảnh hệ vân tròn rõ nét trên màn thì phải xác định lại độ phóng đại của thấu kính (e).

6.4.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

6.4.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

6.4.6.2. Phân tích kết quả

i) Xác định bán kính R của mặt lồi thấu kính

Với các số liệu thu được, vẽ đồ thị phụ thuộc của bán kính ảnh vân tròn Newton vào bậc k của vân, $r_{kt}^2 = f(k)$ bằng phần mềm Excel hoặc bất kì phần mềm vẽ đồ thị khác. Từ đồ thị, xác định hệ số góc. Sử dụng giá trị của hệ số góc thu được và bước

sóng phát ra từ đèn Na để xác định bán kính R của mặt lồi của thấu kính phẳng lồi trong hệ tạo vân tròn Newton.

ii) *Xác định bước sóng của ánh sáng màu vàng trong quang phổ đèn thủy ngân*

Tương tự, từ kết quả khảo sát vân tròn Newton bằng ánh sáng đèn thủy ngân vẽ đồ thị $r_{kt}^2 = f(k)$. Từ đồ thị xác định hệ số góc và kết hợp với giá trị R thu được ở phần trên để xác định bước sóng của ánh sáng màu vàng trong quang phổ đèn thủy ngân.

Lưu ý: Trong các công thức (6.4.5) và (6.4.6) có xuất hiện d_o . Nếu ta đo đạc cẩn thận và điều chỉnh các vít hệ tạo vân tròn Newton chính xác thì có thể xem $d_o = 0$.

iii) *Kết luận*

- Nhận xét về các kết quả thí nghiệm
- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

6.4.6.3. *Báo cáo thí nghiệm*

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

6.5. Xác định độ rộng khe hẹp và chu kì cách tử

6.5.1. *Mục tiêu thí nghiệm*

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Đề xuất được phương án và thực hiện được thí nghiệm đo bề rộng khe hẹp và chu kì cách tử thông qua hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng;
- Phân tích và giải thích được các kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;

- Phát triển kĩ năng làm việc và quản lí nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

6.5.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt những mục tiêu của bài thí nghiệm thì bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ nào?

Câu hỏi 3: Nêu vai trò ngắn gọn của các dụng cụ và thiết bị có trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 4: Từ kiến thức về nhiễu xạ qua khe hẹp và cách từ, đề xuất phương án đo bề rộng khe hẹp và chu kì cách từ.

Câu hỏi 7: Vẽ hình mô tả hiện tượng nhiễu xạ và sự phân bố cường độ ánh sáng nhiễu xạ của chùm tia sáng song song chiếu qua một khe hẹp và một cách từ.

6.5.3. Cơ sở lí thuyết

6.5.3.1. Nhiễu xạ qua khe hẹp

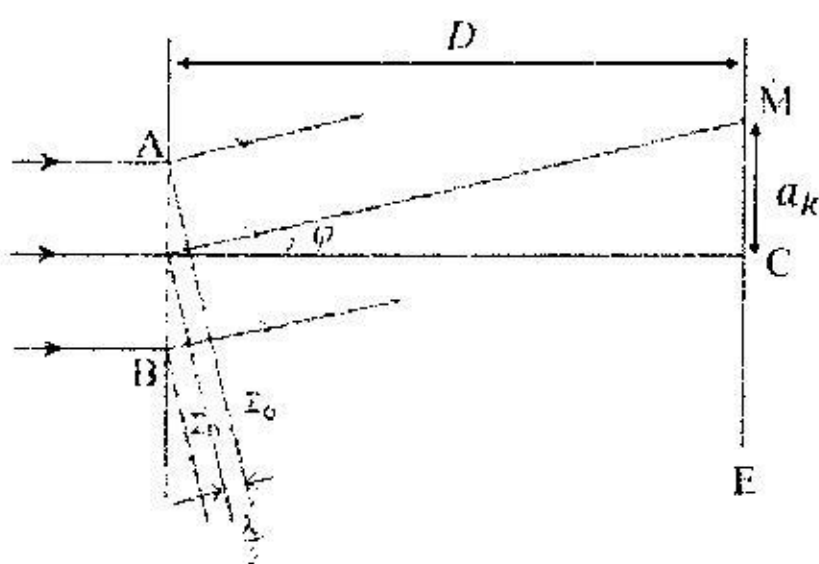
Chiếu chùm tia LASER có bước sóng λ vào khe hẹp có độ rộng $AB = b$ như trong Hình 6.5.1. Sau khi qua khe, các tia sáng nhiễu xạ theo nhiều phương. Do đặc tính đơn sắc và độ định hướng rất cao của chùm tia LASER, các tia nhiễu xạ cùng phương sẽ giao thoa với nhau. Đặt màn quan sát song song với mặt phẳng khe ta sẽ thu được hình ảnh nhiễu xạ.

Phân bố cường độ sáng trên màn ảnh E sẽ phụ thuộc vào góc nhiễu xạ φ . Các tia nhiễu xạ theo phương $\varphi = 0$ có quang lộ hoàn toàn bằng nhau nên chúng cùng pha dao động. Vì vậy, tại C trên màn ảnh sẽ có cường độ sáng lớn nhất. Đó là cực đại giữa.

Để tính cường độ sáng theo phương φ bất kì thì ta vẽ các mặt phẳng Σ_0 cách nhau $\lambda/2$ và vuông góc với chùm tia nhiễu xạ

với góc φ như trong Hình 6.5.1. Các mặt phẳng này chia khe thành các dải có bề rộng $\frac{\lambda}{2 \sin \varphi}$. Vậy tổng số dải thu được là:

$$N = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda}$$



Hình 6.5.1. Đường đi của tia sáng nhiễu xạ qua một khe hẹp.

Theo nguyên lý Huygens, chúng ta có thể xem mỗi dải là một nguồn thứ cấp gửi ánh sáng tới điểm ta xét M. Vì quang lộ từ hai dải kế tiếp đến điểm M khác nhau $\lambda/2$ nên hai dao động do hai dải kế tiếp gây ra tại M ngược pha nhau và khử lẫn nhau.

- Nếu số dải thu được là một số chẵn ($N = 2k$) thì điểm M sẽ là điểm tối. Nghĩa là tại những điểm M ứng với các góc φ thỏa mãn:

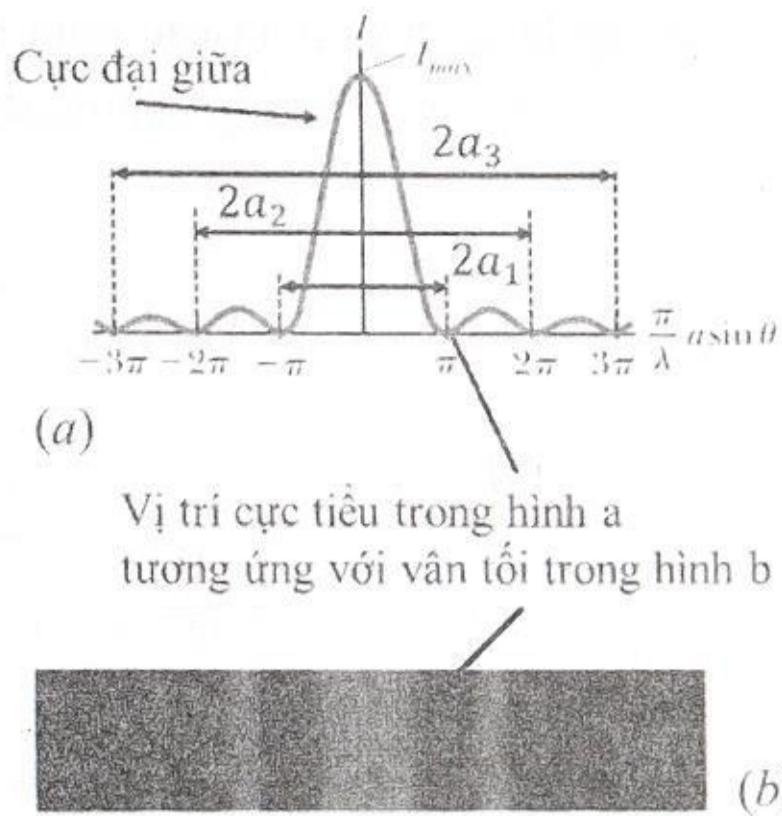
$$\sin \varphi = \pm \frac{\lambda}{b}; \pm 2 \frac{\lambda}{b}; \pm 3 \frac{\lambda}{b}; \dots; \pm k \frac{\lambda}{b} \quad (6.5.1)$$

là các điểm tối và được gọi là cực tiểu nhiễu xạ.

- Nếu số dải thu được là một số lẻ ($N = 2k + 1$) thì điểm M sẽ là điểm sáng. Nghĩa là tại những điểm M ứng với các góc φ thỏa mãn:

$$\sin \varphi = \pm 3 \frac{\lambda}{2b}; \pm 5 \frac{\lambda}{2b}; \pm 7 \frac{\lambda}{2b}; \dots; \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2b} \quad (6.5.2)$$

là các điểm sáng và được gọi là cực đại nhiễu xạ.



Hình 6.5.2. Hình ảnh nhiễu xạ qua một khe.

Gọi D là khoảng cách từ khe hẹp đến màn quan sát và a_k là vị trí của cực tiểu nhiễu xạ thứ k ($k = 1, 2, 3, \dots$) đến cực đại giữa C. Vì $D \gg a_k$ nên ta có $\sin \varphi \approx \tan \varphi$. So sánh với công thức (6.5.1), ta có:

$$b = \frac{k\lambda D}{a_k} \quad (6.5.3)$$

Như vậy, muốn đo được độ rộng của khe hẹp thì cần phải đo được khoảng cách a_k từ cực tiểu nhiễu xạ thứ k đến trung điểm của cực đại giữa và khoảng cách D từ khe hẹp đến màn quan sát. LASER sử dụng trong bài thí nghiệm này là LASER He-Ne có bước sóng $\lambda = 632,8 \text{ nm}$.

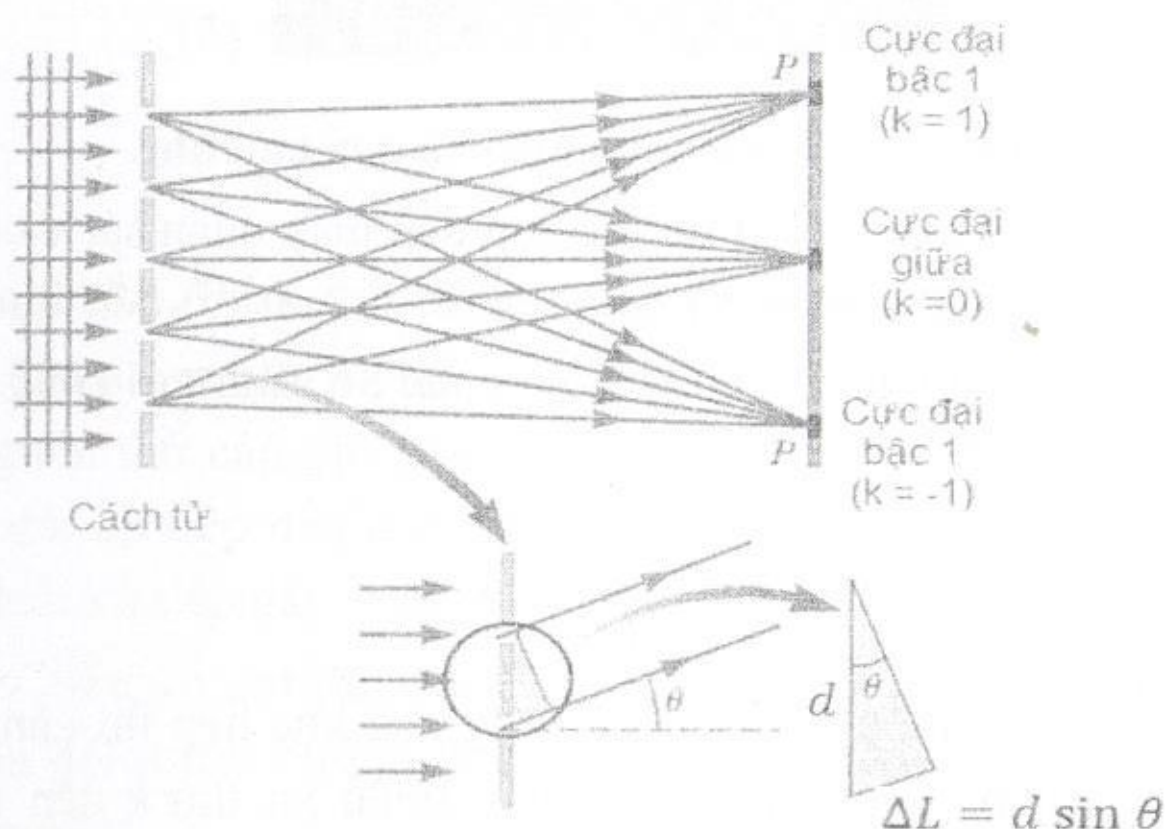
6.5.3.2. Nhiễu xạ qua cách tử

Cách tử nhiễu xạ là một hệ gồm các khe hẹp hoặc các rãnh song song, cách đều nhau. Có hai loại cách tử: cách tử truyền qua và cách tử phản xạ.

- Cách tử truyền qua: là cách tử gồm các khe hẹp song song, cách đều nhau. Cách tử này sẽ cho hiện tượng giao thoa khi có ánh sáng truyền qua các khe hẹp của nó.

- Cách tử phản xạ: là cách tử gồm các rãnh hẹp song song, cách đều nhau. Cách tử này sẽ cho hiện tượng giao thoa khi có ánh sáng phản xạ từ bề mặt nó.

Nếu thay khe hẹp ở mục 6.5.3.1 bằng một cách tử nhiễu xạ (truyền qua) thì trên màn quan sát ta sẽ thu được các vệt sáng song song cách nhau bằng những khoảng tối rộng. Hình ảnh thu được trên màn ảnh là sự tổng hợp của hình ảnh nhiễu xạ qua từng khe và giao thoa tạo bởi các khe. Các vệt sáng được gọi là các cực đại chính (hay gọi tắt là cực đại). Cực đại ở giữa được gọi là cực đại giữa như mô tả trên Hình 6.5.3.



Hình 6.5.3. Đường đi của chùm sáng song song qua cách tử [24].

Hiệu quang lộ của hai tia sáng xuất phát từ hai khe liền kề:

$$\Delta L = d \sin \theta$$

với d là khoảng cách giữa hai khe kế tiếp nhau hay còn gọi là chu kì của cách tử.

Điều kiện để có cực đại:

$$\Delta L = d \sin \theta = k \lambda$$

với $k = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$

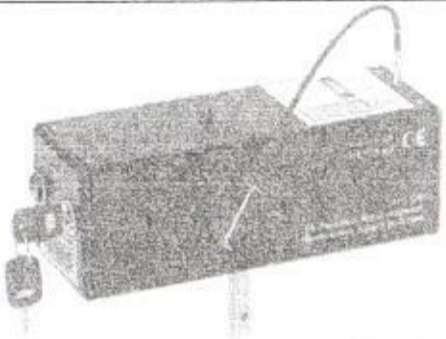
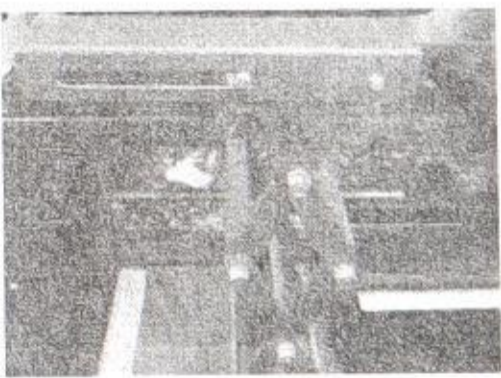
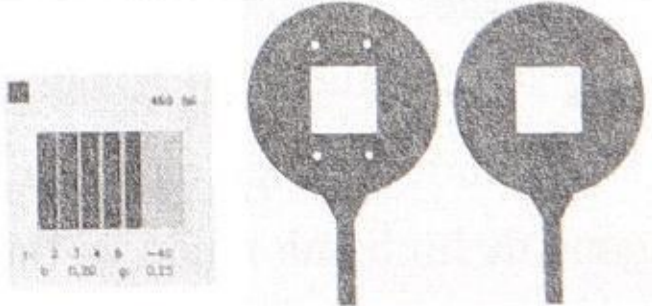
Mặt khác, $\sin\theta = y/L$, với y và L lần lượt là các khoảng cách từ vị trí cực đại đang xét đến vị trí cực đại giữa và đến tâm của cách tử. Chu kì cách tử được xác định theo công thức:

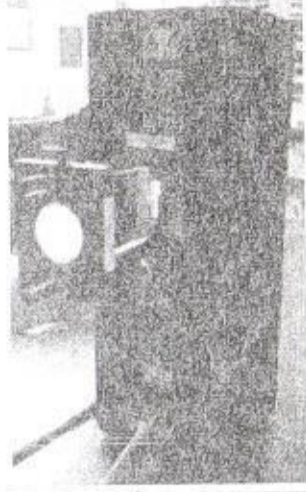
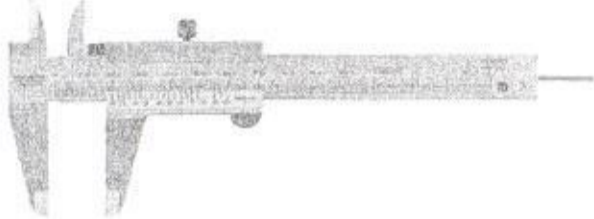


$$d = \frac{k\lambda L}{y} \quad (6.5.4)$$

Như vậy, muốn đo được chu kì của cách tử, ta cần phải đo được khoảng cách L từ tâm của cách tử đến cực đại bậc k và khoảng cách y từ cực đại giữa đến cực đại bậc k . Nguồn sáng trong bài thí nghiệm là đèn thủy ngân. Trong thí nghiệm này chúng ta sử dụng các cực đại bậc 1 ($k = 1$) của các màu xanh dương với bước sóng $\lambda = 436 \text{ nm}$ để khảo sát hiện tượng nhiễu xạ.

6.5.4. Dụng cụ thí nghiệm

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	LASER He-Ne	1	
2	Giá đỡ	1	
3	Khe nhiễu xạ và giá đỡ	1	

4	Đèn thủy ngân và cách tử	1	
5	Thước kẹp	1	
6	Thước dây	1	
7	Màn ảnh	1	

6.5.5. Tiến trình thí nghiệm

6.5.5.1. Đo bề rộng khe hẹp

i) Lắp đặt hệ đo quang học

- Bước 1: Lắp khe hẹp vào thanh đỡ sao cho khe hẹp hướng theo chiều thẳng đứng và mặt phẳng của khe vuông góc với chùm tia LASER.

- Bước 2: Điều chỉnh vị trí khe hẹp bằng cách trượt nó theo phương nằm ngang sao cho tia LASER rơi vào điểm giữa của khe thứ nhất.

- Bước 3: Điều chỉnh vị trí của hệ khe hẹp theo phương thẳng đứng sao cho tia LASER nằm cách đều hai mép của khe.

- Bước 4: Điều chỉnh lại vị trí hệ khe hẹp theo phương nằm ngang để hình ảnh nhiễu xạ thu được trên màn rõ nét nhất.

ii) Đo độ rộng của khe hẹp

- Bước 5: Thiết kế bảng số liệu trên 1 tờ giấy A4. Kẻ hai đường thẳng vuông góc lên một tờ giấy A4 khác.

- Bước 6: Đặt tờ giấy A4 đó lên màn quan sát sao cho các cực đại nhiễu xạ nằm trên trục ngang và trục đứng chia cực đại giữa ra hai phần bằng nhau.

- Bước 7: Dùng bút chì đánh dấu vị trí trung điểm của 6 cực tiểu nhiễu xạ (điểm tối) trên đường thẳng nằm ngang về cả hai phía của cực đại giữa.

- Bước 8: Lấy tờ giấy ra và dùng thước kẹp đo các khoảng cách $2a_k$ từ cực tiểu nhiễu xạ thứ k ($k = 1, 2, 3$) bên trái tới cực tiểu nhiễu xạ thứ k bên phải. Với mỗi k , đo khoảng cách này 5 lần để lấy giá trị trung bình. Ghi số liệu thu được vào bảng số liệu đã thiết kế.

iii) Đo khoảng cách từ khe hẹp đến màn ảnh

- Bước 9: Dùng thước dây đo khoảng cách D từ khe hẹp đến màn quan sát 5 lần. Ghi giá trị thu được vào bảng số liệu.

6.5.5.2. Đo chu kì cách từ nhiễu xạ

i) Lắp đặt hệ đo quang học

- Bước 1: Lắp cách tử vào thanh đỡ sao cho cách tử hướng theo chiều thẳng đứng và mặt phẳng của cách tử vuông góc với ánh sáng phát ra từ đèn thủy ngân.

- Bước 2: Bật công tắc đèn thủy ngân và đợi cho dây màu hiện ra trên màn quan sát, đồng thời điều chỉnh lại vị trí cách tử và đèn sao cho hình ảnh nhiễu xạ thu được trên màn rõ nét nhất.

ii) Đo khoảng cách từ cực đại giữa đến cực đại bậc 1

- Bước 3: Thiết kế bảng số liệu trên tờ giấy A4.

- Bước 4: Dùng thước dây đo khoảng cách y từ cực đại giữa đến cực đại bậc 1 của màu xanh dương. Ghi các số liệu vào các bảng đã thiết kế. Lặp lại bước này thêm 5 lần nữa.

iii) Đo khoảng cách từ tâm của cách tử đến cực đại bậc 1

- Bước 5: Dùng thước dây đo khoảng cách L từ tâm của cách tử đến cực đại bậc 1 của màu xanh dương. Ghi các số liệu vào các bảng đã thiết kế. Lặp lại bước này thêm 5 lần nữa.

6.5.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

6.5.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

6.5.6.2. Phân tích kết quả

- Xác định bề rộng khe hẹp:

$$b = \bar{b} \pm \overline{\Delta b} (\mu m)$$

- Xác định chu kì cách tử:

$$d = \bar{d} \pm \overline{\Delta d}$$

- Nhận xét các kết quả thí nghiệm.

- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

6.5.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.

- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

6.6. Khảo sát sự phân cực ánh sáng

6.6.1. Mục tiêu thí nghiệm

Sau khi thực hiện bài thí nghiệm này, người học có thể:

- Thiết kế được phương pháp và tiến hành được thí nghiệm để kiểm nghiệm được định luật Malus;
- Phân tích và giải thích được các kết quả thí nghiệm;
- Trình bày được kết quả thí nghiệm thông qua bài báo cáo viết và thuyết trình;
- Thể hiện thái độ học tập tích cực, chủ động, có trách nhiệm;
- Phát triển kỹ năng làm việc và quản lý nhóm;
- Phát triển tư duy phân tích và phản biện.

6.6.2. Câu hỏi chuẩn bị bài thí nghiệm

Trước khi đến phòng thí nghiệm, người học phải trả lời đầy đủ các câu hỏi sau:

Câu hỏi 1: Liệt kê các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm.

Câu hỏi 2: Để đạt những mục tiêu của bài thí nghiệm thì bài thí nghiệm cần sử dụng những dụng cụ nào?

Câu hỏi 3: Nêu vai trò của các dụng cụ, thiết bị có trong bài thí nghiệm.

Câu hỏi 4: Phân biệt ánh sáng tự nhiên và ánh sáng phân cực.

Câu hỏi 5: Trình bày ngắn gọn thuyết điện từ của Maxwell về bản chất của ánh sáng.

Câu hỏi 6: Ánh sáng là sóng ngang hay sóng dọc? Vì sao?

Câu hỏi 7: Phát biểu và viết biểu thức của định luật Malus về phân cực ánh sáng.

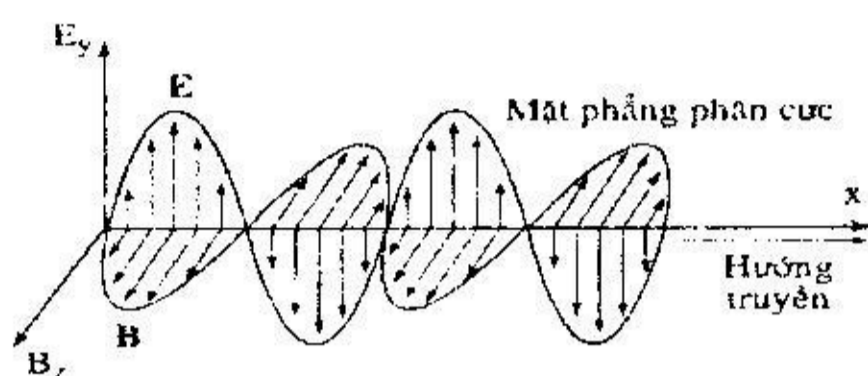
Câu hỏi 8: Đề xuất một phương pháp để nghiệm lại định luật Malus về phân cực ánh sáng.

6.6.3. Cơ sở lý thuyết

6.6.3.1. Phân cực ánh sáng

Bản chất sóng của ánh sáng là sóng điện từ ngang tuân theo các phương trình truyền sóng của Maxwell. Nó bao gồm điện

trường \vec{E} và từ trường \vec{B} truyền với cùng vận tốc. Các vector \vec{E} và \vec{B} luôn luôn vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng như Hình 6.6.1, trong đó chỉ thành phần \vec{E} gây ra cảm giác sáng đối với mắt người. Vì vậy, khi mô tả sóng ánh sáng, người ta thường chỉ biểu diễn theo điện trường \vec{E} và xác định sự phân cực của sóng theo định hướng của điện trường \vec{E} .



Hình 6.6.1. Bản chất sóng của ánh sáng.

Ánh sáng tự nhiên là tập hợp vô số các bó sóng do sự dao động của các phân tử trong nguồn sáng phát ra. Do các phân tử dao động hỗn loạn nên các vector \vec{E} của các bó sóng có phương dao động khác nhau và mang tính ngẫu nhiên. Những thay đổi này xảy ra rất nhanh khiến ta không thể phân biệt bất kì trạng thái phân cực tổng hợp nào. Do đó, ánh sáng tự nhiên được gọi là ánh sáng không phân cực. Có ba trạng thái phân cực cơ bản: phân cực thẳng, phân cực tròn và phân cực ellipse.

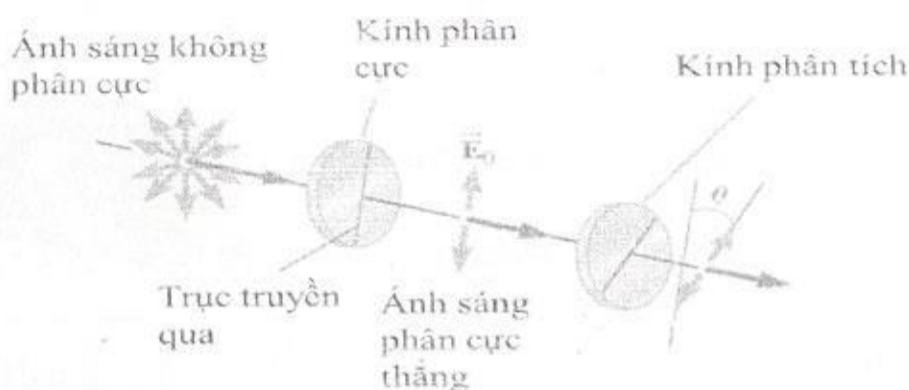
- Phân cực thẳng: Nếu các vector \vec{E} tổng hợp của ánh sáng chỉ dao động theo một phương tại mọi thời điểm thì ánh sáng đó được gọi là ánh sáng phân cực thẳng. Ánh sáng phát ra từ một LASER có độ phân cực cao và có thể xem là ánh sáng phân cực thẳng.

- Phân cực tròn: Trong quá trình truyền sóng, nếu các vector \vec{E} tổng hợp của ánh sáng thay đổi sao cho đầu của nó vạch thành một đường xoắn ốc tròn trong không gian thì ánh sáng được gọi là phân cực tròn.

- Phân cực ellipse: Trong quá trình truyền sóng, nếu các vector \vec{E} tổng hợp của ánh sáng thay đổi sao cho đầu của nó vạch thành đường xoắn ốc ellipse được gọi là phân cực ellipse.

6.6.3.2. Định luật Malus

Để tạo ánh sáng phân cực thẳng từ một nguồn sáng không phân cực ta sử dụng các kính phân cực đặt sau nguồn sáng như Hình 6.6.2. Kính phân cực là một tấm trong suốt mỏng (tấm phân cực) được dùng để thu được một ánh sáng phân cực thẳng từ ánh sáng không phân cực. Mỗi tấm phân cực có một trục đặc biệt mà chỉ ánh sáng có vector \vec{E} dao động theo phương song song với nó mới truyền qua được tấm phân cực. Trục đó được gọi là trục truyền qua của tấm phân cực. Như vậy, khi chiếu một ánh sáng không phân cực tới một tấm phân cực, phía sau tấm phân cực ta sẽ thu được một ánh sáng phân cực thẳng có vector \vec{E} dao động theo phương song song với trục truyền qua của tấm phân cực.



Hình 6.6.2. Mô phỏng thí nghiệm tạo ánh sáng phân cực thẳng.

Phía sau kính phân cực ta đặt thêm một kính phân tích đồng trục với kính phân cực như Hình 6.6.2. Kính phân tích về bản chất cũng là tấm phân cực. Nếu hai trục truyền qua của kính phân cực và kính phân tích song song nhau thì cường độ ánh sáng sau khi đi qua kính phân cực I_0 và cường độ ánh sáng sau khi đi qua kính phân tích I là như nhau. Tuy nhiên, nếu hai trục truyền qua này hợp với

nhau một góc $\theta \neq 0^\circ$, thì $I < I_0$ và tuân theo định luật Malus theo công thức:

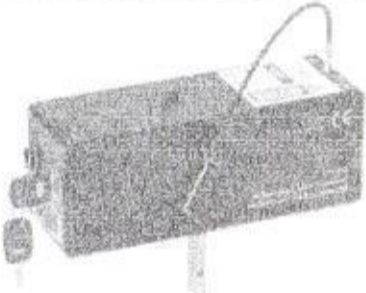


$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad (6.6.1)$$

Để kiểm nghiệm định luật Malus, ta chỉ cần sử dụng một cảm biến quang điện để đo cường độ ánh sáng I_0 và I .

6.6.4. Dụng cụ thí nghiệm

Lưu ý: Bài thí nghiệm này sử dụng nguồn LASER có cường độ lớn. Tia LASER chưa bị phân kì nếu chiếu trực tiếp vào mắt có thể bị hỏng võng mạc. Do đó, sinh viên tuyệt đối phải tuân theo sự hướng dẫn của giáo viên và phải cẩn thận không để tia LASER chiếu thẳng vào mắt.

Bài thí nghiệm này sử dụng các dụng cụ sau:

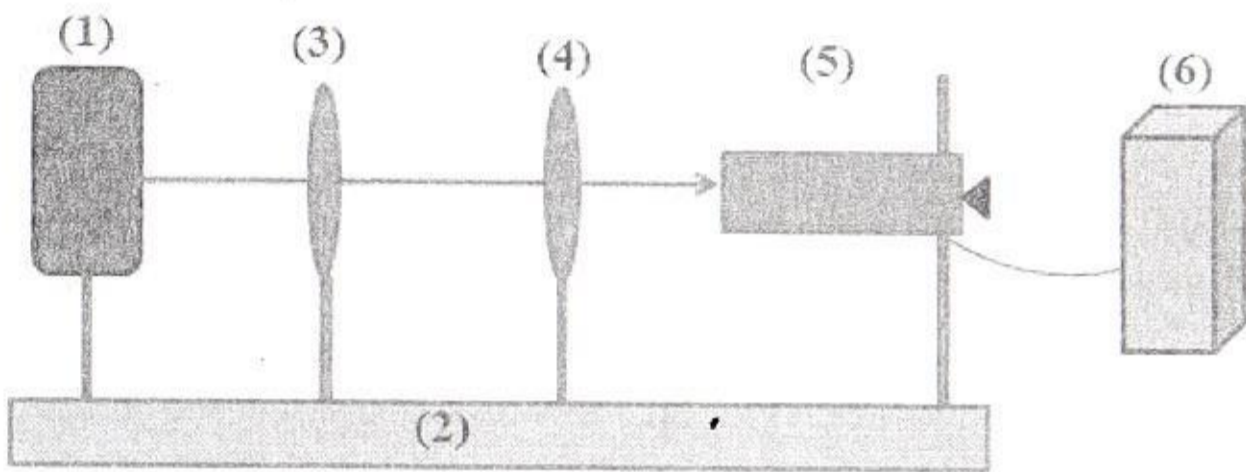
STT	Tên dụng cụ	Số lượng	Hình ảnh
1	LASER He-Ne	1	
2	Giá đỡ quang học	1	
3	Kính phân cực (phân tích)	2	
4	Máy đo cường độ ánh sáng	1	

6.6.5. Tiến trình thí nghiệm

Người học thảo luận nhóm thể thiết kế, tiến hành lắp đặt các dụng cụ thí nghiệm và thực hiện đo đạc để đáp ứng các yêu cầu cụ thể sau:

- Khảo sát sự phụ thuộc của cường độ sáng của chùm tia LASER sau khi đi qua hai tấm kính (kính phân cực và kính phân tích) vào góc θ giữa hai trục truyền qua của hai tấm kính;

- Nghiệm lại định luật Malus.



(1): Laser He-Ne; (2): Giá đỡ; (3): Kính phân cực;
(4): Kính phân tích; (5): Máy đo cường độ ánh sáng; (6): Hiển thị

Hình 6.6.3. Sơ đồ thí nghiệm kiểm nghiệm định luật Malus.

6.6.6. Kết quả và báo cáo thí nghiệm

6.6.6.1. Kết quả thí nghiệm

- Thiết kế các bảng số liệu phù hợp với trình tự, yêu cầu thí nghiệm và đầy đủ thông tin của bài thí nghiệm.

- Ghi kết quả thí nghiệm thu được ở trên vào bảng số liệu đã thiết kế.

- Nộp bảng số liệu ban đầu và xin xác nhận của người hướng dẫn trước khi rời khỏi phòng thí nghiệm.

6.6.6.2. Phân tích kết quả

- Vẽ đồ thị phụ thuộc của cường độ ánh sáng I vào $\cos^2\theta$.

- Nhận xét về kết quả thí nghiệm.
- Phân tích nguyên nhân sai số và cách khắc phục (nếu có).

6.6.6.3. Báo cáo thí nghiệm

- Thực hiện báo cáo thí nghiệm trên Microsoft PowerPoint.
- Bố cục và nội dung báo cáo thực hiện theo các yêu cầu trong rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.
- Nộp báo cáo theo đúng kế hoạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lương Duyên Bình (2009), *Vật lí đại cương, Tập 1: Cơ - Nhiệt*, NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội.
- [2]. Lương Duyên Bình (2009), *Vật lí đại cương, Tập 2: Điện - Dao động - Sóng*, NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội.
- [3]. Lương Duyên Bình (2009), *Vật lí đại cương, Tập 3: Quang học - Vật lí nguyên tử hạt nhân*, NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội.
- [4]. Đinh Văn Hoàng, Trịnh Đình Chiến (2004), *Vật lí laser và ứng dụng*, NXB Đại học Quốc Gia Hà Nội, Hà Nội.
- [5]. Trần Ngọc Hợi và Phạm Văn Thiều (2006), *Vật lí đại cương - các nguyên lí và ứng dụng, Tập một: Cơ học và nhiệt học*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [6]. Trần Ngọc Hợi và Phạm Văn Thiều (2006), *Vật lí đại cương - các nguyên lí và ứng dụng, Tập hai: Điện, từ, dao động và sóng*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [7]. Trần Ngọc Hợi và Phạm Văn Thiều (2006), *Vật lí đại cương - các nguyên lí và ứng dụng, Tập ba: Quang học và vật lí lượng tử*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [8]. Nguyễn Duy Thắng (2000), *Thực hành Vật lí đại cương*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [9]. Phạm Hữu Tòng (2001), *Lí luận dạy học Vật lí ở trường trung học*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [10]. Hameg Instruments (2001), *Oscilloscope HM303-6 Manual*, Hameg Instruments GmbH, Germany.
- [11]. Hioki E. E. Corporation (2006), *Hioki 3256-50/51 Digital HiTester - Instruction Manual*, Hioki USA Corporation, USA.
- [12]. PeakTech (2015), *Digital multimeter - PeakTech 2005*, PeakTech Prüf- und Messtechnik GmbH, Germany.
- [13]. Pasco Scientific (2010), *h/e apparatus*, Pasco Scientific, USA.
- [14]. Phywe (2012), *Earth's magnetic field*, Phywe Systeme GmbH & Co. KG, Germany.
- [15]. Phywe (2012), *Magnetic field of paired coils in Helmholtz arrangement*, Phywe Systeme GmbH & Co. KG, Germany.

- [16]. Phywe (2012), *Teslameter, digital Hall probe, axial Hall probe, tangential*, PHYWE Systeme GmbH & Co. KG, Germany.
- [17]. Phywe (2015), *Determination of surface tension using the ring method (Du Nouy method)*, Phywe Systeme GmbH & Co. KG, Germany.
- [18]. Phywe (2015), *Moment of inertia and angular acceleration*, Phywe Systeme GmbH & Co. KG, Germany.
- [19]. Phywe (2015), *Specific heat capacity of solid bodies*, Phywe Systeme GmbH & Co. KG, Germany.
- [20]. Phywe (2015), *Velocity of sound using Kundt's tube with the digital function generator*, Phywe Systeme GmbH & Co. KG, Germany.
- [21]. Phywe (2017), *Specific heat capacity of water*, Phywe Systeme GmbH & Co. KG, Germany.
- [22]. Phywe (2017), *Specific heat capacity of solid bodies*, Phywe Systeme GmbH & Co. KG, Germany.
- [23]. Phywe (2017), *Vapour pressure of water below 100°C Molar heat of vaporization*, Phywe Systeme GmbH & Co. KG, Germany.
- [24]. Raymond A. Serway and Jr. J. W. Jewett (2014), *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 9th Ed.*, Cengage Learning, USA.
- [25]. https://en.wikipedia.org/wiki/Helmholtz_coil

PHỤ LỤC

A. Phương pháp dạy học thí nghiệm vật lí

Phương pháp dạy học là những hình thức và cách thức hoạt động của giảng viên và người học trong những môi trường dạy học được tổ chức nhằm lĩnh hội tri thức, kĩ năng, thái độ, phát triển năng lực và phẩm chất. Một số phương pháp và kĩ thuật dạy học liên quan có thể triển khai trong các lớp học thí nghiệm:

- Dạy học dự án
- Học theo trạm
- Mảnh ghép
- Dạy học nhóm

Trong các phương pháp dạy học trên, phương pháp dạy học nhóm thường được sử dụng trong các học phần thí nghiệm vật lí. Dạy học nhóm là một hình thức hợp tác trong học tập của người học. Tùy theo nhiệm vụ cần giải quyết trong nhóm mà có những phương pháp làm việc khác nhau được sử dụng.

Số lượng thành viên trong một nhóm thường khoảng 4 - 6 người. Nhiệm vụ của các nhóm có thể giống nhau hoặc mỗi nhóm nhận một nhiệm vụ khác nhau, là các phần trong một chủ đề chung.

Dạy học nhóm thường được áp dụng để đi sâu, vận dụng, luyện tập, củng cố một chủ đề đã học, nhưng cũng có thể để tìm hiểu một chủ đề mới. Trong môn Vật lí, công việc nhóm có thể được sử dụng để tiến hành các thí nghiệm và tìm các giải pháp cho những vấn đề được đặt ra.

Một nhóm cần phân rõ vai trò của các thành viên trong nhóm, ví dụ như nhóm trưởng, thư kí, quản lí thời gian ... Các vai trò này có thể luân phiên thay đổi giữa các thành viên nhóm sau khi kết thúc một nhiệm vụ.

B. Kiểm tra và đánh giá trong dạy học thí nghiệm vật lí

Kiểm tra và đánh giá trong quá trình học tập nhằm đánh giá năng lực của người học, hướng vào việc khuyến khích học tập chủ động và trải nghiệm, làm phát triển các năng lực, những kĩ năng cá nhân của người học. Việc đánh giá kết quả học tập của người học được thực hiện công khai trước, trong và sau quá trình đánh giá để đảm bảo cho người học tự ý thức, tự giác và chủ động trong việc học tập. Trên cơ sở đó, người học tự xây dựng kế hoạch học tập phù hợp, tự hoàn thiện bản thân theo những yêu cầu và tự đánh giá bản thân, tự điều chỉnh quá trình học tập để đạt được mục tiêu đề ra. Vì vậy, các tiêu chí đánh giá, phương thức đánh giá kết quả học tập được cung cấp cho người học trước khi bắt đầu khóa học, học phần.

Các phương pháp kiểm tra đánh giá thường được sử dụng trong dạy và học thí nghiệm vật lí: đánh giá theo tiêu chí, tự đánh giá, đánh giá đồng đẳng, ... Đánh giá theo tiêu chí, người học được đánh giá dựa trên các tiêu chí đã định rõ về kết quả thu được. Khi đánh giá theo tiêu chí, chất lượng thành tích không phụ thuộc vào mức độ cao thấp về năng lực của người khác mà phụ thuộc chính mức độ cao thấp về năng lực của người được đánh giá so với các tiêu chí đã đề ra.

Tự đánh giá là việc người học tự đưa ra các quyết định đánh giá về công việc và sự tiến bộ của bản thân. Hình thức đánh giá này góp phần thúc đẩy học tập suốt đời, bằng cách giúp người học đánh giá thành tích học tập của bản thân và của bạn một cách thực tế, không khuyến khích sự phụ thuộc vào đánh giá của giảng viên. Tự đánh giá rất hữu ích trong việc giúp người học nhận thức sâu sắc về bản thân, nhận ra được điểm mạnh và điểm yếu của mình.

Đánh giá đồng đẳng là người học/nhóm học tập tham gia vào việc đánh giá sản phẩm, công việc của những người/nhóm cùng học khác dựa trên các tiêu chí đã được phổ biến và thống nhất từ lúc bắt đầu hoạt động học tập. Đây chính là quá trình từng thành viên trong một nhóm hoặc các nhóm đánh giá lẫn nhau trong một hoạt động học tập. Đánh giá đồng đẳng không tập trung vào đánh giá tổng kết cuối kì mà nhằm mục tiêu hỗ trợ người học/nhóm trong suốt quá trình học tập. Đánh giá đồng đẳng có ưu điểm là qua đánh giá hoạt động, sản phẩm học tập của bạn/nhóm bạn, người học có thể học hỏi những điểm hay hoặc rút kinh nghiệm từ những chưa tốt của bạn/nhóm bạn; hình thành khả năng tự chịu trách nhiệm với những nhận xét, đánh giá của mình về bạn/nhóm bạn học. Bên cạnh đó, thông qua việc đánh giá bạn học, người học hình thành rõ ràng hơn trong bản thân mình các yêu cầu về học tập, về cách ứng xử với người khác, từ đó, điều chỉnh hay phát triển hành vi, thái độ của bản thân. Công cụ hiệu quả được sử dụng trong đánh giá đồng đẳng là các rubric.

Các rubric được sử dụng trong các học phần thí nghiệm vật lí bao gồm rubric đánh giá làm việc nhóm (Bảng B.1), rubric đánh giá kết quả thực hiện thí nghiệm (Bảng B.2), rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm (Bảng B.3). “Rubric đánh giá làm việc nhóm” có thể được sử dụng để từng thành viên trong nhóm đánh giá lẫn nhau trong suốt quá trình từ lúc bắt đầu cho đến khi kết thúc một nhiệm vụ học tập/một bài thí nghiệm. “Rubric đánh giá kết quả thực hiện thí nghiệm” được giảng viên đánh giá cho từng nhóm từ lúc bắt đầu đến khi kết thúc một nhiệm vụ học tập/một bài thí nghiệm. “Rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm” được giảng viên và các nhóm sử dụng để đánh giá báo cáo thí nghiệm của một nhóm.

Bảng B.1. Rubric đánh giá làm việc nhóm.

Nội dung	Rất tích cực (9-10 điểm)	Tích cực (6-8 điểm)	Cần cải thiện (3-5 điểm)	Phải nỗ lực hơn (1-2 điểm)	Chấn chỉnh ngay (0 điểm)	Kết quả
Tiêu chí 1: Sự đóng góp cho nhiệm vụ nhóm (20%)	- Thường xuyên cung cấp những ý tưởng hữu ích khi tham gia vào thảo luận trong nhóm và tại lớp.	- Thường cung cấp những ý tưởng hữu ích khi tham gia vào thảo luận tại các buổi họp nhóm và tại lớp.	- Đôi khi cung cấp ý tưởng hữu ích khi tham gia vào nhóm và thảo luận trong lớp.	- Hiếm khi cung cấp những ý tưởng hữu ích khi tham gia vào nhóm và thảo luận trong lớp.	- Không tham gia làm việc nhóm - Không đi làm thí nghiệm	
Tiêu chí 2: Giải quyết vấn đề đặt ra (20%)	- Chủ động tìm kiếm và đề xuất các giải pháp cho các vấn đề.	- Tinh lọc các giải pháp do người khác đề xuất.	- Không đề xuất hoặc tinh chỉnh các giải pháp nhưng sẵn sàng thử các giải pháp do người khác đề xuất.	- Không cố gắng đề giải quyết vấn đề hoặc giúp người khác giải quyết vấn đề.	- Không tham gia làm việc nhóm Không đi làm thí nghiệm	
Tiêu chí 3: Thái độ trong quá trình làm việc nhóm (20%)	- Không bao giờ chệch bại về dự án hoặc công việc của thành viên khác trong nhóm. - Luôn luôn Thể hiện thái độ tích	- Rất ít khi chệch bại về dự án hoặc công việc của thành viên khác trong nhóm. - Thường Thể hiện thái độ tích	- Thỉnh thoảng chỉ trích, chệch bại về dự án hoặc công việc của các thành viên khác trong nhóm. - Thông thường Thể hiện thái độ	- Thường chệch bại về dự án hoặc công việc của các thành viên khác trong nhóm. - Thường Thể hiện thái độ tiêu cực về	- Không tham gia làm việc nhóm Không đi làm thí nghiệm	

Nội dung	Rất tích cực (9-10 điểm)	Tích cực (6-8 điểm)	Cần cải thiện (3-5 điểm)	Phải nỗ lực hơn (1-2 điểm)	Chần chừ ngay (0 điểm)	Kết quả
	cực về (các) nhiệm vụ.	cực về (các) nhiệm vụ.	tích cực về (các) nhiệm vụ.	(các) nhiệm vụ.		
Tiêu chí 4: Sự tập trung vào hoàn thành nhiệm vụ nhóm (20%)	<ul style="list-style-type: none"> - Kiên định tập trung vào công việc và những gì cần phải làm. - Có khả năng tự định hướng và tự hoàn thành công việc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tập trung vào nhiệm vụ và những gì cần phải thực hiện trong hầu hết thời gian. - Các thành viên khác trong nhóm có thể tin tưởng vào thành viên này khi giao việc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tập trung vào nhiệm vụ và những gì cần phải được thực hiện một số thời gian. - Đôi khi các thành viên khác trong nhóm phải thúc ép và nhắc nhở thì mới hoàn thành nhiệm vụ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hiếm khi tập trung vào nhiệm vụ và những gì cần phải làm. - Cho phép người khác làm việc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Không tham gia làm việc nhóm - Không đi thi - Không làm nghiệm 	
Tiêu chí 5: Sự hợp tác với các thành viên khác của nhóm (20%)	<ul style="list-style-type: none"> - Hầu như luôn lắng nghe, chia sẻ và hỗ trợ những nỗ lực của người khác. Có gắng giữ mọi người làm việc tốt với nhau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Thường lắng nghe, chia sẻ và ủng hộ những nỗ lực của người khác. Không gây ra "sóng" trong nhóm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Có lắng nghe, chia sẻ, và hỗ trợ những nỗ lực của người khác, nhưng đôi khi không phải là một thành viên tốt trong nhóm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hiếm khi nghe, chia sẻ và ủng hộ những nỗ lực của người khác. Thường không phải là một thành viên tốt trong nhóm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Không tham gia làm việc nhóm - Không đi làm thí nghiệm 	

Bảng B.2. Rubric đánh giá kết quả thực hiện thí nghiệm.

Tiêu chí	Mẫu mực/Chuẩn xác (9-10 điểm)	Thành thạo (7-8 điểm)	Cần cải thiện (5-6 điểm)	Cần cố gắng nhiều (3-4 điểm)	Không đạt yêu cầu (0-2 điểm)	Kết quả
Tiêu chí 1: Đi học và trả lời các câu hỏi chuẩn bị bài (20%)	<ul style="list-style-type: none"> - Không có thành viên nào đi muộn - Trả lời đúng tất cả các câu hỏi chuẩn bị bài - Các câu trả lời có trình tự và logic chặt chẽ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Có 1 thành viên nhóm đi muộn - Trả lời sai 1-2 câu hỏi chuẩn bị bài - Các câu trả lời có trình tự và logic chặt chẽ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Có 2 thành viên nhóm đi muộn - Trả lời sai 1-3 câu hỏi chuẩn bị bài - Các câu trả lời không có trình tự và không logic chặt chẽ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Có 3 thành viên nhóm đi muộn - Trả lời sai hơn 50% câu hỏi chuẩn bị bài - Các câu trả lời sơ sài, không có logic chặt chẽ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Có 4 thành viên nhóm đi muộn - Trả lời sai tất cả các câu hỏi chuẩn bị bài hoặc không trả lời câu hỏi 	
Tiêu chí 2: Lắp đặt thí nghiệm (TN) (10%)	<ul style="list-style-type: none"> - Tất cả thiết bị được đặt chính xác, đúng vị trí - Tất cả các vật dụng cần thiết được bố trí hợp lý, thuận lợi cho việc thực hiện TN 	<ul style="list-style-type: none"> - Tất cả thiết bị được đặt chính xác, đúng vị trí - Tất cả các vật dụng cần thiết được bố trí hợp lý, thuận lợi cho việc thực hiện TN 	<ul style="list-style-type: none"> - Lắp đặt thiết bị bị khá chính xác với 1 hoặc 2 chi tiết nhỏ cần điều chỉnh - Tất cả các vật dụng cần thiết được bố trí 	<ul style="list-style-type: none"> - Lắp đặt thiết bị có thể vận hành được bài thí nghiệm nhưng cần điều chỉnh nhiều hơn 2 chi tiết nhỏ - Các vật dụng cần thiết được bố trí 	<ul style="list-style-type: none"> - Lắp đặt thiết bị không chính xác, cần có sự giúp đỡ để điều chỉnh vài chi tiết lớn. 	

Tiêu chí	Mẫu mực/Chuẩn xác (9-10 điểm)	Thành thạo (7-8 điểm)	Cần cải thiện (5-6 điểm)	Cần cố gắng nhiều (3-4 điểm)	Không đạt yêu cầu (0-2 điểm)	Kết quả
	<ul style="list-style-type: none"> - Rất gọn gàng và có tổ chức 	<ul style="list-style-type: none"> - Các vật dụng sắp xếp chưa gọn gàng 	<ul style="list-style-type: none"> hợp lí, thuận lợi cho việc thực hiện TN 	<ul style="list-style-type: none"> không hợp lí, gây khó khăn cho việc thực hiện TN 		
Tiêu chí 3: Thực hiện quy trình thí nghiệm (20%)	<ul style="list-style-type: none"> - Thực hiện chuẩn xác theo trình tự bài thí nghiệm - Cả nhóm giúp đỡ lẫn nhau để hiệu chính xác và thực hiện theo quy trình thí nghiệm - Thảo luận nhóm và kiểm tra cẩn thận trước khi chuyển sang bước tiếp theo 	<ul style="list-style-type: none"> - Thực hiện sai 1-2 bước nhỏ theo trình tự bài thí nghiệm (không làm hỏng thiết bị) - Cả nhóm giúp đỡ lẫn nhau để hiệu chính xác và thực hiện theo quy trình thí nghiệm - Thảo luận nhóm và kiểm tra cẩn thận trước khi chuyển sang bước tiếp theo 	<ul style="list-style-type: none"> - Thực hiện sai 1-2 bước nhỏ theo trình tự bài thí nghiệm (không làm hỏng thiết bị) - Có 1-2 thành viên không hiểu được trình tự thí nghiệm - Không thảo luận nhóm trước khi thực hiện các bước thí nghiệm 	<ul style="list-style-type: none"> Thực hiện sai 1-2 bước nhỏ theo trình tự bài thí nghiệm (không làm hỏng thiết bị) - Có 1-2 thành viên nhóm không hiểu được trình tự thí nghiệm - Không thảo luận nhóm trước khi thực hiện các bước thí nghiệm 	<ul style="list-style-type: none"> - Thiếu kiên thực cơ bản về quy trình bài thí nghiệm - Thường xuyên cần sự hỗ trợ của giáo viên để hoàn thành những bước cơ bản của quy trình thí nghiệm 	
Tiêu chí 4: Thu	<ul style="list-style-type: none"> - Dữ liệu thu được chính xác, có sai số nhỏ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dữ liệu thu được chính xác, có sai số hợp lí. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dữ liệu thu được chính xác - Có sự quan 	<ul style="list-style-type: none"> - Dữ liệu thu được có vài điểm không chính xác và có 	<ul style="list-style-type: none"> - Dữ liệu thu được hoàn toàn không 	

Tiêu chí	Mẫu mực/Chuẩn xác (9-10 điểm)	Thành thạo (7-8 điểm)	Cần cải thiện (5-6 điểm)	Cần cố gắng nhiều (3-4 điểm)	Không đạt yêu cầu (0-2 điểm)	Kết quả
thập dữ liệu (20%)	<ul style="list-style-type: none"> - Quan sát rất kỹ lưỡng quá trình đo và có thể nhận ra các lỗi có thể có trong thu thập dữ liệu - Bảng số liệu có đầy đủ các kí hiệu, đơn vị và chữ số có nghĩa 	<ul style="list-style-type: none"> - Quan sát kỹ trong quá trình đo đạc - Bảng số liệu có đầy đủ các kí hiệu, đơn vị và chữ số có nghĩa 	<ul style="list-style-type: none"> - sát trong khi thu thập dữ liệu - Tiến trình thu thập dữ liệu được tổ chức đúng - Chỉ có 2 hoặc 3 lỗi sử dụng các kí hiệu, đơn vị và chữ số có nghĩa 	<ul style="list-style-type: none"> - sai số lớn - Không có sự quan sát tốt và tiến trình thu thập dữ liệu gây khó hiểu - Có nhiều hơn 3 lỗi nhỏ sử dụng các kí hiệu, đơn vị và chữ số có nghĩa hoặc có 2 lỗi lớn 	<ul style="list-style-type: none"> - chính xác và có sai số lớn - Không có sự quan sát, lưu ý dữ liệu trong khi đo đạc - Các kí hiệu, đơn vị và chữ số có nghĩa không được lưu ý trong bảng số liệu 	
5: Sự an toàn (cho người thực hiện và cho thiết bị) (20%)	<ul style="list-style-type: none"> - Liên tục sử dụng các biện pháp chỉ dẫn an toàn (cho người và thiết bị) hợp lý - Kiên trì suy nghĩ để đảm bảo an toàn trước khi tiến hành thí nghiệm 	<ul style="list-style-type: none"> - Liên tục sử dụng các biện pháp chỉ dẫn an toàn hợp lý - Cả nhóm nhắc nhở, lưu ý lẫn nhau để tiến hành thí nghiệm một cách an toàn 	<ul style="list-style-type: none"> - Có sử dụng các biện pháp chỉ dẫn an toàn - Có sự nhắc nhở về an toàn 1 lần trong suốt quá trình thí nghiệm 	<ul style="list-style-type: none"> - Bỏ qua một số biện pháp chỉ dẫn an toàn - Có sự nhắc nhở về an toàn nhiều hơn 1 lần trong suốt quá trình thí nghiệm 	<ul style="list-style-type: none"> - Bỏ qua tất cả biện pháp chỉ dẫn an toàn - Có sự nhắc nhở thường xuyên trong suốt quá trình thí nghiệm 	

Tiêu chí	Mẫu mục/Chuẩn xác (9-10 điểm)	Thành thạo (7-8 điểm)	Cần cải thiện (5-6 điểm)	Cần cố gắng nhiều (3-4 điểm)	Không đạt yêu cầu (0-2 điểm)	Kết quả
Tiêu chí 6: Thu dọn dụng cụ TN (10%)	<ul style="list-style-type: none"> - Cả nhóm nhắc nhở, lưu ý lẫn nhau để tiến hành thí nghiệm một cách an toàn - Sử dụng nhất quán quy trình thu dọn dụng cụ thí nghiệm thích hợp - Cả nhóm luôn hoàn thành nhiệm vụ thu dọn dụng cụ thí nghiệm đúng cách và đúng giờ - Bàn thí nghiệm luôn luôn gọn gàng và sạch sẽ 	<ul style="list-style-type: none"> - Sử dụng nhất quán quy trình thu dọn dụng cụ thí nghiệm thích hợp - Bàn thí nghiệm luôn luôn gọn gàng và sạch sẽ 	<ul style="list-style-type: none"> - Quy trình thu dọn dụng cụ thí nghiệm được thực hiện đúng - Có sự nhắc nhở để hoàn thành việc dọn dẹp - Bàn thí nghiệm sạch sẽ 	<ul style="list-style-type: none"> - Cần cố sự nhắc nhở hơn 1 lần để dọn dẹp dụng cụ thí nghiệm - Có 1 hoặc 2 dụng cụ không được dọn dẹp 	<ul style="list-style-type: none"> - Hầu như không dọn dẹp dụng cụ thí nghiệm - Phải có sự nhắc nhở thường xuyên - Nhiều hơn 3 dụng cụ không được dọn dẹp 	

Bảng B.3. Rubric đánh giá báo cáo thí nghiệm.

Tiêu chí	Mẫu mực/Chuẩn xác (9-10 điểm)	Thành thạo (6-8 điểm)	Cần cải thiện (3-5 điểm)	Không đạt yêu cầu (0-2 điểm)	Kết quả
Tiêu chí 1: Mục tiêu và yêu cầu và dụng cụ thí nghiệm (10%)	<ul style="list-style-type: none"> - Có giới thiệu rõ ràng các mục tiêu và yêu cầu của bài thí nghiệm - Tất cả các dụng cụ đều được nêu đầy đủ, chính xác - Hình ảnh các dụng cụ rõ ràng. 	<ul style="list-style-type: none"> - Có giới thiệu về mục tiêu và yêu cầu thí nghiệm nhưng chưa rõ - Phần lớn các dụng cụ đều được nêu đầy đủ, chính xác, chỉ thiếu 1 dụng cụ nhỏ - Hình ảnh các dụng cụ rõ ràng. 	<ul style="list-style-type: none"> - Có giới thiệu về mục tiêu và yêu cầu thí nghiệm nhưng không liên quan trực tiếp đến bài thí nghiệm - Có nêu các dụng cụ cần thiết, nhưng thiếu 2, 3 dụng cụ quan trọng - Hình ảnh các dụng cụ rõ ràng. 	<ul style="list-style-type: none"> - Không giới thiệu về mục tiêu và yêu cầu thí nghiệm - Không nêu dụng cụ thí nghiệm 	
Tiêu chí 2: Cơ sở lý thuyết/Giả thuyết thí nghiệm (15%)	<ul style="list-style-type: none"> - Cơ sở lý thuyết cung cấp đầy đủ thông tin, các nguyên lý cần thiết cho bài thí nghiệm. - Có nêu các giả thuyết rõ ràng, dễ kiểm chứng. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cơ sở lý thuyết được trình bày khá đầy đủ, chỉ còn thiếu một số điểm nhỏ. - Có nêu các giả thuyết rõ ràng, dễ kiểm chứng. 	<ul style="list-style-type: none"> - Có trình bày cơ sở lý thuyết, nhưng vẫn còn thiếu các điểm quan trọng 	<ul style="list-style-type: none"> - Cơ sở lý thuyết thiếu sót nhiều hoặc các thông tin đưa ra không chính xác 	
Tiêu chí 3: Tiến trình và kết quả	<ul style="list-style-type: none"> - Tiến trình thí nghiệm được trình bày rõ 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiến trình thí nghiệm được trình bày rõ ràng 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiến trình thí nghiệm thiếu một số 	<ul style="list-style-type: none"> - Không trình bày tiến trình thí 	

Tiêu chí	Mẫu mực/Chuẩn xác (9-10 điểm)	Thành thạo (6-8 điểm)	Cần cải thiện (3-5 điểm)	Không đạt yêu cầu (0-2 điểm)	Kết quả
thí nghiệm (15%)	<p>ràng, đầy đủ và dễ dàng thực hiện theo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tất cả các bước thí nghiệm đều được liệt kê và có đầy đủ hình ảnh minh hoạ - Dữ liệu thí nghiệm được trình bày rõ ràng theo dạng bảng và ngắn gọn, dễ đọc và dễ hiểu. - Có thể đính kèm bảng tính excel. 	<p>và có thể thực hiện theo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Một số bước thí nghiệm thiếu hình ảnh minh hoạ - Tất cả các dữ liệu được trình bày nhưng lộn xộn và khó đọc. 	<p>bước và khó thực hiện theo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Phần lớn bước thí nghiệm thiếu hình ảnh minh hoạ - Dữ liệu thí nghiệm trình bày không đầy đủ. 	<p>nghiệm.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Không trình bày dữ liệu thí nghiệm. 	
Tiêu chí 4: Đồ thị: tiêu đề và các trục (10%)	<ul style="list-style-type: none"> - Các đồ thị có tiêu đề và các trục có tên và đơn vị rõ ràng. - Các biến trong đồ thị phải có đơn vị và nó được đặt trong dấu ngoặc vuông sau tên hoặc giá trị của biến. - Đồ thị có tỉ lệ hợp lí 	<ul style="list-style-type: none"> - Các đồ thị thiếu tiêu đề hoặc một trục bị thiếu tên, hoặc các biến thiếu các đơn vị. - Đồ thị có tỉ lệ hợp lí trên trục x hoặc trục y, hoặc biến độc lập không được biểu diễn trên trục x. 	<ul style="list-style-type: none"> - Các đồ thị thiếu hai hoặc nhiều hơn các nội dung được yêu cầu phải có. - Các trục trên đồ thị có tỉ lệ không hợp lí, hoặc biến độc lập không được biểu diễn trên trục x. 	<ul style="list-style-type: none"> - Không có đồ thị. 	

Tiêu chí	Mẫu mực/Chuẩn xác (9-10 điểm)	Thành thạo (6-8 điểm)	Cần cải thiện (3-5 điểm)	Không đạt yêu cầu (0-2 điểm)	Kết quả
Tiêu chí 5: Phân tích dữ liệu (10%)	<p>trên cả hai trục x và y.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biên độ lập được biểu diễn trên trục x. - Phân tích/xử lý dữ liệu được thực hiện đầy đủ, chính xác. - Có chứa các phân tích thống kê phù hợp và chính xác. 	<ul style="list-style-type: none"> - Phân tích/xử lý dữ liệu được thực hiện gần đầy đủ. - Có thực hiện các phân tích thống kê nhưng thiếu chính xác. 	<ul style="list-style-type: none"> - Phân tích/xử lý dữ liệu được thực hiện khá đầy đủ. - Không thực hiện các phân tích thống kê. 	<ul style="list-style-type: none"> - Không có phân tích/xử lý dữ liệu. 	
Tiêu chí 6: Kết luận (10%)	<p>Các kết luận phù hợp với giả thuyết và có các thảo luận chuyên sâu về kết quả thí nghiệm.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Kết luận không liên quan đến giả thuyết nhưng có chứa các thảo luận chuyên sâu về kết quả thí nghiệm. - Hoặc kết luận có liên quan đến giả thuyết nhưng các thảo luận chuyên sâu về kết quả thí nghiệm cần được chỉnh sửa, bổ sung. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kết luận không liên quan đến giả thuyết và các thảo luận chuyên sâu về kết quả thí nghiệm quá nghèo nàn, thiếu sót. 	<ul style="list-style-type: none"> - Không có phân kết luận. 	

Tiêu chí	Mẫu mực/Chuẩn xác (9-10 điểm)	Thành thạo (6-8 điểm)	Cần cải thiện (3-5 điểm)	Không đạt yêu cầu (0-2 điểm)	Kết quả
Tiêu chí 7: Thuyết trình/Trình bày (15%)	<ul style="list-style-type: none"> - File báo cáo có font chữ, cỡ chữ hợp lí, màu sắc tương phản, rõ ràng, dễ đọc. - Người báo cáo nói to, rõ, dễ nghe, có điểm nhấn; hướng đến người nghe. 	<ul style="list-style-type: none"> - File báo cáo có font chữ, cỡ chữ hợp lí, màu sắc tương phản, rõ ràng, dễ đọc. - Người báo cáo nói to, rõ, dễ nghe, nhưng chưa chú trọng đến người nghe. 	<ul style="list-style-type: none"> - File báo cáo có font chữ, cỡ chữ lớn xộn, không theo một quy tắc, trật tự nào; màu sắc nhiều slide chưa tương phản. - Người báo cáo nói nhỏ, khó nghe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chỉ chiếu (hoặc đọc) báo cáo mà không phải thuyết trình 	
Tiêu chí 8: Trả lời/giải thích câu hỏi (15%)	<ul style="list-style-type: none"> - Trả lời/giải thích được tất cả các câu hỏi liên quan đến nội dung báo cáo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trả lời/giải thích được phần lớn (>80%) các câu hỏi liên quan đến nội dung báo cáo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trả lời/giải thích được nhiều (>50%) câu hỏi liên quan đến nội dung báo cáo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Không hoặc trả lời/giải thích được rất ít (<20%) các câu hỏi liên quan đến nội dung báo cáo. 	

Giáo trình **THÍ NGHIỆM VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG**

Nguyễn Quý Tuấn (Chủ biên),
Đình Thanh Khẩn, Dụng Văn Lữ,
Mai Thị Kiều Liên, Trần Thị Hồng,
Nguyễn Thị Xuân Hoài, Đặng Ngọc Toàn

NHÀ XUẤT BẢN ĐÀ NẴNG

Số 03 - Đường 30 Tháng 4 - Q. Hải Châu - TP. Đà Nẵng
ĐT: 0236 3797814 - 3797823 Fax: 0236 3797875
www.nxbdanang.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc: NGUYỄN THÀNH

Chịu trách nhiệm nội dung:

Tổng biên tập: NGUYỄN KIM HUY

Biên tập: NGUYỄN THỊ THÙY AN

Bìa: NGÔ VĂN THÀNH

Liên kết xuất bản: TS. NGUYỄN QUÝ TUẤN

Địa chỉ: TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM - ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
459 Tôn Đức Thắng - Quận Liên Chiểu - Thành phố Đà Nẵng

In 500 cuốn khổ 16 x 24 cm. In tại Công ty TNHH In ấn - QC&TM Thành Tín
Địa chỉ: 12 Nguyễn Phi Khanh, P. Thạc Gián, Q. Thanh Khê, TP. Đà Nẵng
Số ĐKXB: **2831-2021/CXBIPH/3-98/ĐaN** cấp ngày 10/7/2021
Số QĐXB: **872/QĐ-NXBĐaN** Nhà xuất bản Đà Nẵng cấp ngày 10/7/2021
Mã ISBN: **978-604-84-6134-8**. In xong và nộp lưu chiểu quý 4/2021



ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

ISBN: 978-604-84-6134-8



Giá: 125.000đ