

# LỜI NÓI ĐẦU

Tập bài giảng Vật lý đại cương 2 được biên soạn theo chương trình hiện hành, dùng cho sinh viên hệ đại học của trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định.

Tập bài giảng gồm 9 chương được chia thành 2 phần Điện từ học và Quang học. Phần Điện từ học gồm các chương: Trường tĩnh điện; Vật dẫn; Từ trường không đổi; Hiện tượng cảm ứng điện từ; Trường điện từ. Phần Quang học gồm các chương: Cơ sở của quang hình học và các đại lượng trắc quang; Giao thoa ánh sáng; Nhiễu xạ ánh sáng; Quang học lượng tử.

Tập bài giảng này được biên soạn nối tiếp sau giáo trình Vật lý đại cương 1 với mục đích xây dựng một bộ tài liệu hoàn chỉnh trợ giúp đắc lực cho sinh viên trong quá trình đào tạo theo học chế tín chỉ, do đó có một số phần chúng tôi đưa vào để sinh viên tự nghiên cứu. Sau mỗi chương đều có phần tổng kết chương, hệ thống câu hỏi lý thuyết và bài tập giúp người học củng cố kiến thức, tự kiểm tra, đánh giá kết quả quá trình học tập của mình.

Tập bài giảng được biên soạn lần đầu nên không tránh khỏi những thiếu sót, các tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để tập bài giảng được hoàn thiện hơn.

Nam Định, 2011

Các tác giả

# MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU.....	1
MỤC LỤC .....	2
PHẦN III. ĐIỆN TỪ HỌC.....	10
<b>Chương 1. TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN</b> .....	11
1.1. NHỮNG KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU .....	11
1.1.1. Hiện tượng nhiễm điện, điện tích.....	11
1.1.2. Thuyết điện tử - Định luật bảo toàn điện tích .....	11
1.1.3. Phân loại các vật liệu điện.....	12
1.2. ĐỊNH LUẬT COULOMB .....	12
1.2.1. Khái niệm điện tích điểm.....	12
1.2.2. Định luật Coulomb.....	13
1.2.3. Nguyên lý chồng chất lực .....	14
1.2.4. Bài tập áp dụng .....	15
1.3. ĐIỆN TRƯỜNG.....	17
1.3.1. Khái niệm điện trường .....	17
1.3.2. Vector cường độ điện trường .....	18
1.4. ĐIỆN THÔNG.....	25
1.4.1. Đường sức điện trường .....	25
1.4.2. Sự gián đoạn của đường sức điện trường - Vector cảm ứng điện .....	26
1.4.3. Điện thông.....	28
1.5. ĐỊNH LÝ OXTRORATXKI - GAUSS (O - G) ĐỐI VỚI ĐIỆN TRƯỜNG .....	29
1.5.1. Thiết lập định lý .....	30
1.5.2. Phát biểu định lý .....	32

1.5.3. Dạng vi phân của định lý O-G.....	32
1.5.4. Phương pháp sử dụng định lý O-G.....	32
1.6. ĐIỆN THẾ.....	37
1.6.1. Công của lực tĩnh điện.....	37
1.6.2. Thế năng của điện tích trong điện trường.....	39
1.6.3. Điện thế và hiệu điện thế.....	40
1.7. MẶT ĐẲNG THẾ.....	42
1.7.1. Định nghĩa.....	42
1.7.2. Tính chất mặt đẳng thế.....	43
1.8. LIÊN HỆ GIỮA VECTƠ CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ.....	43
BÀI TẬP CHƯƠNG 1.....	53
<b>Chương 2. VẬT DẪN.....</b>	<b>57</b>
2.1. ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG TĨNH ĐIỆN. TÍNH CHẤT CỦA VẬT DẪN MANG ĐIỆN.....	57
2.1.1. Định nghĩa vật dẫn cân bằng tĩnh điện.....	57
2.1.2. Điều kiện cân bằng tĩnh điện.....	57
2.1.3. Những tính chất của vật dẫn mang điện.....	58
2.2. HIỆN TƯỢNG ĐIỆN HƯỞNG.....	60
2.2.1. Hiện tượng điện hưởng. Định lý các phần tử tương ứng.....	60
2.2.2. Điện hưởng một phần và điện hưởng toàn phần.....	62
2.3. ĐIỆN DUNG CỦA MỘT VẬT DẪN CÔ LẬP.....	62
2.3.1. Định nghĩa.....	62
2.3.2. Điện dung của một quả cầu kim loại.....	63
2.4. HỆ VẬT DẪN TÍCH ĐIỆN CÂN BẰNG. TỤ ĐIỆN.....	63
2.4.1. Điện dung và hệ số điện hưởng.....	63

2.4.2. Tự điện .....	64
2.4.3. Điện dung của một số tụ điện .....	65
2.5. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG.....	66
2.5.1. Năng lượng tương tác của một hệ điện tích điểm.....	66
2.5.2. Năng lượng điện của một vật dẫn cô lập tích điện .....	66
2.5.3. Năng lượng tụ điện.....	67
2.5.4. Năng lượng điện trường.....	67
BÀI TẬP CHƯƠNG 2 .....	72
<b>Chương 3. TỪ TRƯỜNG KHÔNG ĐỔI</b> .....	73
3.1. TƯƠNG TÁC TỪ - ĐỊNH LUẬT AMPER .....	74
3.1.1. Tương tác từ.....	74
3.1.2. Định luật Amper về tương tác giữa hai phần tử dòng điện .....	74
3.2. TỪ TRƯỜNG.....	76
3.2.1. Khái niệm từ trường.....	76
3.2.2. Vectơ cảm ứng từ - Vectơ cường độ từ trường.....	77
3.3. TỪ THÔNG. ĐỊNH LÝ O-G ĐỐI VỚI TỪ TRƯỜNG .....	86
3.3.1. Đường cảm ứng từ .....	86
3.3.2. Từ thông.....	87
3.3.3. Tính chất xoáy của từ trường.....	88
3.3.4. Định lý Oxtrogratxki – Gauss đối với từ trường.....	88
3.4. ĐỊNH LÝ AMPER VỀ DÒNG TOÀN PHẦN.....	89
3.4.1. Lưu số của vectơ cường độ từ trường .....	89
3.4.2. Định lý Amper về dòng điện toàn phần .....	89
3.4.3. Ứng dụng của định lý Amper về dòng toàn phần.....	92
3.5. TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÒNG ĐIỆN .....	94

3.5.1. Tác dụng của từ trường lên một phần tử dòng điện.....	94
3.5.2. Tác dụng tương hỗ giữa hai dòng điện thẳng song song dài vô hạn.....	94
3.5.3. Định nghĩa đơn vị cường độ dòng điện .....	96
3.5.4. Tác dụng của từ trường đều lên một mạch điện khép kín .....	96
3.6. LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN HẠT MANG ĐIỆN CHUYỂN ĐỘNG .....	97
3.6.1. Lực Lorentz.....	97
3.6.2. Chuyển động của hạt tích điện trong từ trường đều .....	98
3.7. CÔNG CỦA LỰC TỪ .....	100
BÀI TẬP CHƯƠNG 3 .....	108
<b>Chương 4. HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ .....</b>	<b>112</b>
4.1. CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ .....	112
4.1.1. Thí nghiệm Faraday .....	112
4.1.2. Định luật Lenx .....	113
4.1.3. Định luật cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ.....	114
4.1.4. Nguyên tắc tạo ra dòng điện xoay chiều.....	115
4.1.5. Dòng điện Foucault .....	116
4.2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM .....	116
4.2.1. Hiện tượng .....	116
4.2.2. Sức điện động tự cảm .....	117
4.3. NĂNG LƯỢNG CỦA TỪ TRƯỜNG .....	118
4.3.1. Năng lượng từ trường của ống dây điện.....	118
4.3.2. Năng lượng của từ trường.....	120
4.3.3. Năng lượng của trường bất kì .....	121
BÀI TẬP CHƯƠNG 4 .....	125

<b>Chương 5. TRƯỜNG ĐIỆN TỪ</b> .....	127
5.1. LUẬN ĐIỂM MAXWELL THỨ NHẤT. ĐIỆN TRƯỜNG XOÁY ....	127
5.1.1. Phát biểu luận điểm.....	127
5.1.2. Phương trình Maxwell Faraday .....	128
5.2. LUẬN ĐIỂM MAXWELL THỨ HAI. DÒNG ĐIỆN DỊCH .....	129
5.2.1. Phát biểu luận điểm.....	129
5.2.2. Biểu thức của mật độ dòng điện dịch.....	130
5.2.3. Phương trình Maxwell Amper .....	136
5.3. TRƯỜNG ĐIỆN TỪ VÀ HỆ PHƯƠNG TRÌNH MAXWELL .....	137
5.3.1. Trường điện từ .....	137
5.3.2. Hệ các cặp phương trình Maxwell dưới tích phân.....	138
5.3.3. Hệ cặp phương trình Maxwell dưới dạng vi phân .....	139
5.4. SÓNG ĐIỆN TỪ .....	141
5.4.1. Sự tạo thành sóng điện từ.....	141
5.4.2. Phương trình sóng điện từ.....	142
5.4.3. Sóng điện từ đơn sắc phẳng .....	144
5.4.4. Năng lượng và năng thông sóng điện từ .....	145
5.4.5. Áp suất sóng điện từ và áp suất .....	146
5.4.6. Bức xạ lưỡng cực điện .....	147
5.4.7. Phân loại sóng điện từ .....	149
BÀI TẬP CHƯƠNG 5 .....	154
PHẦN IV. QUANG HỌC .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Chương 1. CƠ SỞ CỦA QUANG HÌNH HỌC. CÁC ĐẠI LƯỢNG TRẮC QUANG</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA QUANG HÌNH HỌC .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

1.1.1. Định luật về sự truyền thẳng của ánh sáng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1.2. Định luật về tác dụng độc lập của các tia sáng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1.3. Hai định luật của Descartes	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2. NHỮNG PHÁT BIỂU TƯƠNG ĐƯƠNG CỦA ĐỊNH LUẬT DESCARTES	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2.1. Quang lộ	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2.2. Nguyên lí Fermat	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2.3. Định lí Malus	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3. CÁC ĐẠI LƯỢNG TRẮC QUANG	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3.1. Quang thông	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3.2. Độ sáng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3.3. Độ rọi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BÀI TẬP CHƯƠNG 1	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Chương 2. GIAO THOA ÁNH SÁNG	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1. CƠ SỞ CỦA QUANG HỌC SÓNG	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.1. Một số khái niệm cơ bản về sóng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.2. Thuyết điện từ về ánh sáng của Maxwell	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.3. Hàm sóng ánh sáng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.4. Cường độ sáng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.5. Nguyên lí chồng chất các sóng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.6. Nguyên lí Huygens	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2. GIAO THOA ÁNH SÁNG	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1. Định nghĩa	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

2.2.2. Khảo sát hiện tượng giao thoa ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3. GIAO THOA GÂY BỞI BẢN MỎNG....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.1. Giao thoa do phản xạ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.2. Giao thoa gây bởi bản mỏng có bề dày không đổi. Vân cùng độ nghiêng .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.3. Giao thoa gây bởi bản mỏng có bề dày thay đổi. Vân cùng độ dày .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BÀI TẬP CHƯƠNG 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Chương 3. NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1. HIỆN TƯỢNG NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG. NGUYÊN LÝ HUYGENS-FRESNEL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.1. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.2. Nguyên lý Huygens-Fresnel .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2. PHƯƠNG PHÁP ĐỐI CẦU FRESNEL..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.1. Cách chia đôi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.2. Tính biên độ tổng hợp .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.3. Phương pháp giản đồ vectơ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3. NHIỀU XẠ GÂY BỞI CÁC SÓNG CẦU	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
3.3.1. Nhiễu xạ qua lỗ tròn.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.2. Nhiễu xạ qua đĩa tròn.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4. NHIỀU XẠ GÂY BỞI CÁC SÓNG PHẪNG	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
3.4.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.3. Cách tử nhiễu xạ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



3.4.4. Nhiều xạ trên tinh thể.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BÀI TẬP CHƯƠNG 3 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<i>Chương 4. QUANG HỌC LƯỢNG TỬ</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1. BỨC XẠ NHIỆT.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1. Bức xạ nhiệt cân bằng.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2. Các đại lượng đặc trưng của bức xạ nhiệt cân bằng.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3. Định luật Kirchhoff.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2. CÁC ĐỊNH LUẬT PHÁT XẠ CỦA VẬT ĐEN TUYỆT ĐỐI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.1. Định luật Stephan-Boltzmann.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.2. Định luật Wien.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.3. Sự khủng hoảng ở vùng tử ngoại	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3. THUYẾT LƯỢNG TỬ PLANCK.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.1. Thuyết lượng tử năng lượng của Planck	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.2. Thành công của thuyết lượng tử năng lượng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4. THUYẾT PHOTON CỦA EINSTEIN ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1. Thuyết photon của Einstein .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2. Động lực học photon.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.1. Định nghĩa.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.2. Các định luật quang điện và giải thích	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6. HIỆU ỨNG COMPTON.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

4.6.1. Hiệu ứng Compton.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.2. Giải thích hiệu ứng Compton bằng thuyết lượng tử ánh sáng .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BÀI TẬP CHƯƠNG 4 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

### PHẦN III. ĐIỆN TỬ HỌC

Trong chương trình VLĐC 1 ta đã khảo sát hai dạng vận động của vật chất là vận động cơ học và vận động nhiệt. Trong phần này ta sẽ nghiên cứu một dạng vận động khác của vật chất: vận động điện tử.

Từ xa xưa, các hiện tượng điện và từ đã được biết đến như hiện tượng một số vật khi cọ xát vào len, dạ, lông thú... có khả năng hút được các vật nhẹ hoặc nam châm hút được sắt. Đó là nguồn gốc tự nhiên của khoa học điện và từ, mà trong nhiều thế kỉ chúng được coi là hai môn khoa học độc lập với nhau. Năm 1820, Hans Christan Oersted tìm ra mối quan hệ mật thiết giữa hai hiện tượng điện và từ, điện và từ thực chất là hai hiệu ứng gắn liền với một thuộc tính điện tích của vật chất. Từ đây, một môn khoa học mới ra đời kết hợp các hiện tượng điện và từ gọi là điện tử học. Đối tượng của điện tử học là các hạt mang điện cùng với các tính chất liên quan đến chúng và chuyển động của chúng. Các quy luật được tìm thấy trong điện tử học được áp dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện, điện tử và trong đời sống hàng ngày.

Mặc dù các hiện tượng điện và từ có quan hệ mật thiết với nhau, nhưng gắn kết ấy không phải là không thể tách rời. Nếu chúng ta tiến hành nghiên cứu các điện tích ở trạng thái đứng yên (trong hệ quy chiếu dùng để nghiên

cứu các điện tích đó) thì chúng ta có thể tách điện ra khỏi từ. Điện trường do các điện tích này gây ra được gọi là điện trường tĩnh.

## **Chương 1. TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN**

### **1.1. NHỮNG KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU**

#### **1.1.1. Hiện tượng nhiễm điện, điện tích**

Khi cọ xát thanh thủy tinh vào lụa, thanh ebônit vào dạ thì chúng có khả năng hút được các vật nhẹ, ta nói các thanh này bị nhiễm điện hay trên thanh có mang điện tích.

Thực nghiệm đã xác nhận trong tự nhiên chỉ có hai loại điện tích: điện tích âm và điện tích dương.

Thực nghiệm cũng chứng tỏ điện tích trên một vật bất kì có cấu tạo gián đoạn. Nó luôn luôn bằng một số nguyên lần điện tích nguyên tố. Điện tích nguyên tố là điện tích nhỏ nhất được biết đến trong tự nhiên, có độ lớn bằng  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$ . Trong số các điện tích nguyên tố có eletron và proton, electron có điện tích  $-e$ , proton có điện tích  $+e$ . Proton và eletron có trong thành phần cấu tạo nên nguyên tử của mọi chất. Proton nằm trong hạt nhân nguyên tử, eletron chuyển động xung quanh hạt nhân đó.

### 1.1.2. Thuyết điện tử - Định luật bảo toàn điện tích

Bình thường nguyên tử là trung hoà về điện vì điện tích dương của hạt nhân và điện tích âm của các electron luôn cân bằng nhau về độ lớn. Khi nguyên tử mất đi một hoặc nhiều electron thì nó trở thành ion mang điện dương (gọi ngắn gọn là ion dương), còn khi nguyên tử nhận thêm một hay nhiều electron thì sẽ biến thành ion âm.

Thuyết dựa vào sự chuyển dời của electron để giải thích các hiện tượng điện được gọi là *thuyết điện tử*. Theo thuyết này, quá trình nhiễm điện của thanh thủy tinh khi xát vào lụa chính là quá trình electron chuyển dời từ thủy tinh sang lụa: thủy tinh mất electron, do đó mang điện dương; ngược lại lụa nhận thêm electron từ thủy tinh chuyển sang nên lụa mang điện âm, độ lớn của điện tích trên hai vật luôn bằng nhau nếu trước đó cả hai vật đều chưa mang điện.

Đơn vị đo điện tích là Coulomb, kí hiệu là  $C$ . Trị tuyệt đối của điện tích được gọi là điện lượng.

Từ nhận xét trên đây và các sự kiện thực nghiệm khác, người ta rút ra định luật bảo toàn điện tích phát biểu như sau: “*Các điện tích không tự sinh ra mà cũng không tự mất đi, chúng chỉ có thể truyền từ vật này sang vật khác hoặc dịch chuyển bên trong một vật mà thôi*”. Nói một cách khác: “Tổng đại số các điện tích trong một hệ cô lập là không đổi”.

### 1.1.3. Phân loại các vật liệu điện

Tùy theo tính chất dẫn điện ở điều kiện thường người ta chia các vật thành các loại sau:

- *Vật dẫn*: là vật để cho điện tích chuyển động tự do trong toàn bộ thể tích vật, do đó trạng thái nhiễm điện được truyền đi trên vật. Trường hợp siêu dẫn: vật dẫn không có sự cản trở nào đối với sự chuyển động của các điện tích.
- *Điện môi* (vật cách điện): *Các điện tích bị định xứ* (không được chuyển động tự do bên trong vật).

- *Chất bán dẫn*: có tính chất dẫn điện trung gian giữa vật dẫn, điện môi.

## 1.2. ĐỊNH LUẬT COULOMB

### 1.2.1. Khái niệm điện tích điểm

Điện tích điểm là một vật mang điện có kích thước nhỏ không đáng kể so với khoảng cách từ điện tích đó tới những điểm hoặc những vật mang điện khác mà ta đang khảo sát.

Khái niệm điện tích điểm chỉ có tính chất tương đối, tương tự khái niệm chất điểm trong cơ học.

### 1.2.2. Định luật Coulomb

#### a. Phát biểu

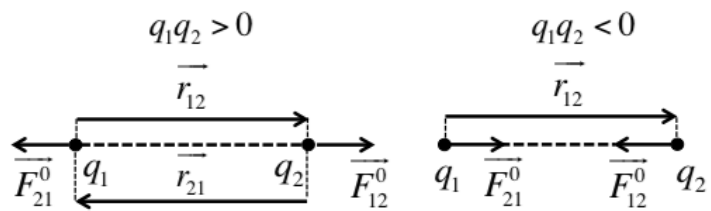
*Lực tương tác giữa hai điện tích điểm đứng yên trong chân không có phương nằm trên đường thẳng nối hai điện tích, có chiều đẩy nhau nếu hai điện tích cùng dấu và hút nhau nếu hai điện tích trái dấu, có độ lớn tỉ lệ thuận với tích độ lớn của hai điện tích và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.*

$$F_{12}^0 = F_{21}^0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (1.1)$$

với:  $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$  gọi là *hằng số điện*, hệ số tỉ lệ:  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ .

#### b. Biểu diễn vector

Xét hai điện tích  $q_1, q_2$  đặt cách nhau một khoảng  $r$  trong không gian. Khi đó  $\vec{r}_{12}$  là vector xác định vị trí của điện tích  $q_2$  đối với  $q_1$ , có độ lớn bằng  $r$ , gốc đặt tại  $q_1$  và chiều hướng về  $q_2$ .



Hình 1.1. Biểu diễn vector của định luật Coulomb

Vậy  $\vec{F}_{12}^0$  (lực do  $q_1$  tác dụng lên  $q_2$ ) cùng chiều với  $\vec{r}_{12}$  khi hai điện tích  $q_1, q_2$  cùng dấu, đẩy nhau và ngược lại:  $\vec{F}_{12}^0$  ngược chiều với  $\vec{r}_{12}$  khi hai điện tích  $q_1, q_2$  trái dấu, hút nhau.

Do đó, ta có định luật Coulomb biểu diễn dưới dạng vector như sau:

$$\vec{F}_{12}^0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r} \quad (1.2)$$

Theo định luật III Newton,  $\vec{F}_{12}^0$  và  $\vec{F}_{21}^0$  là cặp lực trực đối cùng phương, ngược chiều, cùng độ lớn,  $\vec{F}_{12}^0$  có điểm đặt tại  $q_2$ ,  $\vec{F}_{21}^0$  có điểm đặt tại  $q_1$ .

Ta có thể viết gọn lại biểu thức (1.2) như sau:

$$\vec{F}^0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q_0}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (1.3)$$

trong đó:  $\vec{F}^0$  là lực do điện tích  $q$  tác dụng lên điện tích  $q_0$  đặt trong chân không,  $\vec{r}$  là bán kính vector xác định vị trí của điện tích cần xác định lực  $q_0$  so với điện tích  $q$ .

### c. Định luật Coulomb trong các môi trường

Nếu hai điện tích điểm  $q, q_0$  được đặt trong một môi trường bất kỳ thì lực tương tác giữa chúng giảm đi  $\epsilon$  lần so với lực tương tác giữa chúng trong chân không:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q \cdot q_0}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (1.4)$$

trong đó  $\epsilon$  là một đại lượng không thứ nguyên đặc trưng cho tính chất điện của môi trường và được gọi là *độ thẩm điện môi tỉ đối* (hay *hằng số điện môi*) của môi trường. Trị số  $\epsilon$  của các môi trường được cho trong các sổ tra cứu về điện (đối với chân không  $\epsilon = 1$ , còn đối với không khí  $\epsilon \approx 1$ ).

### 1.2.3. Nguyên lý chồng chất lực

Xét một hệ điện tích điểm  $q_1, q_2, \dots, q_n$  được phân bố rời rạc trong không gian và một điện tích điểm  $q_0$  đặt trong không gian đó. Gọi  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  lần lượt là các lực tác dụng của  $q_1, q_2, \dots, q_n$  lên điện tích  $q_0$ . Các lực này được xác định bởi định luật Coulomb. Khi đó, tổng hợp các lực tác dụng lên  $q_0$  là:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \quad (1.5)$$

Áp dụng nguyên lý trên ta có thể xác định lực tương tác tĩnh điện giữa hai vật mang điện bất kỳ bằng cách xem mỗi vật mang điện như một hệ vô số các điện tích điểm được phân bố rời rạc. Nếu điện tích được phân bố liên tục trong vật thì việc lấy tổng trong (1.5) được thay bằng phép tích phân theo toàn bộ vật. Với hai quả cầu mang điện đều hoặc hai mặt cầu tích điện đều, sau khi áp dụng nguyên lý trên, ta thấy rằng lực tương tác giữa chúng cũng được xác định bởi định luật Coulomb (1.4), song phải coi điện tích trên mỗi khối (mặt) cầu như một điện tích điểm tập trung ở tâm của nó.

#### 1.2.4. Bài tập áp dụng

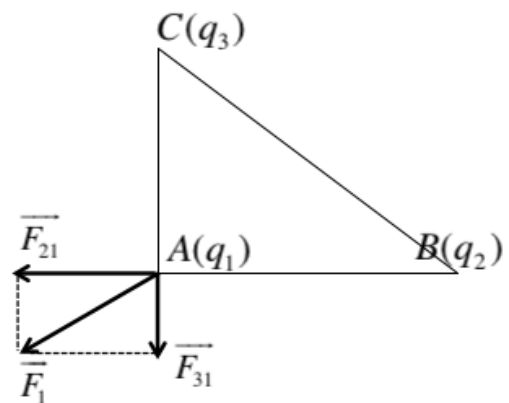
##### Bài toán 1:

Tại các đỉnh  $A, B, C$  của một hình tam giác người ta lần lượt đặt các điện tích điểm:  $q_1 = 10^{-8} C$ ;  $q_2 = 16 \cdot 10^{-9} C$ ;  $q_3 = -4 \cdot 10^{-9} C$ . Xác định lực tác dụng tổng hợp lên điện tích đặt tại  $A$ . Cho biết  $AC = 3cm$ ,  $AB = 4cm$ ,  $BC = 5cm$ . Các điện tích đều được đặt trong không khí.

##### Giải:

**Bước 1:** Xác định các điện tích tác dụng lực lên điện tích  $q_1$  đặt tại  $A$  là:  $q_2, q_3$ .

**Bước 2:** Biểu diễn các vectơ lực trên hình vẽ. Chú ý xác định đúng điểm đặt



lực (tại  $A$ ), phương và chiều của các vectơ lực  $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$ .

**Bước 3:** Áp dụng nguyên lý chồng chất điện trường:

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$$

**Bước 4:** Cộng vectơ theo quy tắc hình bình hành. Nhận xét:

$$BC^2 = AB^2 + AC^2 \Rightarrow \triangle ABC \hat{=} \text{ tại } A$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{21} \hat{=} \vec{F}_{31}$$

$$\Rightarrow F_1^2 = F_{21}^2 + F_{31}^2$$

**Bước 5:** Tìm các đại lượng có liên quan theo định luật Coulomb (nhớ đổi đơn vị) và giải:

$$F_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 \cdot q_2|}{AB^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{16 \cdot 10^{-17}}{16 \cdot 10^{-4}} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$$

$$F_{31} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 \cdot q_3|}{AC^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-17}}{9 \cdot 10^{-4}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$$

$$\Rightarrow F_1 = \sqrt{F_{21}^2 + F_{31}^2} \gg 10^{-3} \text{ (N)}$$

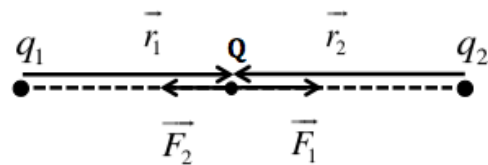
### Bài toán 2:

Hai điện tích điểm dương có điện lượng  $q_2 = 9q_1$  đặt cố định cách nhau một khoảng  $a$  trong môi trường bất kì. Hỏi phải đặt một điện tích điểm  $Q$  ở đâu, có dấu và độ lớn như thế nào để  $Q$  ở trạng thái cân bằng?  $Q$  phải mang dấu gì để trạng thái cân bằng là bền?

### Giải:

Lực do  $q_1$  tác dụng lên  $Q$  là:

$$F_1 = k \frac{q_1 Q}{\epsilon r_1^3} r_1$$



Lực do  $q_2$  tác dụng lên  $Q$  là:

$$F_2 = k \frac{q_2 Q}{\epsilon r_2^3} r_2$$

Hợp lực tác dụng lên  $Q$  là :



$$F = F_1 + F_2 = k \frac{q_1 Q}{\epsilon r_1^2} r_1 + k \frac{q_2 Q}{\epsilon r_2^2} r_2$$

Điều kiện để  $Q$  đứng yên (cân bằng) là:

$$F = 0$$

hay:

$$k \frac{q_1 Q}{\epsilon r_1^2} r_1 = -k \frac{q_2 Q}{\epsilon r_2^2} r_2$$

Ta thấy vì  $q_1$  và  $q_2$  cùng dấu nên  $r_1$  và  $r_2$  phải ngược chiều nhau (với mọi  $Q$ ), nghĩa là điện tích điểm  $Q$  phải đặt tại điểm  $M$  nằm trên đoạn thẳng nối  $q_1$  và  $q_2$  và nằm ở giữa hai điện tích ấy.

- Nếu  $Q > 0$ : nó cùng bị  $q_1$  và  $q_2$  đẩy.
- Nếu  $Q < 0$ : nó cùng bị  $q_1$  và  $q_2$  hút.

Từ điều kiện cân bằng ta có:

$$k \frac{q_1 Q}{\epsilon r_1^2} = k \frac{q_2 Q}{\epsilon r_2^2}$$

Suy ra:

$$\frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{q_2}{q_1} \rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \sqrt{\frac{q_2}{q_1}} = \sqrt{9} = 3$$

Mặt khác:

$$r_1 + r_2 = a$$

$$\Rightarrow r_1 = \frac{a}{4} \text{ và } r_2 = \frac{3a}{4}$$

### **Kết luận:**

- Điện tích  $Q$  có thể âm, dương và có độ lớn tùy ý.
- Nếu  $Q < 0$ : Khi lệch khỏi  $M$ , hợp lực kéo nó trở lại (trạng thái cân bằng bền).

- Nếu  $Q > 0$ : Khi lệch khỏi  $M$ , hợp lực đẩy nó đi tiếp (trạng thái cân bằng không bền).

## 1.3. ĐIỆN TRƯỜNG

### 1.3.1. Khái niệm điện trường

Theo định luật Coulomb, các điện tích tương tác tĩnh điện với nhau ngay cả khi chúng đặt cách nhau một khoảng  $r$  nào đó trong chân không. Vậy chúng ta phải lí giải sự xuất hiện của lực tĩnh điện như thế nào khi các điện tích không hề tiếp xúc nhau, và giữa chúng không có chất truyền tương tác?

Để trả lời cho câu hỏi trên, trong tiến trình phát triển của vật lý học, các nhà khoa học đã đưa ra hai thuyết đối lập nhau: thuyết tương tác gần và thuyết tương tác xa.

Theo thuyết tương tác gần, để giải thích sự xuất hiện của lực tĩnh điện người ta đưa vào khái niệm điện trường. *Điện trường là một dạng đặc biệt của vật chất bao quanh các điện tích.* Khi đặt một điện tích vào trong không gian thì không gian bao quanh điện tích tồn tại một điện trường, và điện trường này sẽ tác dụng lực điện lên các điện tích khác đặt trong nó.

Khoa học hiện đại đã xác nhận sự đúng đắn của thuyết tương tác gần và sự tồn tại của điện trường.

Sự tồn tại của điện trường cũng tương tự với sự tồn tại của trường hấp dẫn. Trường hấp dẫn giải thích lực tương tác (hút) giữa hai vật có khối lượng đặt cách nhau trong không gian, còn điện trường giải thích sự xuất hiện của lực tĩnh điện (hút hoặc đẩy) giữa hai điện tích.

### 1.3.2. Vectơ cường độ điện trường

#### a. Định nghĩa

Để đặc trưng cho điện trường về phương diện tác dụng lực lên điện tích đặt trong nó, người ta đưa ra khái niệm vectơ cường độ điện trường.

Vectơ cường độ điện trường do một điện tích điểm  $q_0$  gây ra tại một điểm  $M$  trong không gian sẽ đặc trưng cho khả năng tác dụng lực (mạnh hay yếu) của điện trường lên một điện tích đặt tại  $M$ . Do đó, vectơ cường độ điện trường phụ thuộc vào điện tích sinh ra điện trường, và phụ thuộc vào vị trí cần xác định cường độ điện trường  $M$  nhưng không phụ thuộc vào điện tích thử tại  $M$ .

Tại một điểm  $M$  trong điện trường của điện tích  $q_0$  ta lần lượt đặt các điện tích  $q_1, q_2, \dots, q_n$  có giá trị đủ nhỏ (để không làm biến đổi đáng kể điện trường đó) rồi đo các lực  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  do điện trường tác dụng lần lượt lên chúng. Thực nghiệm cho thấy tỉ số giữa lực tác dụng lên mỗi điện tích và trị đại số của điện tích đó là một hằng số:

$$\frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \dots = \frac{\vec{F}_n}{q_n} = \text{const} \quad (1.6)$$

Vectơ hằng số này đặc trưng cho điện trường tại điểm  $M$  cả về độ lớn, phương và chiều; nó được gọi là vectơ cường độ điện trường tại điểm  $M$ , kí hiệu là  $\vec{E}$ :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (1.7)$$

trong đó,  $\vec{E}$  là vectơ cường độ điện trường do điện tích điểm  $q_0$  sinh ra tại  $M$ ,  $\vec{F}$  là lực do điện trường của  $q_0$  tác dụng lên điện tích thử  $q$  đặt tại  $M$ .

Từ biểu thức (1.7) ta thấy nếu chọn  $q = 1$  thì  $\vec{E} = \vec{F}$ . Vậy:

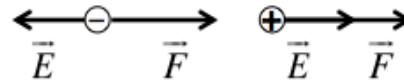
“Vectơ cường độ điện trường  $\vec{E}$  tại một điểm là đại lượng đặc trưng cho điện trường tại điểm đó về phương diện tác dụng lực, có trị vectơ bằng lực tác dụng của điện trường lên một đơn vị điện tích dương đặt tại điểm đó.”

Trong hệ đơn vị SI, cường độ điện trường có đơn vị đo là *Vôn/mét* ( $V/m$ ).

### ❖ Lực điện trường tác dụng lên điện tích điểm

Lực tác dụng lên điện tích điểm  $q$  đặt tại  $M$  có cường độ điện trường  $\vec{E}$  là:

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (1.8)$$



Hình 1.2

- Nếu  $q < 0$  thì  $\vec{F}$  ngược chiều với  $\vec{E}$  (Hình 1.2);
- Nếu  $q > 0$  thì  $\vec{F}$  cùng chiều với  $\vec{E}$  (Hình 1.2).

**b. Vector cường độ điện trường gây ra bởi điện tích điểm**

Xét một điện tích điểm có trị đại số  $q$ . Trong không gian bao quanh nó sẽ xuất hiện điện trường. Ta hãy xác định vector cường độ điện trường  $E$  tại một điểm  $M$  cách điện tích  $q$  một khoảng  $r$ . Muốn vậy tại điểm  $M$  ta đặt một điện tích điểm  $q_0$  có trị số đủ nhỏ (để không làm biến đổi điện trường  $q$ ). Khi đó theo định luật Coulomb, lực tác dụng của điện tích  $q$  lên điện tích  $q_0$  bằng:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q_0}{r^2} \vec{r} \quad (1.9)$$

So sánh với biểu thức định nghĩa (1.7), ta thấy vector cường độ điện trường do điện tích điểm  $q$  gây ra tại điểm  $M$  là:

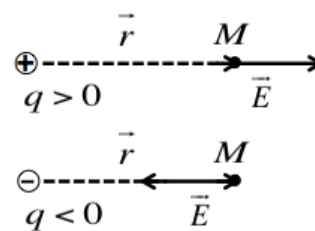
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{r} \quad (1.10)$$

trong đó bán kính vector  $\vec{r}$  hướng từ điện tích  $q$  đến điểm  $M$ .

❖ **Nhận xét:**

- Nếu  $q > 0$  thì  $\vec{E} \nearrow \vec{r}$ :  $\vec{E}$  hướng ra xa khỏi điện tích  $q$ .
- Nếu  $q < 0$  thì  $\vec{E} \searrow \vec{r}$ :  $\vec{E}$  hướng vào điện tích  $q$ .
- Về độ lớn:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|}{r^2} \quad (1.11)$$



Hình 1.3. Cường độ điện trường gây ra bởi một điện tích điểm