

体验 新科学
系列

电磁悬念

(日) 福岛 肇 著 关于电和磁的推理故事
王 旭 译 电磁现象看似复杂，几个定律就可轻松破解！



科学出版社
www.sciencep.com

体验新科学

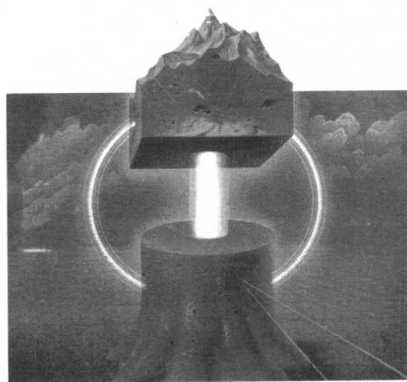
系列

电磁悬念

关于电和磁的推理故事

(日) 福岛 肇 著

王 旭 译



科学出版社

北京

图字：01-2003-6973 号

《電磁気学の ABC やさしい回路から「場」の考え方まで》

© 福島肇 1988

All rights reserved.

Original Japanese edition published by KODANSHA LTD.

Simplified Chinese character translation rights arranged with
KODANSHA LTD.

图书在版编目(CIP)数据

电磁悬念：关于电和磁的推理故事/（日）福島肇著；王旭译。
—北京：科学出版社，2006
（体验新科学系列）
ISBN 7-03-015269-7

I. 电… II. ①福… ②王… III. 电磁学—普及读物
IV. O44-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 025733 号

责任编辑：侯俊琳 王剑虹/责任校对：刘亚琦
责任印制：钱玉芬/封面设计：黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

天竺彩色印刷有限公司印刷

科学出版社编务公司排版制作
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 11 月第 一 版 开本：A5 (890×1240)

2006 年 11 月第一次印刷 印张：6 1/8

印数：1—6 000 字数：125 000

定价：18.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换〈双青〉）

物理学是探索自然奥秘的科学。本书就像一部物理学推理小说，我们的推理对象是叫做电场和磁场的两种“场”。

自然界里广泛存在着电场和磁场，许多读者大概都在无意之中听说过并且或多或少地知道一些，但是，电场与磁场到底是什么？为什么科学家们会研究出这样一些东西呢？能够回答出的人就不多了。本书将带领读者通过分析各种各样的电磁现象，就像读推理小说一样探求电磁场的本性，对电场和磁场进行一番透彻的探究。

前 言

推理小说有两种类型：正统的一类做法是开始不指出谁是罪犯，让读者与侦探一起去推理，最后使案情真相大白；另一种类型则相反，一上来就告诉读者谁是罪犯，通过不断深入推理让其无法抵赖，它所注重的是通过寻找决定性的证据揭穿罪犯的伪装，这种类型的推理小说可能不够神秘，但其有趣之处在于更深入地分析案情。

物理学是探索自然奥秘的科学，在很多地方与推理小说有相似之处。本书采用了后一种推理小说的写作方法，推理的对象是叫做电场和磁场的两类“场”。

许多人都或多或少地知道或者听说过自然界中存在着电场和磁场，但是，电场和磁场到底是什么？它们是怎样被科学家研究出来的呢？知道的人就不那么多了，本书将通过分析各种各样的电磁现象，对电场和磁场进行一番彻底的探求。

经常有人抱怨“电磁太难懂了”，笔者认为，出现这种现象的原因之一在于各种各样的电磁现象看上去显得很复杂，难以找出它们共同的基本规律，而帮助读者跨过这道难关也是本书的一大目标。

因此，笔者在撰写本书时着重考虑了以下几个方面：

(1) 人类对电与磁现象的真正理解是从 20 世纪初期由麦克斯韦创立的电磁学完成后才开始的。本书试图用通俗易懂的方式向广大读者讲解电磁学，最重要的是要告诉读者，看似复杂的电磁现象其实可以用为数很少的几个定律来概括。

(2) 与力学和热学不同，电磁学的主人公是叫做“场”的电场和磁场，本书尝试用通俗易懂的语言解释它们。不过笔者认为“场是什么”不是好的立问，容易把事情复杂化，不如把问题改为“为什么要研究所谓的场”，这样更容易寻找答案。

(3) 为了便于读者的阅读，本书从最浅显的事例出发逐渐深入，特别是在开篇时下了许多工夫，通过列举多种具体的模型帮助读者建立起正确的想像。

(4) 在我们的周围存在着许多奇妙的电磁现象以及各种各样的电器，本书在讲解理论的同时，注重尽可能多地列举生活中的实例。

(5) 在电磁学的发展过程中，科学家们总结出了许多卓有成效的思考方法和实验手段，本书尽可能鲜活地予以讲述。

好，现在让我们一起开始探索电磁场的科学旅行吧！

福岛肇

目 录

前言

引子 最简单的收音机..... 1

- 1 如果只听声音 2
- 2 用什么办法选台 3

第 1 章 熟悉电路——水流与电流..... 7

- 1 孩子们的想法 8
 - 1.1 电流撞到一起了 8
 - 1.2 电流被消耗掉了 9
- 2 从水流到电路 10
 - 2.1 电压会流动吗 10
 - 2.2 欧姆定律——电流、电压、电阻的关系 12
- 3 电功率是什么 15
 - 3.1 500W 与 1000W，谁的电阻大 15
 - 3.2 哪一个更亮 17
- 4 解析复杂电路的王牌 20
 - 4.1 把两个电路合并 20
 - 4.2 增加一只电阻后，会出现什么变化 21
 - 4.3 基尔霍夫定律 22



4.4	求解联立方程	24
5	电流与能量流	25
5.1	构成原子的东西	25
5.2	电荷是守恒的	27
5.3	自由电子能够缓慢地流动	27
5.4	电流和能量是两码事	30
第2章 研究电场——超距作用论与媒介作用论		33
1	奇妙的静电	34
1.1	带电的太阳	34
1.2	琥珀与磁石	37
1.3	静电其实非常有用	39
1.4	电力是如何作用的	40
2	直接穿越空间的力	41
2.1	电素与电流体	41
2.2	超距作用力——直接穿越空间的力	42
2.3	计算电力的库仑定律	43
2.4	身边的静电感应	44
3	通过媒介在空间中传播的力	47
3.1	媒介作用力以空间为媒介	47
3.2	电磁学的中心课题	47
3.3	确定电场的方法	49
3.4	电场是涌出或者吸入型的	50
4	电场的分布图	52
4.1	电势差是什么	52
4.2	电势是什么	53

4.3	电场是电势的倾向	55
4.4	重新理解欧姆定律	58
5	难以验证的场	59
5.1	空间中存在着以太	59
5.2	场是真实的存在吗	60
5.3	电的基本规律只有两条	61
第3章 磁场是什么		63
1	探求磁铁的本质	64
1.1	奇妙的磁流体	64
1.2	按磁性分类物质	65
1.3	磁石的迷信	66
1.4	吉尔伯特的磁球	67
1.5	解开大陆漂移之谜	68
1.6	磁力是超距作用力吗	70
1.7	切碎以后还是磁铁	71
2	电流是磁场之本	72
2.1	超导磁铁	72
2.2	奥斯特的发现	74
2.3	磁场线与磁场	76
2.4	右螺旋定律	77
2.5	永久磁铁的本质	78
2.6	容易变成磁铁的物质	80
2.7	磁场是循环型的	82
3	作用于运动电荷的力	83
3.1	没有螺旋桨的高速船	83



3.2	电动机的原理	84
3.3	方便的 IB 定律	85
3.4	拐弯的电子束	89
3.5	回旋加速器——使带电粒子加速	90
4	磁力是如何作用的	92
4.1	辩论家安培的观点	92
4.2	磁的基本定律	94
第4章 电磁学最重大的发现——电磁感应		97
1	由磁生电	98
1.1	用随身听带响收录机	98
1.2	浮起磁铁	99
1.3	尝试由磁生电	99
1.4	意外时刻的发现	100
1.5	迈克尔·法拉第	101
1.6	建立力线的形象	103
1.7	磁铁产生的电磁感应	104
2	电磁感应定律	105
2.1	原因是磁场的变化	105
2.2	新物理量——磁通密度	106
2.3	楞次定律	108
3	活跃于各种场合的电磁感应	110
3.1	手摇发电机	110
3.2	能量的转换	111
3.3	磁悬浮的原理	113
3.4	超导体	114

3.5 电磁炉的工作原理	115
4 核心是感应定律	116
4.1 深入思考感应定律	116
4.2 磁场与电场, 哪一个是什么原因	118
4.3 磁场的变化产生电场	121
4.4 顽固的超距作用论	122
4.5 演员到齐了	123
第5章 交流电的功劳	127
1 能量的搬运工	128
1.1 电是“财物”	128
1.2 电是搬运工	130
1.3 所谓 100V 的交流电	131
1.4 直流与交流的争论	133
1.5 交流的胜利	135
2 交流电路的两个主角	137
2.1 线圈“发憊”	137
2.2 电容器“活跃”	139
2.3 振荡电路	141
2.4 选台的原理	143
2.5 在电容器里发生了哪些事情	143
2.6 电磁波的可能性	145
第6章 电磁波的世界	147
1 发现电磁波	148
1.1 来自宇宙的信号	148

1.2	麦克斯韦的预言	149
1.3	詹姆斯·麦克斯韦	150
1.4	决定实验的条件	153
1.5	原地踏步的波——驻波	154
1.6	赫兹的实验	156
1.7	光与电波，有什么不同	158
1.8	电磁波的产生机理	160
1.9	电磁场带有能量	163
1.10	微波炉的工作原理	163
2	传递信息的通信员	165
2.1	模拟方式的代表：AM 与 FM	165
2.2	PCM：数字通信的时代	167
2.3	什么是半波长天线	169
2.4	电磁波的传播方式	170
2.5	接收天线：从电磁场获得电流	172
2.6	雷达的原理	173
3	电磁场的本质	175
3.1	最后的问题——以太	175
3.2	赫兹发现的是以太吗	175
3.3	电磁感应悖论	176
3.4	场的独立存在性	178
后记		181



引 子



最简单的收音机





1 如果只听声音

最简单廉价的收音机有什么样的构造呢？有些读者可能小时候动手做过，让我们在这里做一个简单的分析。

耳机和二极管——只要有这两个元件，收音机就能够听到声音。耳机只需最便宜的那种，现在大概每个家庭里都闲着几副。二极管或许手边没有现成的，但只要跑一趟电子元件商店就能够买到。把这两个元件接上天线和地线，地线很简单，只需把导线接到家里的自来水龙头上面；天线则需要一根比较长的导线，最好是把长度约 10m 的导线水平地挂到室外。

在距离广播电台比较近的城市周围，只要有这几个元件，收音机就可以收听广播了，不过，如果附近有两个以上的电台的话，将会有串台现象。

把串台的问题放到一边，让我们先来分析一下这部收音机的工作原理，因为没有装电池也没有接其他电源，所以它的能量全部来自广播电台的电波。如图 0-1(b)所示，广播电台发出的电波振动非常细密，如果原封不动地转变成声信号的话，由于振动过快，人耳无法听到。

AM(调幅)广播的电波的振动幅度时时刻刻都在变化，其实这种振动幅度的大小正是广播节目的信号。天线将捕捉到的电波变换为电流，二极管把节目信号从电流中分离出来，二极管的特性在于只允许电流正向通过，而不许电流逆向流动，好比道路的单行线，因此，电流通过二极管后被过滤掉一半。

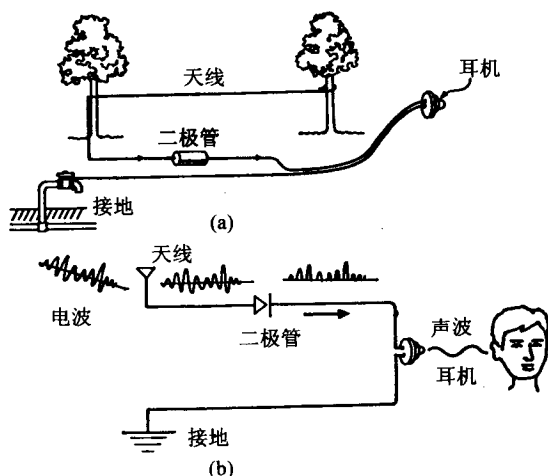


图 0-1 只要有二极管和耳机，就能听到广播

耳机将电流振动幅度的变化转变成声音的振动，于是，传入人耳的不再是细密的电波振动，而是能够分辨的振动比较缓慢的节目信号。

2 用什么办法选台

如果只有一个广播电台，这部收音机还能使用，但是如果现在有很多广播电台，则这部收音机会因严重串台而无法使用。

让我们来制作下面的选台电路。选台时必须使用调谐电路，它由线圈和电容器两部分组成。线圈像小时候手工做的电磁铁，是缠绕了许多圈的导线，可以在电子元件商店买到，也可以自己动手用电线(漆包线或包塑料皮线)缠一个。在日

常生活中，电容器可能比较少见，其实最简单的电容器就是两块互相接近但不接触的金属板，电容器可以在市面上买到，也可以自己动手利用厨房里包装食品用的铝箔来制作，方法很简单：找两张铝箔，在其中的一张上套一个塑料薄膜袋(为了绝缘)，把另一张铝箔叠上去就可以了。

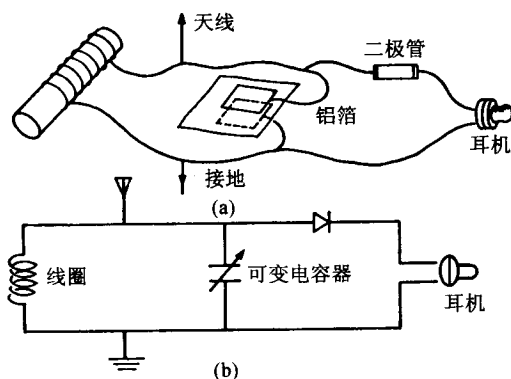


图 0-2 最简单的收音机

调谐电路由线圈和电容器并联而成，把这个调谐电路与前面制作的二极管和耳机的电路组合到一起，就构成了一台能选台的收音机。

图 0-2(b)中的电容器用记号 ⏏ 表示，可以通过移动塑料薄膜袋外面的那张铝箔来改变两张铝箔重叠面的面积，不断地调整铝箔的位置，我们就可以分别收听到各个电台的广播了。

这台收音机尽管很简陋，但是通过自己的手工制作收听到了真实的广播节目，大家一定感到有趣。通常我们使用的

收音机构造很复杂，让人无法看懂，其实只要是调幅(AM)广播收音机，在工作原理上都和我们这个手工制作的收音机相同(主要的区别是增加了扩大音量用的放大电路)。

那么，在我们的收音机里，天线是如何从电波中获取电流的呢？线圈和电容又是怎样工作的呢？各位读者的心中一定充满了许多疑问。

让我们首先从最简单的直流电路开始来探讨电磁的运动规律吧！