



2000 年新版

4

高中物理 读物

岳振堂 金尔埠 主编

GAOZHONGWULI

辽宁大学出版社

青年读物系列丛书(2000 年新版)

高中物理读物

第四册

主编 岳振堂 金尔埠

辽宁大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高中物理读物 (四)/岳振堂主编. —2版. —沈阳: 辽宁大学出版社, 1996.5

ISBN 7-5610-2520-3

I. 高… II. 岳… III. 物理课—高中—教学参考资料
IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 10169 号

青年读物系列丛书
高中物理读物
第四册

网址: <http://www.lnupress.com.cn>

Email: mailer@lnupress.com.cn

岳振堂·金尔埠 主编

辽宁大学出版社出版发行 (沈阳市崇山中路 66 号)
沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 7 字数: 144 千
1999 年 6 月第 4 版 2000 年 1 月第 2 次印刷
印数: 25001—28000

责任编辑: 蒋秀英
封面设计: 邹本忠

责任校对: 沈 飞

ISBN 7-5610-2520-3
G·918 定价: 7.50 元

(京海平 0008) 并丛民系册新学青

高中物理前言

本书是为了帮助广大高中学生及自学青年学好物理，以及更好地向社会普及物理知识而编写的。全书共四册十九章，包括中学物理中的力学、热学、电学、光学及原子物理。本书编写的依据是：1990年6月国家教委印发的《全日制中学物理教学大纲修订本》以及新颁发的教育部[1998]5号文件的调整意见和1999年国家考试中心公布的全国统一高考物理科的《考试说明》。同时也参照了现行高中物理教材和人民教育出版社最新编写的“高级中学试验课本”。

编写过程中，我们得到了全省各地广大教育科研人员及教学第一线的广大教师的热情帮助和指导，在此谨致谢意。

本书第四册的编者是：沈阳皇姑教研室宋正之（第十六章），大连市二十四中李清源（第十七章），省实验中学胡坤英（第十八章），沈阳二十八中雷作春及辽阳教育中心宋又民（第十九章），辽宁教育学院杜贵忠（学生实验）。全书由岳振堂、金尔埠审定。

由于我们的水平有限，编写时间仓促，内容可能有不当之处，希望广大读者批评指正，以便修改。

编 者

2000年3月

并丛民系册新学青

目 录

第十六章 电磁振荡和电磁波	1
一、电磁振荡	1
二、电磁振荡的周期和频率	6
三、电磁场和电磁波	8
四、电磁波的发射	12
五、电磁波的接收	15
六、晶体管	19
七、我国广播电视事业的发展	23
第十七章 光的反射和折射	29
一、光的直线传播	29
二、光的速度	33
三、光的反射 平面镜	35
四、球面镜	39
五、光的折射	41
六、全反射	46
七、棱镜	48
八、透镜	52
九、透镜成像作图法	56
十、透镜成像公式	60
十一、眼睛	65
第十八章 光的本性	73
一、光的微粒说和波动说	73
二、双缝干涉	75

三、薄膜干涉	79
四、光的衍射	81
五、光的电磁说 电磁波谱	85
六、光谱和光谱分析	89
七、光电效应	92
八、光的波粒二象性	98
第十九章 原子和原子核	104
一、原子的核式结构的发现	104
二、玻尔的原子模型 能级	109
* 三、玻尔理论的成功和局限	115
四、天然放射现象	122
* 五、探测放射线的方法	130
六、原子核的人工转变 原子核的组成	132
七、放射性同位素	137
八、核能	141
九、重核的裂变	144
十、轻核的聚变	149
学生实验	159
十五、测定玻璃的折射率	159
十六、测量凸透镜的焦距	163
十七、用卡尺观察光的衍射现象	167
附录一 全书(共四册)习题参考答案	173
附录二 常用的物理常量	219

第十六章 电磁振荡和电磁波

无线电通讯、无线广播、电视广播、远距离控制等都是电磁波的实际应用。电磁波是什么？它有什么性质？是怎样产生的？是如何发射的？又是怎样传递各种信号的？最后又是怎样接收的呢？这一切都是本章要解决的问题。前面已经学过机械振动能够产生机械波；同样，电磁振荡能产生电磁波，因此从电磁振荡开始学习。

一、电磁振荡

电磁振荡的产生 我们先来观察下面的实验。

把自感线圈 L ，电容器 C ，电流表 G ，电池组 E 和单刀双掷开关 K 照图 16—1 连成电路。

先把开关 K 跟 a 接通，给电容器 C 充电。然后把开关 K 跟 a 断开，跟 b 接通，使自感线圈 L 和电容器 C 构成一个回路。电容器通过线圈放电，这时我们会看到电流表的指针左右摆动，这表明电路中产生了周期性变化的电流，即大小和方向都做周期性变化的电流。

通常把大小和方向都做周期性变化的电流叫做**振荡电流**。能够产生振荡电流的电路叫做**振荡电路**。图 16—1 中由自感线圈和电容器组成的电路，是一种最简单的振荡电路，简

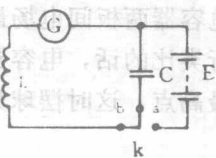


图 16—1

称 LC 回路。

振荡电流也是一种交流电，只是在无线电技术中需要的振荡电流频率要比照明电路中用的交流电的频率高得多。这种高频振荡电流，要用振荡电路来产生。

振荡电流是大小和方向都做周期性变化的电流。当我们用示波器来观察振荡电流时，就会发现，LC 回路里产生的振荡电流跟正弦交流电一样，也是按正弦规律变化的。

在振荡电路中，振荡电流是怎样产生的呢？我们可以用图 16—2 来说明。

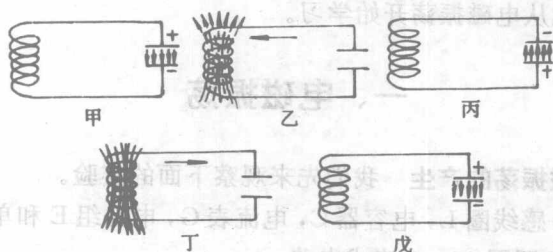


图 16—2 电磁振荡的过程

当把开关 K 跟 a 接通，是电池给电容器充电，也就是把一部分电能储存在电容器中，这时电容器两板间电场最强。

如果和做机械振动的单摆来进行类比的话，电容器充完电时相当于把摆球从平衡位置拉到最高点，这时摆球具有了最大势能。

在开关刚扳到 b 的一瞬间，电容器尚未放电，电路里还没有电流，电容器两极板仍带有等量异种电荷，电容器里的电场最强。这时，振荡电路里的能量全部是电容器里储存的电场能（图 16—2 甲）。

与单摆相类比，电容器里的电场能相当于摆球势能，刚

—放手瞬间，摆球在最高点还没有动，这时摆球的能量全部是摆球的势能。

当电容器开始放电，由于线圈的自感作用，电流不能立刻达到最大值，而是由零逐渐增大。随着线圈里电流的逐渐增强，线圈周围的磁场也逐渐增强。同时，电容器极板上的电荷逐渐减少，电容器的电场逐渐减弱。在这个过程中，电路的电场能逐渐转变为磁场能。当电容器放电完毕瞬间，极板没有电荷，电场消失，线圈中电流达到最大值，磁场达到最强，电场能全部转变为磁场能（图 16—2 乙）。

与单摆相类比，摆球由最高点向平衡位置运动，随着位移的越来越小，摆球的速度越来越大，到平衡位置时速度达到最大值，动能最大，摆球的势能全部转化为动能。

电容器放电完了时，由于线圈的自感作用，电路里的电流并不立即减小为零，而是逐渐减小为零，就是说电路中电流仍保持原来方向继续流动。这个电流又使电容器在反方向上重新充电。在反方向充电过程中，随着电流的减小，线圈周围的磁场逐渐减弱。同时，电容器两极板带上相反的电荷。电容器里产生反方向的电场，并且随着极板上电荷的逐渐增多而增强。这时，磁场能逐渐减少，电场能逐渐增加，电路的磁场能逐渐转变为电场能。当电流减少到零时，磁场消失，在磁场消失的瞬间，电场达到最强，磁场能全部转化为电场能（图 16—2 丙）。

与单摆相类比，摆球到达平衡位置由于惯性并不能停在平衡位置，而是继续沿原方向运动。这时速度不断减小，当减小到零时达到反方向的最高点。在这一过程中摆球的动能逐渐减小而势能逐渐增大，当摆球达到反方向最高点的瞬间，摆球的动能全部转化为势能。

此后，被反向充了电的电容器又开始放电，产生反方向的放电电流。随着电容器极板上的电荷逐渐减少，电场能又逐渐转变为磁场能。不过，电流和磁场的方向都跟前次的相反。放电完了时，电场能全部转变为磁场能（图 16—2 丁）。接着又是给电容器再度充电的过程，磁场能又转变为电场能（图 16—2 戊）。

与单摆类比，摆球达到最高点反方向向平衡位置运动，当达到平衡位置时，势能全部转化为动能。接着又由平衡位置继续摆动到最高点，动能又都转化为势能。

上述过程反复循环下去，有如单摆做简谐振动一样，在电路中就出现振荡电流（图 16—3 甲）。

在振荡电路里产生振荡电流的过程中，电容器极板上的电荷，通过线圈的电流，以及跟电荷和电流相联系的电场和磁场都发生周期性的变化，这种现象叫**电磁振荡**。

阻尼振荡和无阻尼

振荡 在电磁振荡中，

如果没有能量损失，振

荡应该永远持续下去，

电路中振荡电流的振幅

应该永远保持不变，这

种振荡叫做**无阻尼振荡**

或等幅振荡（图 16—3

甲）。

但是，由于任何电

路都有电阻，有一部分

能量要转变成热，以后还要学习到，还有一部分能量要辐射

到周围空间中去。这样，振荡电路中的能量要逐渐损耗，振

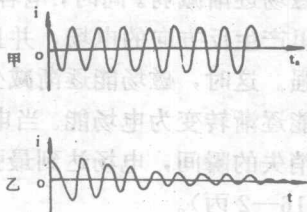


图 16—3 甲：无阻尼振荡；

乙：阻尼振荡

荡电流的振幅要逐渐减小，直到最后停止下来，这种振荡叫做**阻尼振荡**或**减幅振荡**（如图 16—3 乙所示）

如果能适时地把能量补充到振荡电路中，用来补偿电路中的能量损耗，那么在振荡电路中也可以得到无阻尼振荡。振荡器是靠晶体管（或电子管）周期性把电源的能量补充到振荡电路中去的。

练 习 一

(1) 在发生电磁振荡的过程中，说明电容器极板上的电荷、极板间的电压、两板间的电场、电场能、以及线圈中的电流、磁场、磁场能变化的对应关系。

(2) 画一条按正弦规律变化的振荡电流的曲线，并在这条曲线上标出对应于图 16—2 中甲、乙、丙、丁、戊各个时刻电流值的点。

(3) 在 LC 振荡电路中，当电容器放电完毕的瞬间：

- A. 电场能正向磁场能转化；
- B. 磁场能正向电场能转化；
- C. 电场能向磁场能转化刚好完毕；
- D. 电路中电流最弱。

(4) 图 16—4 所示为某振荡电路中电流随时间变化的关系图线，_____时刻电容器刚好充电完毕，_____时刻线圈中磁感应强度最大。在一周期内，电容器充、放电各进行_____次。

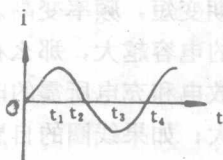


图 16—4

二、电磁振荡的周期和频率

研究电磁振荡时要用周期和频率这两个概念。

电磁振荡完成一次周期性变化需要的时间叫周期。一秒钟内完成的周期性变化的次数叫做频率。其符号、单位都与机械振动相同。

振荡电路中发生电磁振荡时，如果没有能量损失也不受其他外界的影响，这时电磁振荡的周期和频率叫做振荡电路的固有周期和固有频率，简称振荡电路的周期和频率。

LC 回路的周期和频率跟哪些因素有关呢？

重做图 16—1 的演示实验，如果改变电容器的电容 C 或者改变线圈自感系数 L 的大小，电流表的指针左右摆动一次的时间就改变，这说明振荡电流的周期跟振荡电路中的电容及电感系数有关。可以看到：电容或电感增加时，周期变长，频率变低；电容或电感减小时，周期变短，频率变高。

这是因为在振荡电路中电容器的电容越大，那么在同一电压下它所带的电量就越多，因此放电和充电所需的时间就越长，所以振荡电流的周期也就越大；如果线圈的自感系数越大，那么它阻碍电流增强或减弱的作用也越大，放电和充电需要的时间也就越长，于是振荡电流的周期也就越大。

进一步研究证明，振荡电路的固有周期 T 和固有频率 f 跟自感系数 L 和电容 C 的关系是：

$$T = 2\pi \sqrt{LC}, \quad f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

上面式子中的 T 、 f 、 L 、 C 的单位是秒，赫兹，亨利，法拉。

因此，只要适当地选择电容器和线圈，就可以获得我们

所需要的固有周期和固有频率。同样，在需要改变电路的固有周期和固有频率的时候，可以通过改变电路中电容或电感的办法来实现。

练 习 二

(1) 要想增大 LC 振荡电路的频率，下述哪些方法是正确的？

- A. 增大电容器极板的相对面积；
- B. 减少电感线圈的匝数；
- C. 增加电感线圈的匝数；
- D. 升高电容器的充电电压。

(2) 在一个固有频率为 f 的振荡电路里，如果将电容器的电容量减小一半，则它的振荡频率将变为：

- A. $\frac{f}{2}$ ；
- B. $\sqrt{2}/2f$ ；
- C. $2f$ ；
- D. $\sqrt{2}f$ 。

(3) 超外差式收音机中的中频变压器由 LC 电路组成，其固有频率为 465KH_z 。已知电容器的电容为 200PF ，那么线圈的电感系数应是多少？

(4) 在线圈 L 和可变电容器组成的振荡电路中，线圈的自感系数可以从 4mH 变到 0.1H ，电容器的电容可从 3.6PF 变到 90PF 。求这个振荡电路的最高频率和最低频率各是多少？

(5) LC 振荡电路中， $L=2\times 10^{-4}\text{H}$ ， $C=2\times 10^{-8}\text{F}$ ，其固有周期为多少？电容器两板带电量从最大变为零的最短时间为多少？

三、电磁场和电磁波

机械振动可以产生机械波,电磁振荡也可以产生电磁波。19 世纪 60 年代,英国物理学家麦克斯韦 (1831—1879),在总结前人研究电磁现象成果的基础上,建立了完整的电磁场理论。这个理论不仅全面地说明了当时已知的电磁现象,而且预言了电磁波的存在,20 多年以后,德国物理学家赫兹通过实验证实了电磁波的存在。下面介绍一下麦克斯韦这个理论。

变化的磁场产生电场 这是电磁场理论的第一个要点。在变化的磁场中放一个闭合电路,在这个闭合电路里要产生感应电流,这是我们学过的电磁感应现象。而我们知道形成电流必须具备两个条件:一是要有可以移动的自由电荷;二是要有迫使电荷作定向移动的电场。那么使电路中产生感应电流的电场是从哪里来的呢?麦克斯韦认为是变化的磁场产生了一个电场,这个电场驱使导体中的自由电子作定向的移动,产生了电路中的感应电流。麦克斯韦进一步把这种用场来描述电磁感应现象的观点推广到不存在闭合电路的情况。他认为,在变化的磁场周围产生电场,是一种普遍存在的现象,跟闭合电路是否存在无关 (图 16—5 乙)。

变化的电场产生磁场 既然变化的磁场能够产生电场,相反地,变化的电场是否也能够产生磁场呢?麦克斯韦研究了电现象和磁现象的相似和联系,从理论上预言了:既然变化的磁场可以在周围空间产生电场,那么,变化的电场也可以在周围空间产生磁场,这是电磁场理论的第二个要点。

同空间内磁场的变化是由电流产生的，电流的变化是总磁场的变化（图 16—5）

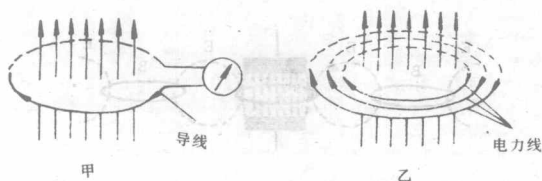


图 16—5 变化的磁场产生电场（磁场增强时）

任何变化的磁场，都会在它周围的空间产生电场；任何变化的电场，都会在它周围的空间产生磁场。

这就是英国物理学家麦克斯韦在法拉第等人研究电磁感应成果的基础上概括出来的，它是电磁场理论中最基本的内容。

根据麦克斯韦的理论，在给电容器充电或电容器放电的时候，不仅导体中的电流要产生磁场，而且在电容器两极间周期性变化着的电场周围也要产生磁场（图 16—6）。

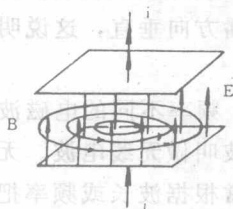


图 16—6 电容器充电时，变化的电场产生了磁场

麦克斯韦根据自己的理论进一步预言，如果在空间某区域中有周期性变化的电场，那么，这个变化的电场就在它周围空间产生周期性变化的磁场；这个变化的磁场又在它周围空间产生新的周期性变化的电场……。如此继续下去，周期性变化的电场和周期性变化的磁场不断地相互转换，相互联系着，形成一个不可分离的统一体，这就是电磁场。这种变化的电场

和变化的磁场总是交替产生，并且由发生的区域向周围空间传播（图 16—7）。电磁场由发生区域向远处的传播就是电磁波。

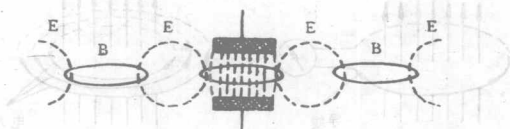


图 16—7 电磁波的产生

麦克斯韦还从理论研究发现，在真空中电磁波的传播速度跟光速相等，即任何电磁波在真空中传播的速度都是 $C=3.00 \times 10^8 \text{m/s}$ 。

我们以前学过，波的传播速度 v 等于波长 λ 和频率 f 的乘积，即 $v=\lambda f$ 。这个关系对于电磁波也是适用的。

电磁波在传播过程中，每处的电场方向和磁场方向总是相互垂直并且和该处的电磁波的传播方向垂直，这说明电磁波是一种横波。

各种电磁波的传播速度都是 C ，频率不同的电磁波的波长不同。无线电技术中使用的电磁波叫做无线电波。无线电波的波长从几毫米到几十千米。通常根据波长或频率把无线电波分成几个波段，如下表所示。

波 段	波 长	频 率	传播方式	主要用途
长 波	30000 —3000m	10—100KHz	地 波	超远程无线电通讯和导航
中 波	3000 —200m	100 —1500KHz	地波和 天 波	天线电广播 和电报通讯
中短波	200—50m	1500 —6000KHz		
短 波	50—10m	6—30MHz	天 波	

续表

波 段		波 长	频 率	传播方式	主要用途
微 波	米 波	10m—1m	30 —300MHz	近似直 线传播	无线电广播、 电视、导航
	分米波	10—1dm	300 —3000MHz	直线传播	电视、雷达、 导航
	厘米波	10—1cm	3000 —30000MHz		
	毫米波	10—1mm	30000— 300000MHz		

练 习 三

(1) 关于电磁振荡和电磁波，下述哪些论述是正确的？

- A. 当 LC 电路中有振荡电流时，电路中就发生了电磁振荡；
- B. 变化的电场产生磁场；
- C. 均匀变化的磁场周围产生均匀变化的电场；
- D. 周期性变化电场周围产生周期性变化的磁场；
- E. LC 电路中电场能和磁场能的周期性交替变化叫电磁振荡；
- F. 电磁振荡在空间里的传播叫电磁波。

(2) 真空中的电磁波都具有相同的：

- A. 频率； B. 波长； C. 波速； D. 能量。

(3) 对于声波和电磁波，以下哪些说法是正确的？

- A. 它们在真空中都能够传播；
- B. 它们都能发生反射；
- C. 它们的频率不同；
- D. 它们都是本质上相同的波。