

ĐỖ ĐỨC THANH

Lý thuyết trường

(Dùng cho sinh viên chuyên ngành Địa vật lý)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Mở đầu	9
Chương 1: Trường tĩnh điện trong chân không	
Trường hấp dẫn	11
1.1 Cường độ trường của các điện tích điểm, của các nguồn khối mặt và đường. Tính chất cường độ trường	11
1.2 Tính phân kỳ của véc tơ cường độ trường - Định lý <i>Gauss - Ostrogradski</i>	26
1.3 Thế và gradient thế, mặt đẳng thế, điều kiện của trường thế, công thức <i>Stoke</i>	31
1.4 Thế và các Tính chất của thế	37
1.5 Phương trình <i>Poisson - Laplace</i> và nghiệm của nó trong các trường hợp riêng	43
1.6 Bài toán hai chiều - Thế lôgarit	51
1.7 Trường hấp dẫn	56
Bài tập	73
Chương 2: Trường tĩnh điện trong môi trường bất đồng nhất	77

2.1 Trường lưỡng cực và thế của vật thể phân cực	78
2.2 Các phương trình vi phân của trường trong môi trường bất đồng nhất và các điều kiện biên	86
2.3 Sự khúc xạ của đường sức cường độ trường khi qua ranh giới giữa các điện môi	91
2.4 Phương pháp ảnh điện	92
2.5 Lớp kép	99
2.6 Lưỡng cực, lớp kép và phương pháp ảnh điện trong trường hợp thế lôgarit	103
2.7 Năng lượng trường	106
Bài tập	111

Chương 3: Trường tĩnh từ	115
3.1 Các khái niệm cơ bản	115
3.2 Sự giống nhau và khác nhau giữa trường tĩnh điện và trường tĩnh từ	118
3.3 Thế véc tơ của vật thể bị từ hoá	124
3.4 Các chất thuận từ, nghịch từ và sắt từ	127
3.5 Sự từ hoá của quả cầu đồng nhất trong trường từ đồng nhất	130

Chương 4: Hàm <i>Green</i> và việc áp dụng hàm <i>Green</i> trong bài toán biến đổi trường địa vật lý	135
4.1 Công thức <i>Green</i>	135
4.2 Hàm <i>Green</i> trong trường thế lôgarit	142
4.3 Giải các bài toán Dirichlet và Neiman nhờ phương pháp tích phân	145
4.4 Áp dụng hàm <i>Green</i> trong các bài toán biến đổi trường địa vật lý	151

Bài tập	160
Chương 5: Trường điện dòng không đổi	163
5.1 Đường dòng và mật độ dòng - Định luật Ohm dưới dạng vi phân	163
5.2 Các định luật <i>Kirchhoff</i> dưới dạng vi phân – định luật liên kết dòng không đổi	169
5.3 Điều kiện biên trong trường hợp dòng không đổi	175
5.4 Các điện cực. Điện cực điểm trên mặt nửa không gian bất đồng nhất	179
5.5 Quả cầu dẫn trong trường của điện cực điểm	188
5.6 Trường của lớp kép nằm ở chỗ tiếp xúc giữa các vật dẫn	193
5.7 Độ dẫn hiệu dụng của môi trường có các dị vật	196
5.8 Hàm dòng	201
Bài tập	209
Chương 6: Trường từ dòng không đổi	213
6.1 Định luật <i>Biot - Savart</i>	213
6.2 Thế vectơ - độ phân kỳ của thế vectơ	217
6.3 Định luật <i>Biot - Savart</i> dưới dạng vi phân	221
6.4 Định luật <i>Biot - Savart</i> dưới dạng tích phân hay định lý dòng toàn phần	222
6.5 Tính chất của trường từ khi chuyển qua bề mặt có dòng điện	228
6.6 Thế vô hướng của trường từ dòng không đổi	234
6.7 Các từ môi trong trường từ của dòng	240

Bài tập	247
Chương 7: Trường điện từ dòng biến đổi	251
7.1 Dòng điện dịch	251
7.2 Định luật thứ nhất của <i>Kirchhoff</i> dưới dạng vi phân đối với dòng biến đổi	253
7.3 Hệ phương trình trường biến đổi	257
7.4 Trường của các nguồn thông dụng trong thăm dò điện	268
7.5 Định luật bảo toàn năng lượng trong trường điện từ và vectơ <i>Umop-Poynting</i>	274
7.6 Phương trình sóng đối với cường độ trường	279
7.7 Hiệu ứng mặt ngoài	283
7.8 Sóng phẳng trong điện môi-sự phản xạ và khúc xạ của sóng phẳng	287
7.9 Thế của trường điện từ	299
7.10 Các phương trình liên hệ giữa các thế và phương trình sóng đối với các thế	302
Bài tập	310
Chương 8: Cơ sở lý thuyết trường sóng đàn hồi	313
8.1 Sự kéo dẫn của một thanh, môđun kéo dẫn. Hệ số <i>Poisson</i>	314
8.2 Sự nén một phía của một lớp vô hạn. Môđun nén ép một phía	318
8.3 Dịch trượt và môđun dịch trượt	321
8.4 Biến dạng xoắn	324
8.5 Sự uốn cong của một thanh và việc xác định môđun E theo độ cong đầu mút	327

8.6	Tenxơ ứng suất đàn hồi	333
8.7	Tenxơ biến dạng	345
8.8	Định luật <i>Hooke</i> tổng quát	355
8.9	Thế đàn hồi	356
8.10	Định luật <i>Hooke</i> đối với môi trường đẳng hướng - sự liên hệ của các hằng số Lamé với các modun kéo dãn và dịch trượt	363
8.11	Vận tốc lan truyền của sóng trong chất lỏng và chất khí	366
	Bài tập	369
	Phụ lục	373
	Phụ lục 1	373
	Phụ lục 2	378
	Phụ lục 3	391
	Tài liệu tham khảo	393

MỞ ĐẦU

Như chúng ta đã biết, ở mức độ định tính, những hiện tượng điện từ xảy ra trong tự nhiên đã được con người biết đến ngay từ thời rất xa xưa. Tuy nhiên chỉ vào khoảng hơn hai thế kỷ trở lại đây nó mới thực sự trở thành một đối tượng nghiên cứu của khoa học, kể từ khi qua những kết quả thực nghiệm, người ta đã phát hiện ra những quy luật toán học khá đơn giản để biểu diễn các hiện tượng điện từ dưới dạng vĩ mô.

Với sự phát triển nhanh chóng của lĩnh vực khoa học này, cho tới nay, các hiện tượng điện từ đã và đang được áp dụng ngày càng rộng rãi và muôn hình muôn vẻ trong sản xuất, kỹ thuật và đời sống, nhưng những luận điểm lý thuyết về cấu trúc tổng quát của trường điện từ vẫn gần như không thay đổi. Hệ phương trình *Maxwell* cho đến nay vẫn được thừa nhận là có hiệu lực trong mọi lĩnh vực của điện động lực vĩ mô. Chúng chỉ mất hiệu lực trong thế giới vật lý vi mô, khi ta nghiên cứu sự tương tác giữa các hạt cơ bản trong hạt nhân nguyên tử - lý thuyết trường lượng tử.

Mục đích của giáo trình này không có tham vọng bao gồm hết - dù là rất sơ lược - nội dung và quá trình phát triển rất phức tạp của lý thuyết trường bao gồm cả trường điện từ, trường hấp dẫn và trường sóng đàn hồi. Nó chỉ được hạn chế ở mức độ trang bị cho sinh viên chuyên ngành địa vật lý những kiến thức cần thiết nhất về trường điện từ, trường hấp dẫn và trường sóng đàn hồi, có liên quan trực tiếp tới nội dung các môn học của chuyên ngành này. Vì vậy, riêng về trường điện từ, giáo trình chỉ đề cập

đến lý thuyết trường điện từ vĩ mô mà hoàn toàn không đề cập đến trường điện từ vi mô.

Giáo trình gồm tám chương:

- I - Trường tĩnh điện trong chân không - Trường hấp dẫn
- II - Trường tĩnh điện trong môi trường bất đồng nhất
- III - Trường tĩnh từ
- IV - Hàm *Green* và việc áp dụng hàm *Green* trong bài toán biến đổi trường địa vật lý
- V - Trường điện dòng không đổi
- VI - Trường từ dòng không đổi
- VII - Trường điện từ dòng biến đổi
- VIII - Cơ sở lý thuyết trường sóng đàn hồi

Toàn bộ nội dung trên, kể cả một số hình vẽ, đã được tác giả tham khảo, biên soạn từ những giáo trình truyền thống về lý thuyết trường đã và đang được giảng dạy cho sinh viên chuyên ngành địa vật lý ở các trường đại học trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Để thuận tiện cho việc theo dõi, toàn bộ các đại lượng vật lý, các công thức đưa ra trong giáo trình đều được tác giả chuyển đổi để viết trong hệ đơn vị quốc tế SI.

Với nội dung như trên, giáo trình này cũng có thể được sử dụng như một tài liệu tham khảo cho các cán bộ khoa học kỹ thuật đang hoạt động trong mọi lĩnh vực thuộc chuyên ngành địa vật lý, cho sinh viên ngành vật lý cũng như sinh viên thuộc các ngành khoa học kỹ thuật khác.