

1975年 5月 1

53.079
H5W
2

中学物理参考资料

第 二 册

华中师范学院物理系 合编
湖北省中小学教学教材研究室

中学物理参考资料

第二册

华中师范学院物理系合编
湖北省中小学教学教材研究室

湖北人民出版社出版 湖北省新华书店发行

湖北省新华印刷厂印刷

1975年1月第1版 1975年1月第1次印刷

统一书号: K7106·1032 定价: 1.00元

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

实现无产阶级教育革命，必须有工人阶级领导，必须有工人群众参加，配合解放军战士，同学校的学生、教员、工人中决心把无产阶级教育革命进行到底的积极分子实行革命的三结合。工人宣传队要在学校中长期留下来，参加学校中全部斗、批、改任务，并且永远领导学校。在农村，则应由工人阶级的最可靠、最牢固的同盟军——贫下中农管理学校。

学生也是这样，当兵、当工人，当农民，当知识青年，都要上山、下乡、下厂、下队，都要学文、学武、学工、学农，都要学理论。学制要缩短，教育要革命，资产阶级知识分子统治我们学校的现象，再也不能继续下去了。

目 录

十一、用辩证唯物主义观点分析电磁场·····	1
十二、关于电学几个问题的解答·····	13
十三、交流电路和交流电的传输·····	43
十四、三相感应电动机的使用与维护(附单相感应电动机)···	89
十五、电子管扩音机的原理和喇叭的配接(附调频 载波简介)·····	133
十六、半导体物理基本知识简介 ·····	195
十七、晶体管收音机的线路分析及其调试与检修 ·····	221
十八、黑白电视简介(附油膜光阀大屏幕电视简介) ·····	265
十九、雷达 ·····	318
二十、集成电路简介 ·····	334
二十一、物理光学(附几种大气中的光学现象) ·····	344
二十二、激光 ·····	372
二十三、物理学发展动态 ·····	392
二十四、自制演示教具介绍 ·····	400
附 录: 一些常数及数据 ·····	425

十一、用辩证唯物主义观点 分析电磁场

(一) 电磁场是一种物质

电学是反映客观物质世界电磁运动规律的科学，在十九世纪末，已发展到了比较完整的阶段。人们花了一个多世纪的时间，弄清了电磁运动的基本规律，在宏观方面带来了人类社会的电气化，大大地促进了生产的发展；在微观方面成为人类认识微观物质世界的重要手段。但在电学发展过程中，始终存在着唯物论和唯心论，辩证法和形而上学的尖锐斗争，特别是在电磁现象本质等基本问题方面。电学在实际发展的进程中不断地以新的科学成果打击了唯心论和形而上学。一次又一次证实了辩证唯物主义的正确性。

如何正确认识电磁场，在中学物理教学中，特别是在电学教学中，对学生进行辩证唯物主义教育，有着重要的意义。

人类对于电磁运动形态的认识，象所有认识过程一样，是在实践中由现象到本质由特殊到一般逐步认识的。

起初人们只观察到带电体之间以及通电导体之间存在作用力，即静止电荷之间的静电相互作用和稳恒电源之间的磁相互作用。但是这些相互作用是怎样进行的呢？对于这个问题有两种根本不同的回答。

唯心主义者认为，两电荷(或二电流)之间电的(或磁的)相互作用是通过虚空直接瞬息地传递着的，即相隔一定距离的两电荷(或两电流)之间相互作用力的传递，毫不需要时间，能够

瞬息地进行。这就是所谓“超距作用”的观点。超距作用说认为电磁场只不过是用了数学形式说明现象的形式和概念。电场强度是只有当某一电荷周围存在着另一电荷时才具有物理意义，如果一个电荷单独存在时，就没有电场存在。超距作用说实质上是把物质运动与时间分开（认为力的传递不需要时间）运动与物质分开；物质与空间分开。这是根本不符合客观实际的反唯物主义观点的谬论。

辩证唯物主义认为客观世界是物质的，列宁指出：“世界上除了运动着的物质，什么也没有，而运动着的物质只有在空间和时间之内才能运动。”物质的运动和发展只有在空间和时间内才能进行。因此不可能设想力的传递不需要任何时间，所谓没有物质的“虚空”是根本不存在的。

我们知道，力是物体（物质实体）的相互作用。也就是说，谈到力就不能离开物质。同时，力的传递也只有通过物质才能进行，而且力在物质中的传递是以一定速度进行的。例如力在一般物体中的传递速度就等于声音在构成该物体的物质中的传播速度。实验证明，电、磁力的传递也是以一定速度进行的，这个速度就等于光在该物质中的传播速度 C ，（例如在真空中，光速约等于 30 万公里/秒）因此唯物论者提出了在电和磁体的周围存在着场。相距在一定距离的电或磁之间的相互作用，是通过场来实现的，这就是所谓近距作用说。以后的科学发展证实了近距作用说是科学的、唯物主义的见解。并证实了带电体之间的相互作用是通过场来传递的。因此，场是物质的一种形式。

在静电或静磁的情况下，场完全由电荷分布或电流分布所决定。两者之间存在一一对应的关系，如果局限在这个范围，就无法证明场是物质存在的一种形式。但在不稳定的情况下就不

同了。电磁场的状态不能完全由电荷、电流的分布来决定，而且电磁场可以脱离电荷、电流而独立存在。

1. 电磁场可以脱离电荷、电流而独立存在。

如众所周知，在变化磁场的情况下，有法拉弟电磁感应定律：当通过一个闭合导电回路所包围的面积磁通量变化时，回路就产生电流。其感应电动势在磁通量均匀变化的情况下为

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

式中 ε 是感应电动势， $\Delta\phi$ 是在时间 Δt 内磁通量的变化。

在一般情况下，感应电动势为

$$\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt}$$

这表示，在数值上感应电动势 ε 与磁通量对时间的变化率成正比

由法拉弟电磁感应定律可以看出，导电回路中的磁场改变时，回路中就产生电流，也就是在回路中有电场存在。但理论和实践都证明：磁场随时间变化时，就在空间激发了电场，在空间的所有各点，只要磁场有变化，不论是否有导体存在，都有电场存在。用数学形式表述如下：

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

上式中 E 是电场强度， B 是磁感应强度， t 是时间， c 是光速。

电磁感应现象深刻地揭示了电场与磁场的内在联系。

变化的磁场可以激发电场，反过来变化的电场是否可以激发磁场呢？如图 11—1 所示的情形下，由于

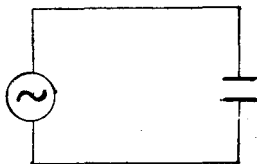


图 11—1

电容器的充放电，致使导线中有电流。我们知道电流周围存在着磁场，在电容器两极板间没有电流（电流是指导线中的电流），是否也存在着磁场呢？实践证明电容器内也存在磁场。如果认为只有电流才能产生磁场，是不能解释这个事实的。电容器在充电放电时，极板上的电荷随时间在变化，从而两极板间的电场也随时间在变化。就是由这变化的电场在两极板间激发了磁场。理论和实践证明：变化的电场可以激发磁场，而且在形成磁场方面与导线中的电流（称为传导电流）起同样作用。激发磁场的规律用数学形式表述如下：

$$\nabla \times \vec{H} = \frac{1}{C} \vec{j} + \frac{4\pi}{C} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}.$$

式中 H 是磁场强度， j 是传导电流密度； D 是电位移矢量。

则
$$\frac{1}{4\pi} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \vec{j}_c.$$

称为位移电流密度。

静电场（即彼此之间相对静止不动，而大小不变的电荷所产生的电场）只对于电荷有所作用，而不显示出任何磁的作用。如果电荷之间发生相对运动或者改变大小，则它们所产生的电场发生变化，因而这时候除了有电的作用之外，还发生磁的作用。同理，不变的磁场，即沿相互间固定不动的导体流动着的恒定电流底磁场或相互间固定不动的永久磁铁底磁场，只对电流或磁铁有作用，它对于固定不动的电荷不发生任何作用。但如果磁场随时间而变化，则除了磁的作用之外，还发生电的相互作用。一般地讲，变化的磁场激发电场，变化的电场又反过来激发磁场。这两种变化的场——电场与磁场——永远是互相联系着的，形成统一的电磁场。设在空间某区域有变化的电场（或变化的磁场），则在邻近区域引起变化的磁场（或变化的电

场)；这个变化的磁场(或变化的电场)又在较远区域引起新的变化的电场(或变化的磁场)。这种变化的电场和磁场交替产生，由近及远地在空间传播的过程，就是电磁波。其传播速度在真空中与光速相同 $C \doteq 3 \times 10^{10}$ 厘米/秒。

高速运动的电荷和迅速变化的电流，可以激发电磁波，但电磁波的存在，并不以电荷、电流的存在为前提。因为根据波动的性质，已经激发并传播出去的电磁波，即使当激发它的源消失后，仍将继续存在，并向前传播。从水波和声波的实例就可以清楚地看出这一点。由此说明电磁场可以脱离电荷和电流而单独存在。各个无线电发射台发出的电磁波，一经激发就可以脱离产生它的源而独立存在，并以电磁波的形式向周围空间传播。我们在离广播电台很远的地方能够用收音机收听到由电台发出来的信号。严格地讲，我们是从电台发出信号的瞬间起要经过一段时间之后才能接收到信号。这一事实就表明：在运动电荷的周围形成电磁场，这电磁场以电磁波的形式以有限的速度传播出去。而且证明了电磁场可以脱离电荷和电流而独立存在。

2. 电磁场不仅可以脱离电荷和电流独立存在，而且还具有物质运动的基本属性。理论和实践都证明电磁场具有能量、质量和动量。

质量是惯性的量度，而能量是物质运动的量度，可以证明电磁场具有能量，而其单位体积中具有的能量为

$$W = \frac{1}{8\pi} (\epsilon E^2 + \mu B^2).$$

W ——电磁场的能量密度(即单位体积中的能量)， ϵ 和 μ 分别为媒质的介电系数和磁导率。

由上式可以看出电场具有能量，其能量密度为

$$W_e = \frac{1}{8\pi} \epsilon E^2$$

磁场具有能量，其能量密度为

$$W_B = \frac{1}{8\pi} \mu B^2.$$

上式说明场的能量是以完全确定的方式和确定的区域在电场、磁场不等于零的空间中。在此，我们不予以推导，仅从大家所熟知的例子中即可看出电磁场具有能量。仍以无线电广播为例，无线电广播是把音频电信号加在无线电波上，利用无线电波的运载，就可以在空间传得很远，而且约以每秒 30 万公里的速度把电台播送的节目传播到各地，收音机收到电磁波的能量以后，将音频信号从无线电波中取出，通过扬声器还原成声音。

电磁场不仅具有能量，还具有动量和质量。实践证明被光（光是电磁波）照射的物体，受到力的作用。此力通常称为光压力，然而光压力只有光被吸收时，或者光的传播方向发生改变（反射、折射、散射）时才显现出来。引起光压力的原因是：光波在金属中激发起周期性的传导电流，这种传导电流受到同一光波磁场的罗仑兹力（即运动电荷在磁场中受力）的作用。

如果光照射到绝对黑体上（即光被全部吸收），则从经典理论可知光压的大小决定于下式

$$P = \frac{W}{C}.$$

式中： W 是单位时间射到面上的光通量的能量， C 是光速。例如晴天直射的日光，当完全被吸收时， $P = 0.4$ 毫克/米²，计算指出，太阳光对整个地球表面的压力约为 6×10^7 公斤，即约六万吨。

根据光子理论，对于频率为 ν 的光子，其能量为

$E = h\nu$ ($h = 6.62 \times 10^{-27}$ 尔格·秒叫做普朗克常数)

具有这个能量的光子的质量为(动质量)

$$m = \frac{E}{C^2} = \frac{h\nu}{C^2}$$

由此可见, 电磁场和物质的一切其他形态一样, 具有一定的质量 m 和一定的动量 $p = mc$, 关系式 $m = \frac{E}{C^2}$ 确定了电磁场底能量与质量之间的联系。

从上所述, 我们认识到, 电磁场可以脱离电荷电流而独立存在。它和其它物质形态一样按照一定的规律运动变化, 它也具有能量和动量等实物运动的基本特征。在同带电实物相互作用中, 彼此的能量和动量可以相互转化, 这一切说明电磁场是客观存在的。列宁同志在给物质下定义时说: “物质是标志客观实在的哲学范畴, 这种客观实在是人感觉到的, 它不依赖于我们的感觉而存在, 为我们的感觉所复写、摄影、反映。”场是物质底一种形态! 而不是某种描写的手段, 已是无疑的了。

物质既有两种基本形态, 一种是实物形态, 如由原子、分子组成的物体, 另一种是场, 场与实物的共同特征是:

①和实物一样, 场有一定的质量、能量和动量, 并遵从守恒与转换定律(如前所述)。

②场和基本粒子组成的实物一样, 场也具有微粒的属性, 电磁场的基本粒子叫作光子。反过来和场的基本粒子(光子)一样, 实物底粒子(电子、原子、分子)也具有波动的属性, 因此波动性和微粒性既是实物粒子所固有, 又是场所固有。

③电磁场和实物粒子, 在一定的条件下可以相互转化。在它们相互转化的过程中, 仍然遵守前述的一些守恒定律。例如

电子和正电子结合而产生光子, 光又是电磁波(电磁场的传播过程)。这一现象, 叫做正负电子对的“湮灭”, 如下式表示

$$e_+ + e_- \rightarrow \gamma + \gamma'$$

正负电子对转变成光子的事实说明：实物粒子可以转变为电磁场。

反过来，光子消失也可产生电子和正电子对，当能量比电子和正电子本身的能量大的 γ 光子射到带电荷 Ze 的原子核上时，光子消失，电子和正电子成对出现，其过程遵循如下规律：

$$\gamma + Ze \rightarrow e_+ + e_- + Ze.$$

由此证明了电磁场也可转变为实物粒子，可见，电磁场是由实物粒子产生的，而电磁场本身又能转变成实物粒子。实物和场是物质底两种形态，场是物质的一种形态。

场和实物之间的主要差异是：

①一切实物占有一定的不能同时为其他实物所占据的空间（不可入性）。在每个特定的时刻，实物都处于一个特定的空间位置；与此相反，电磁场不是位于任何一个特定的位置，而是分布在空间中，在同一空间可以存在许多不同的电磁场。即场是可以迭加的，而实物不可迭加，（场的可入性）。

②在真空中电磁场总是以光速传播，而实物在任何情况下也不能达到光速。

③用机械系统和用电磁场传输同样的功率时，力、质量、压力有着极其悬殊的差异，电磁传输的特点是质量小得几乎等于零，力不大，而速度特大，这种情况正是电磁场容易输送，分配利用的原因。

（二）电磁运动的矛盾分析

电磁运动的矛盾分析，是我们大家在教学工作中所关心的，需要共同讨论、相互学习的一个问题，本文仅提出我们的看法，供大家参考。

1. 阴电和阳电的矛盾

毛主席在《矛盾论》中教导说：“对于某一现象的领域所特有的某一种矛盾的研究，就构成某一门科学的对象。例如，……物理学中的阴电和阳电，……。”阴电和阳电的矛盾是决定电磁运动形式特点的一对基本矛盾。

但是，我们对于阴电和阳电这一对矛盾的认识是有一个发展过程的，首先我们认识到的是“同性电荷相斥，异性电荷相吸”的静电相互作用，由于这种相互作用，产生了电荷的定向运动——电流。在电容器的充放电过程中，阴电和阳电的矛盾斗争使得电容器板上的电荷时而正，时而负。这一矛盾斗争在交流电通过电容时起决定的作用。在通常情况下，原子是中性的，这是说它的核的阳电荷同核周围全部电子的负电总量相等，从而对外部不呈宏观电性。而原子内部仍然是矛盾着的带正电的核和电子的统一体，当一物体所有的正负电荷，哪一种在数量上占多数而成为矛盾的主要方面时，则物体就带这种电荷。从而决定了物体的带电性质。因为“事物的性质，主要地是由取得支配地位的矛盾的主要方面所规定的”。

进一步，我们又认识到，在运动电荷之间，存在一种完全不同于静电相互作用的另一种类型的相互作用——磁相互作用。运动电荷之间的磁相互作用是电动机、电磁铁以及许多电表工作原理的基础。

进一步的问题是，这些相互作用是如何进行的？对于这一问题唯物主义和唯心主义有不同的回答，形而上学认为，电荷之间和电流之间的相互作用都是“超距作用”，而唯物主义认为电荷之间和电流之间的相互作用是通过场来实现的。

我们知道只要有电荷存在，在电荷周围的空间就要发生变化。这一变化体现在，如果把一个“试验电荷”放进这一空间中，就会受到力的作用。因此电荷周围的空间是存在着一种特

殊形态的物质，这种物质能对“试验电荷”产生作用力，我们称这种物质为电场。两个电荷之间的相互作用是一个电荷的电场对另一电荷的作用。只要有电荷，它的周围就有电场，它们永远是不可分割的整体。

同样地，在导线中通以电流，即周围空间的物理性质也会发生变化。这一变化体现在，如果把一根载流导线放到这一空间中，就会受到力的作用，我们把这种能使载流导线受到力的作用的物质称为磁场。两载流导体之间的相互作用是一个通电导体的磁场对另一通电导体的作用，电流和磁场是电荷移动时具体表现的两个方面。

毛主席教导我们：“事物发展过程中的每一种矛盾的两个方面，各以和它对立着的方面为自己存在的前提，双方共处于一个统一体中”，“矛盾着的双方，依据一定的条件，各向着其相反的方面转化。”

电荷在一定条件下可以变为电磁场，例如正、负电子对相互作用转变为光子。

电磁场也可以转变为电荷，如 γ 射线在穿透物质时可以产生正负电子对。

2. 电场和磁场的矛盾

电场和磁场是对立统一的整体。

我们知道随时间变化的磁场(或电场)在其周围激发电场(或磁场)，这两种变化的场永远互相联系着，形成统一的电磁场。在特殊的条件下，可相对地将电磁场分为电场和磁场。例如是静止的电荷，则仅产生电场，而没有磁场。如果是稳定电流，则其周围产生稳定的磁场，此时电磁场可分为电场和磁场。但是我们需要指出，将电磁场分为电场和磁场只具有相对的性质。这只是对某一确定的惯性系统而言的。当我们从一个

惯性系统 S 变换到另一个以速度 v 对 S 作匀速直线运动的系统 S' ，则结果是不相同的。这时在 S 系统上为静止的电荷（因而只产生电场）在 S' 系统上来观察它就是一个运动的电荷，不仅激发电场，而且激发磁场。

所以电场和磁场在变化过程中总是相互依赖，相互转变，例如：

a、电磁感应

我们熟悉的楞次定律指出：闭合回路中的感生电流有确定的方向，它总是企图使自己产生的磁场，去阻碍原有磁场的变化。我们看到，穿过线圈的磁通量增加时，感生电流所产生的磁通量阻碍这个磁通量增加。穿过线圈的磁通量减少时，感生电流产生的磁通量阻碍这个磁通量的减少。这两个磁通量的改变总是相互矛盾，相互排斥，相互对立的。但它们又是相互依存的。一旦变化停止，另一个也不存在了。若没有磁通量的变化，也就不会有感生电流产生，所以磁与电的转化条件是磁通量的变化。它们有条件的共存和相互转化，以及在转化过程中电场和磁场的相互斗争和相互依赖，就构成了电磁感应的矛盾运动。矛盾斗争贯串于过程的始终。它们通过相互矛盾斗争，实现其相互转化。

b、电磁振荡：

“矛盾着的双方，依据一定的条件，各向着其相反的方面转化。”电场与磁场双方的斗争与转化是极为深刻的。我们现在从它们在电路中的斗争与转化加以分析，典型情况是电磁振荡。

将电容 C 电感 L 通过开关 K 和电源 B 联接，如图11—2。首先将开关 K 拨到电池一边，则电池给电容器充电，其结果就使得电容器上端的一块极板带负电，下端的一块极板带正电。

在某一时刻，将开关拨到位置 *A*，在开关刚拨过来的这一瞬时，线路中还没有电流，因而线圈中没有磁场。只是电容器中有电场，如图 11—3a 所示。

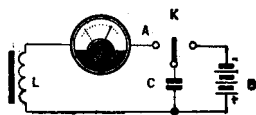


图 11—2

由于电场的作用，电荷开始运动，使线圈中产生电流。在此过程中电容器极板上的电荷逐渐减少，使得电容器内部的电场逐渐减弱，电场的能量逐渐减少，另一方面，线圈中的电流逐渐增强，磁场的能量逐渐增加，因此这一过程是电能转化为磁能的过程，而且电能是矛盾的主要方面。

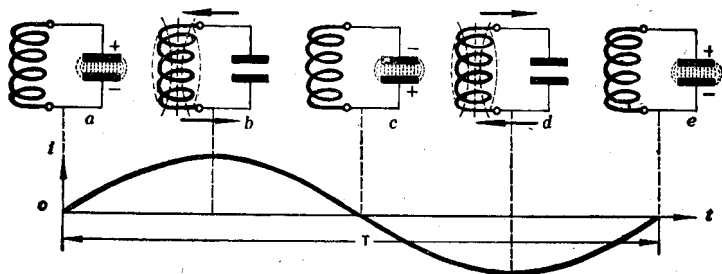


图 11—3

到电容器极板上的电荷全部放完，如图 11—3b，电流达到最大，相应地，线圈中的磁场也达到最大。与此同时，电容器极板上没有了电荷，因而电容器中也就没有电场，电场全部转化为磁场。这是矛盾转化的一个转折点。

由于线圈中的自感应现象，尽管电容器极板不带电，但线圈中的电流不会马上停止下来，而要继续流动，这一电流就在反方向上给电容器充电，使极板反向带电，在此过程中，电流逐渐减弱，而电容器极板上的电荷则逐渐增多。因而，磁场能

量减少，电场能量增加，即磁场逐渐转变为电场。这一过程是磁能是矛盾的主要方面。

到电流减小到零的时候（图 11—3c），磁场全部转化为电场。而在此以后由于电场的作用，电容器又开始反向放电，电场又转化为磁场（图 11—3d）

然后，电流继续流动，又给电容器充电，这样又回到了图 11—3e 的情况。整个过程就这样反复进行下去。

在此过程中，电容器中的电场与线圈周围的磁场互相反复转化，电场能与磁场能互相反复转化，振荡电路就是这种矛盾转化的工具，电和磁它们之间相互联系着，在一定的条件之下又相互转化。

我们前面已经谈到，变化的磁场可以激发电场，变化的电场可以激发磁场。变化的电场和磁场互相激发，互相依存、互相转化，表现了它们的同一性，它们互相转化的条件是它们必须是“变化的”。但两者决不是“合二而一”的，它们在激发和转化过程中表现了激烈的斗争性。如在磁场变化时，它所激发的电场要阻止其变化，就是斗争性的表现。

十二、关于电学几个问题的解答

（一）电压和电动势有何不同？

功是能量变化的度量。电压和电动势这二个概念虽然都与移动电荷做功相联系，然而它们却反映着完全不同的能量转换过程。

在中学物理教学过程中，学生往往对这两个概念混淆不清，为了弄清电压的物理意义，我们从电场力做功谈起。电场