

高等学校教学用书

电磁学讲义

上册

江苏师范学院物理系編委会編

高等教育出版社

江苏师范学院

7

38

高等学校教学用书



电 磁 学 讲 义

上 册

江苏师范学院物理系编委会编

高 等 教 育 出 版 社



下 册

江苏师范学院物理系編委会編

[illegible]

本书系由江苏师范学院物理系教师集体编写的物理学讲义的第三部分,内容包括普通物理的电磁学和理论物理的电动力学,可供师范学院物理系作电磁学的教学用书。如普通物理与电动力学分开讲授,亦可作为教学参考书。此外,本书还可供中学教师进修时参考。

本书分上下两册。上册分五章,讲解静电场、电介质、恒稳电流、电解质和气体中的电流。

电 磁 学 讲 义

上 册

江苏师范学院物理系编委会编

高等教育出版社出版 北京宣武门内东晓寺7号
(北京市书刊出版业营业许可出字第054号)

上海大东集成联合印刷厂印刷 新华书店发行

统一书号 13010·716 · 开本 350×1163 1/32 印张 9 10/16
字数 228,000 印数 1-8,000 定价 (4) 洋 1.00
1959年12月第1版 1959年12月上海第1次印刷

本书系由江苏师范学院物理系教师集体编写的物理学讲义的第三部分,内容包括普通物理的电磁学和理论物理的电动力学,可供师范学院物理系作电磁学的教学用书。如普通物理与电动力学分开讲授,亦可作为教学参考书。此外,本书还可供中学教师进修时参考。

本书分上下两册。下册分五章,讲解恒稳电流的磁场、磁介质、电磁感应与似稳电磁场、交流电路、迅变电磁场。

电 磁 学 讲 义

下 册

江苏师范学院物理系编委会编

人民教育出版社出版 高等学校教材编辑部
北京宣武门内承恩寺7号
(北京市书刊出版业营业许可证出字第2号)

上海大东集成联合印刷厂印刷
新华书店上海发行所发行
各地新华书店经售

统一书号 13010·871 开本 850×1168 1/32 印张 10 9/16
字数 251,000 印数 1—40,000 定价 (4) 1.00
1956年10月第1版 1956年10月上海第1次印刷

序

在大跃进以来我系师生在总路线的光辉照耀下，为了贯彻教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相结合的方针，发扬了敢想、敢说、敢做的共产主义风格，在院党委和系党总支领导下，提出了教学计划改革方案。这个方案中除将生产劳动列入教学计划外，并把过去的普通物理、理论力学、理论物理这三个科目合并为一门“物理学”，以避免过去它们之间的重复与脱节现象。我们根据教育方针、高师特点、物理学迅速发展的情况，提出了面向中学、结合生产、反映最新科学成就的原则，修订了教学大纲。

“物理学”新大纲包括了过去普通物理、理论力学、理论物理试行大纲(1955年)的内容，删节了其中的重复部分，并适当充实了一些新的内容。共分为五部，即力学、热学、电磁学、光学和原子物理学。

电磁学讲义是把普通物理的电磁学部分与电动力学“打通”了编写的。共计十章，分上下两册，上册有静电场、电解质、恒稳电流、液体与气体中的电流等，下册有电流的磁场、磁质、似稳电磁场、交流电路、迅变电磁场等。

静电场分为两章，第一章是从宏观的唯象理论来考虑的，而第二章则对场的定域性质进行了阐述；前一章基本上是属于原来普通物理的内容，而第二章则大部分为理论物理的内容。在电解质与恒稳电流中，普通物理与理论物理是融合在一起的。第五章只对现象作了广泛的介绍和定性的解释。

电流磁场的引入，重视了磁现象本质的探讨。根据电磁场的

理論把磁場作为統一體而把靜電場作为电磁場的一个特殊情况来考虑的。

交流电路中只研究了恒穩状态的解,并应用复数,为进一步学习电工原理、无綫电原理作好准备。

电动力学中的相对論改在光学中编写。

本讲义除可用作高师物理系本科教材外,亦可作为一般高等学校物理課的参考讀物,以及具有物理专修科数学、物理知識的中学教师們的进修讀物。

我們根据“打通”的精神编写这部电磁学讲义,是一个大胆的尝试。为了相互交流、广泛討論来共同解决高师物理学教材問題,特把这部讲义初稿刊印出来。限于我們的水平和時間的匆迫,內容难免錯誤,取材和編排上也还存在問題,誠懇地要求讀者 and 专家們多多提出宝貴意見,以資修訂。

本讲义是在党委领导下教师学生三結合所編的大綱和电磁学草稿的基础上編写的。参加編写的有丁厚昌、乔登江、周万生、周孝謙、凌德洪(主編)、彭基泉等。系內其他师生对編写工作也給予很多支持与协助,我們在此表示謝忱。

江苏师范学院物理系編輯委员会

1959年9月

上册目录

序

緒論	1
§ 0.1 电磁学在近代技术和科学上的重要性	1
§ 0.2 电磁学发展简史	3
§ 0.3 电磁场	5
§ 0.4 物质的粒子性	6
第一章 靜电场一	10
§ 1.1 电荷 摩擦起电和靜电感应	10
§ 1.2 法拉第冰桶实验	14
§ 1.3 导体和絕緣体	16
§ 1.4 庫侖定律 电量单位	19
§ 1.5 电场强度	25
§ 1.6 电力的功 靜电场第一定律	32
§ 1.7 电势	35
§ 1.8 等势面	43
§ 1.9 电场强度和电势間的关系 电势梯度	45
§ 1.10 电力綫 电通量	50
§ 1.11 靜电场第二定律	55
§ 1.12 靜电场第二定律的应用	58
§ 1.13 导体上电荷的分布 电晕现象	62
§ 1.14 靜电屏蔽	66
§ 1.15 靜电起电机	69
§ 1.16 孤立导体的电容	71
§ 1.17 电容器	73
§ 1.18 电容器的联接	79
第二章 靜电场二	85
§ 2.1 靜电场基本定律的定域形式	85

§ 2.2	泊松方程和拉普拉斯方程	89
§ 2.3	泊松方程和拉普拉斯方程的解 例题	92
§ 2.4	静电学中的典型问题	97
§ 2.5	电象法	101
§ 2.6	电场的能量	110
§ 2.7	静电场中的力	117
§ 2.8	静电场中的电偶极子	119
§ 2.9	静电计	121
§ 2.10	安素定理	124
第三章	电介质	127
§ 3.1	电介质的极化 极化矢量	127
§ 3.2	电介质中的电场	133
§ 3.3	电位移矢量	139
§ 3.4	电场的边界条件	143
§ 3.5	电介质中的场能	149
§ 3.6	电介质中的力	153
§ 3.7	电介质中的应力	159
§ 3.8	电介质的极化理论	167
§ 3.9	压电效应 热电效应 铁电体	175
第四章	恒稳电流	182
§ 4.1	电流	182
§ 4.2	电流密度	185
§ 4.3	连续性方程 基尔霍夫第一定律	187
§ 4.4	电流的效应	188
§ 4.5	电阻 欧姆定律	191
§ 4.6	电阻的联接法 电阻箱和可变电阻	199
§ 4.7	电流的功与功率 楞次-焦耳定律	203
§ 4.8	电动势	206
§ 4.9	基尔霍夫第二定律	213
§ 4.10	金属的经典电子论和导电机构	221
§ 4.11	接触电现象	227
§ 4.12	温差电现象	233
§ 4.13	温差电动势的理论	237
§ 4.14	塞贝克电动势的几个基本性质	241

§ 4.15 温差电现象的应用	245
第五章 电解质和气体中的电流	249
§ 5.1 液体的导电机构	249
§ 5.2 法拉第电解定律	252
§ 5.3 电解质的电导率	257
§ 5.4 电解的应用	261
§ 5.5 电池	264
§ 5.6 气体的被激导电和自激导电	271
§ 5.7 辉光放电和它的应用	277
§ 5.8 弧光放电和它的应用	283
§ 5.9 火花放电和它的应用	286
§ 5.10 阴极射线和阳极射线	289
§ 5.11 热电子发射	291

下册目录

第六章 恒稳电流的磁场	301
§ 6.1 电流的磁效应.....	301
§ 6.2 无限长平行直电流间的相互作用力 绝对电磁单位.....	304
§ 6.3 磁场 磁场强度.....	306
§ 6.4 毕奥-萨伐尔定律.....	310
§ 6.5 简单电路的磁场强度.....	312
§ 6.6 闭合电流在均匀外磁场中受到的力.....	316
§ 6.7 电流元的相互作用 安培定律.....	318
§ 6.8 磁力线 磁通量.....	322
§ 6.9 真空中磁场的基本定律.....	325
§ 6.10 磁场的两个基本定律的应用.....	330
§ 6.11 矢势.....	334
§ 6.12 闭合电流的势函数 闭合电流在非均匀磁场中所受到的力.....	340
§ 6.13 闭合电流的磁场 元电流和磁偶极子的等效.....	342
§ 6.14 二个闭合电流的相互作用 磁场的能量.....	347
§ 6.15 电流计 安培计 伏特计 冲击电流计.....	351
§ 6.16 洛伦兹力.....	356
§ 6.17 霍耳效应.....	358
§ 6.18 带电粒子在均匀电场和磁场中的运动.....	360
§ 6.19 电子荷质比的测定.....	367
第七章 磁介质	371
§ 7.1 磁介质的磁化 分子电流.....	371
§ 7.2 磁化矢量.....	373
§ 7.3 磁场强度的平均 磁感应矢量.....	377
§ 7.4 磁场的边界条件.....	381
§ 7.5 磁介质中磁场的矢势.....	383
§ 7.6 磁介质中的场能和作用力.....	385
§ 7.7 逆磁性和顺磁性.....	388
§ 7.8 铁磁性.....	396
§ 7.9 迴转磁现象.....	401

§ 7.10 磁畴	402
§ 7.11 磁性共振	407
§ 7.12 永久磁铁	409
§ 7.13 磁路	415
§ 7.14 电磁铁	418
§ 7.15 地磁	420

第八章 电磁感应 似稳电磁场.....425

§ 8.1 电磁感应现象	425
§ 8.2 感生电动势 法拉第电磁感应定律	427
§ 8.3 楞次定律	432
§ 8.4 自感现象	435
§ 8.5 互感现象	441
§ 8.6 似稳电磁场	448
§ 8.7 可变电流的欧姆定律	450
§ 8.8 电流系的能量 磁场的能量	455
§ 8.9 感应圈	465
§ 8.10 佛科电流	467
§ 8.11 磁感应通量的测量	474

第九章 交流电路.....478

§ 9.1 交变电动势的产生	478
§ 9.2 含有自感和电容的交流电路	482
§ 9.3 自感与电阻串联及电容与电阻串联的交流回路	487
§ 9.4 复数在交流电路中的应用	490
§ 9.5 交变电流回路的矢量图解	493
§ 9.6 串联谐振回路	496
§ 9.7 并联谐振回路	502
§ 9.8 交流电桥	505
§ 9.9 互感系数的测定	507
§ 9.10 交流电路中的电功率	509
§ 9.11 耦合电路 变压器	513
§ 9.12 谐振耦合回路	517
§ 9.13 发电机的基本原理	522
§ 9.14 电动机的基本原理	526
§ 9.15 三相交流电	529
§ 9.16 旋轉磁場	534
§ 9.17 交流电表	537

第十章 迅变电磁场	541
§10.1 位移电流 磁场定律的修正.....	541
§10.2 电磁场方程组.....	548
§10.3 电磁场的能量守恒定律 庞塞夫-坡印亭矢量.....	553
§10.4 电磁场的动量及动量守恒定律.....	559
§10.5 无限均匀介质中的平面电磁波.....	562
§10.6 导体中的电磁波 趋肤效应.....	574
§10.7 电磁波在导线上的传播 波导.....	579
§10.8 电磁场的势 规范不变性.....	587
§10.9 达朗贝尔方程的解 推迟势和超前势.....	590
§10.10 振子辐射 赫兹实验.....	594
§10.11 振子辐射理论.....	600
§10.12 作匀速直线运动的点电荷的场.....	609
§10.13 切伦可夫辐射.....	614
§10.14 电子的电磁质量 场的物质性.....	619
§10.15 磁流体波.....	623
§10.16 经典电动力学的应用范围 非线性电动力学中的一些问题.....	629

緒 論

§0.1 电磁学在现代技术和科学上的重要性

电磁学是一門領域非常广泛的科学，它涉及的方面很多。从人們生活中的衣、食、住、行，到工农业生产中的装备动力；从小到原子的物質結構，远到宇宙間的星际航行，无一不和电磁学有关。例如，作为光源的电灯；作为热源的电炉；作为动力源的电动机；作为通訊設備的電話、电报、雷达、电视，以及作为能源的電池、发电机和原子能发电站等等。电磁学不仅是很多近代生产技术的基礎，同时也是近代科学发展的基礎，如关于物質結構的理論、光的波动学說，固然和电磁学的发展分不开，而近代的量子場論和基本粒子的理論，也是从电磁理論这一基礎上发展起来的。

电磁学在发展生产方面起着十分重要的作用。列宁曾經这样指示过我們：“共产主义就是苏維埃政权加全国电气化”。要建設共产主义首先要求社会产品极大丰富，这就要求劳动生产率的不断提高和生产过程自动化的推广。而水电資源的开发和利用，将大大促进生产力的发展，电子学理論和技术方面的发展，也会促进生产过程自动化。因此，电气化和生产力的发展是直接联系着的。还有，农村电气化以后，农民在新的技术基礎上組織生产，这就有利于提高农村的文化水平和消灭城乡之間的对立；自动控制的推广使繁重的体力劳动可以逐漸用机械来替代，这就有利于消灭脑力劳动和体力劳动的对立。由此可見，电气化在向共产主义过渡的时代是一个重要的課題。很好地掌握电磁理論为促进祖国的电

气化而努力,也就意味着促进共产主义的早日到来。

电被广泛的利用,是因为电本身具有以下几个特点:

1. 电能可以作为一切其它形式能量轉換的中心。电能比較容易轉換为化学能、机械能、热能等,因此利用电能作为能源,比較方便。同样,其它形式的能量也可以轉換为电能,而非电能形式的能量相互間不是完全可以直接轉換的。例如,光就不能直接变为声,但是利用光电管,也就是借助于电能就可以实现这种轉換。因此以电能为中心,为广泛地利用各种能源提供了可能性。

2. 电能可以在极短的时间內从发电的場所,送往遙远的应用場所,而且功率大,能量的散逸少,装备也比較简单,因此为大生产提供了条件。

3. 电能可以电磁波的形式在空間中傳播,而傳播速度等于光速,即 8×10^{10} 厘米/秒,这就大大地克服了空間阻隔的困难。

4. 电能便于用灵敏度极高的仪表控制和测量,使得遙控和生产过程自动化易于进行。

电磁学的理論对近代科学理論的发展也起着巨大的作用,并占有中心的地位。这是因为一切物体都是原子或分子所組成,而原子或分子之間存在着电磁作用。所以一切与物質結構有关的物理現象,都可以从电磁学的一般規律得到說明。例如固体的彈性、热傳导,可以从电子論得到解釋;物質的某些化学性質,可以从原子外层的电子分布得到說明,等等。

應該指出,經典理論在闡明物質結構以及与物質結構有关的現象时,有相当大的局限性。因为在微觀世界中,量子規律起着主要的作用,至于談到基本粒子(如电子、中子、質子、介子等等)的結構和相互作用,經典电磁論更显得无力,但是电磁学仍然是近代的量子場論、基本粒子理論的发展所不可缺少的基础,而且是探索微觀世界应遵循規律的第一步。由此可見,电磁理論仍然是揭露客

規律的必要工具。

§0.2 电磁学发展簡史

电磁学这門科学和其它科学一样，不是在短時間內一下子就形成的。它是經過了人类智慧的长期积累而逐漸丰富起来的，是隨着生产的发展而发展起来的。

从历史上来看，电磁学是发展較晚的一門科学。虽然在古代和中世紀，人們已經积累了一些关于电和磁的观察資料，例如紀元前 800 年，战国末年就发现了磁鉄矿吸引鉄片的現象，以及有些古书中，关于琥珀吸芥的記載。在希腊，紀元前 700 年就有哲学家記載过用布擦过的琥珀能吸引輕的东西，如毛发、小紙片等。但这些都只是停留在对自然现象的观察上。直到生产有了一定程度的发展，科学水平有了提高，到十七，十八世紀，人們才开始用实验方法来研究这些现象及其所遵循的規律。

初看起来，电磁学的兴起，在很大程度上是因为人們对自然界中怪現象的注意和探索，这种对現象的研究和发展并不是偶然的，在很多借助于实验方法的研究中，可以明显地看出是由于生产发展的需要。因此不能把有关电与磁的一些記載，仅仅看成是几个聪明人的产物。

从十七世紀到十八世紀，由于实验方法的进步，对摩擦电、大气电、地球磁場的研究得到过某些成果。

在实验方面，1766 年拉姆斯琴发明了起电盘，十八世紀中叶 (1745 年前后) 在萊頓城发明了可以儲存电量的萊頓瓶，使得集中大量电荷有了可能。1745 年里赫曼制成了靜电計，为定量研究靜电現象准备了条件。

在研究大气电方面，作出了重要貢獻的有美国的科学家富兰克林 (1706—1790)，他得出了雷电是火花作用的結論，破除了人們

对閃电的宗教迷信；俄国科学家罗蒙諾索夫創立了大气中电的产生的理論：空中电是空气微粒随着气流运动时互相摩擦而产生的。

十八世紀末叶，法国人庫倫 (1736—1806) 制造了扭秤装置并对带电体的相互作用的大小进行定量的測量，借此确定有名的电荷相互作用定律——庫倫定律。为靜电学奠定了基础。其实，早在 1771 年卡文狄希就得到了庫倫定律，不过一直到十九世紀中叶才被发现。

1786 年意大利生理学家伽伐尼 (1737—1798) 在解剖青蛙时发现电流。紧随着伽伐尼，意大利人伏特发明了电池，这是电学中一件重大的事情，它为研究电流和电流的各种效应創造了条件。俄国学者彼得罗夫 (1761—1834) 用 4200 块銅鋅板做成了当时最大的电池組，借此并于 1808 年发现了电弧。

到了十九世紀前半叶，由于生产的迅速发展，在电工学方面及电磁学理論方面都有重要的发展。1820 年丹麦物理学家奥斯特 (1777—1851) 发现了电流的磁效应。不久毕奥及薩伐尔发现了一根很长的直綫电流所生磁場的規律，并由此建立了关于电流元所生磁場的毕奥-薩伐尔定律。后来，法国物理学家安培 (1775—1836) 在一系列的实验基础上，証明了一个閉合电流迴路与一个磁壳等效，发现了磁場对电流作用力的公式，并建立了磁的分子电流理論。

1831 年，英国物理学家，鍛工的儿子法拉第发现了电磁感应定律，使人类大量利用电能成为可能，开辟了电磁学迅速发展的新紀元。此外，法拉第还研究了电流的化学效应、建立了法拉第电解定律。法拉第还对电磁場的性質进行了研究，引入了場的近距作用初步概念。

十九世紀末叶，麦克斯韦 (1831—1879) 研究了电磁現象的規律的內在統一性，把它們归結为麦克斯韦方程，并由此发现了电磁