

广 州 市 中 学

# 物 理

教学参考资料

高中二年级

## 目 录

|     |               |     |
|-----|---------------|-----|
| 第一章 | 磁场 电磁感应·····  | 1   |
| 第二章 | 交流电 交流电路····· | 10  |
| 第三章 | 三相交流电·····    | 23  |
| 第四章 | 电子技术基础·····   | 37  |
| 第五章 | 机械振动和机械波····· | 59  |
| 第六章 | 电磁振荡和电磁波····· | 80  |
| 第七章 | 光的本性·····     | 87  |
| 第八章 | 原子结构·····     | 95  |
| 第九章 | 原子核和原子能·····  | 103 |

# 第一章 磁场 电磁感应

## 一、教学目的要求

1. 认识磁场的客观存在, 理解磁力线的意义, 认识磁场对电流的作用, 掌握左手定则。掌握磁感应强度、磁通量、磁通密度等概念。

2. 认识电流会产生磁场, 掌握判定电流的磁场的方法, 了解用分子电流解释磁现象的本质。

3. 认识电磁感应现象及其产生条件, 掌握感生电流、感生电动势的概念, 能熟练运用判定感生电流方向的右手定则和楞次定律, 掌握法拉第电磁感应定律。

4. 初步了解磁电式仪表 回旋加速器、磁流体发电的基本原理。

5. 了解自感现象和自感系数的物理意义, 以及自感现象在实际中的应用。

## 二、教材说明

1. 本章教材内容在高中电学中具有承前启后的作用, 是高中电学的重点内容之一。通过本章教学, 可以使学生理解电现象和磁现象的联系及其规律; 为今后学习交流电、交流电路、电子技术知识打下基础。

2. 本章教材可分为三个单元: 第一单元介绍磁场, 包括基本磁现象、电流的磁场、磁现象的电本质以及电流的磁现象在生产技术上的应用。教材从复习初中学过的基本磁现

象入手,引出磁场概念,指出磁场是一种物质,然后通过演示实验,归纳电流的磁场的规律。在这基础上,揭示磁现象的电本质和介绍电流的磁效应在生产技术上的应用。第二单元介绍磁场对电流的作用。包括磁场对电流的作用规律、磁感应强度、磁电式仪表的构造原理、洛仑兹力、回旋加速器、磁流体发电等。通过演示实验,介绍磁场对电流的作用,总结出左手定则,从磁场对电流的作用跟磁场的强弱有关,导出磁感应强度,进而介绍磁通量和磁通密度等概念,在这基础上介绍磁电式仪表的工作原理。为使学生了解磁场对电流的机械作用的微观本质,介绍了洛仑兹力。为使学生了解一些现代科学的知识,教材简介获得高能粒子的装置——回旋加速器以及磁流体发电的基本原理。第三单元介绍电磁感应,包括产生感生电流的条件、右手定则、楞次定律、法拉第电磁感应定律和自感现象等。教材先通过演示实验,归纳出产生感生电流的条件,并指出闭合电路的部分导体切割磁力线,实质上是闭合回路中磁通量发生变化。接着,通过实验总结出右手定则和楞次定律,在定性实验的基础上,导出法拉第电磁感应定律,最后,以楞次定律为指导,结合演示实验,研究电磁感应的一种特殊现象——自感现象及其在生产实际中的应用。

3. 本章的重点是磁场对电流的作用的规律——左手定则、产生感生电流的条件、右手定则和楞次定律、法拉第电磁感应定律和自感现象等。

磁感应强度是从磁场对通电导线的作用力跟导线长度与导线中电流强度的乘积之比来引入的,学生对这种引入物理量的方式,还不很习惯,对此会感到一定的困难。

楞次定律是掌握电磁感应现象的规律的关键内容,但对

怎样归纳出这个定律和要熟练地应用这个定律，其中步骤较多，会感到困难，这是教学上的难点。

### 三、教学建议

1. 课时安排：共19课时。

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 一、磁场                       | 2 课时， |
| 二、磁场对电流的作用 磁感应强度           | 3 课时， |
| 三、磁场对通电线圈的作用 磁电式<br>仪表工作原理 | 1 课时， |
| 四、带电粒子在磁场中运动时受到的力          | 1 课时， |
| * 五、回旋加速器                  | 1 课时， |
| * 六、磁流体发电                  | 1 课时， |
| 七、电磁感应现象                   | 4 课时， |
| 八、实验：研究电磁感应现象              | 1 课时， |
| 九、感生电动势                    | 2 课时， |
| 十、自感现象                     | 1 课时， |
| 复习课                        | 2 课时。 |

2. 为了加深学生对磁感应强度的理解，可以对比电场、电场强度的概念进行教学。

电荷周围空间存在着电场，磁体（或通电导线）周围空间存在磁场。电场对其中的电荷有力的作用，磁场对其中的通电导线（电流）有力的作用。描述电场的力的性质用电场强度，描述磁场的力的性质用磁感应强度。

在电场某一点上，点电荷所受电场力  $F$  跟电荷的电量  $q$  的比值 ( $\frac{F}{q}$ ) 是一恒量。如果电场不是均匀的，则在不同的点上，这比值一般不相同，所以某点处的比值反映了该点处

电场的性质，叫做电场强度。

而在磁场某一位置上，通电直导线所受磁场力  $F$ ，跟导线中电流  $I$  与导线长度  $L$  的乘积  $IL$  的比值 ( $\frac{F}{IL}$ ) 也是一恒量。如果磁场不是均匀的，则在不同的位置，这比值一般不相同。因此某一位置处的比值反映了该位置磁场的性质，叫做磁感应强度。

磁感应强度的单位，教材只介绍了国际单位制的单位——特斯拉。至于另一较小的单位——高斯，虽然在电工计算中也有较多的应用，但此处暂不介绍对本册教材以后的学习没有影响，考虑了电磁单位比较复杂，故暂时不宜多作介绍。

为了使教材图 1—14 的演示实验效果明显，蹄形磁铁的磁性要强和使通电导线在磁场中的有效长度长些，为此可将几个蹄形磁铁并在一起使用。

3. 磁通量和磁通密度是两个不同的物理概念。磁通量是指穿过磁场中某一面积的磁力线的条数，不论这个面积是平面或曲面，也不论这个面积是否跟磁场方向垂直，上述概念都正确。磁通密度是指穿过垂直于磁场方向的单位面积的磁通量，不是穿过任意方向的单位面积的磁通量。但在匀强磁场中，两者有如下的关系：

$$\phi = BS。$$

式中  $\phi$  是磁通量， $B$  是磁通密度， $S$  是垂直于磁场方向的平面的面积。

4. 当电流方向跟磁感应强度方向成  $\theta$  角时，则磁场对电流的作用力为  $F = BIL\sin\theta$ 。学生对这公式较难理解，对此，要注意分析以下两种特殊情况：当  $B$  与  $I$  互相垂直时，

$F = BIL$ ，当  $B$  与  $I$  平行时， $F = 0$ 。在这基础上引导学生研究  $B$  与  $I$  成任意角度  $\theta$  时的一般情况。这时可将磁感应强度  $B$  分解成平行和垂直于电流方向的两个矢量  $B_1$  和  $B_2$ ，如图1.1所示。

$F_1 = B_1 IL$ ，因  $B_1$  与电流方向平行，所以  $F_1 = 0$ ；

$F_2 = B_2 IL$ ，但

$B_2 = B \sin \theta$ ，所以

$F = F_2 = BIL \sin \theta$ 。

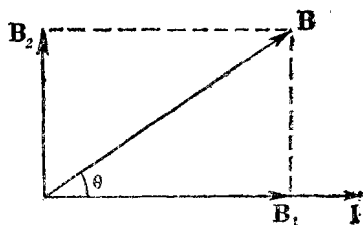


图1.1

5. 讲好楞次定律，关键在于做好课本图1—35的实验，并逐步进行分析总结。实验之前，应首先说明螺线管的绕法，再用一节旧的干电池测定电流计指针偏转的方向与电流流入的方向的关系，其中电流计用大型演示电流计较好。实验时，使磁棒一极插入或拉出线圈，从电流计指针的偏转方向即可确定螺线管中电流的方向，再由螺线管中电流的方向，用右手螺旋法则判定感生电流的磁场的方向，然后比较感生电流的磁场与原来磁场的关系，最后归纳出楞次定律。在分析时，要特别注意讲清“阻碍”的含意。当原磁场增强或闭合电路里的原有磁通量增多时，感生电流的磁场总是跟原磁场的方向相反（即阻碍原磁场增强）；当原磁场减弱或闭合电路里的原有磁通量减少时，感生电流的磁场总是跟原磁场的方向相同（即阻碍原磁场减弱）。

还须告诉学生，楞次定律只提供了判断感生电流方向的途径。要确定感生电流的方向还要运用右手螺旋法则。因此，可按教材说明应用楞次定律的步骤，明确判断的具体方

法。讲清这点后，便可让学生在课堂上练习判断教材图 1—39 的感生电流方向，并通过演示实验加以验证。

为了使学生对楞次定律的理解，在归纳出楞次定律后，还可应用能的转化和守恒定律对电磁感应的过程进行分析。当磁铁接近线圈的时候，在线圈靠近磁铁的一端出现同性的磁极；当磁铁离开线圈的时候，在线圈靠近磁铁的一端出现异性磁极。而同性磁极互相排斥，异性磁极互相吸引，因此，无论使磁铁接近或离开线圈，我们都要克服磁极间的排斥力或吸引力作用。

我们做功的结果，在线圈中产生了感生电流，感生电流同所有电流一样，是具有能量的。线圈中有感生电流，也就是线圈中有电能，这电能是由运动的磁铁的机械能转化而来的。就是说，楞次定律是完全符合能的转化和守恒定律的。

要使学生掌握楞次定律，还必须加强例题分析和练习，可以在总结出楞次定律后，安排一节堂上练习。

6. 对法拉第电磁感应定律  $e = k \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ ，教学上要注意指出磁通量的变化率  $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ ，不是磁通量的变化量，而是磁通量变化的快慢，这个“变化”，包括有“增”或“减”的含义。时间愈短，磁通量变化愈大，则磁通量的变化率就越大，感生电动势也就愈大。

教材从闭合电路的部分导体在磁场中切割磁力线运动这一角度讨论产生感生电动势的大小时，从公式  $e = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$  推导出  $e = BLV \sin \alpha$ ，这对下一章讨论交流电的产生和变化规律是方便的。教学时，应注意公式中规定的单位。最后，需要指出产生电磁感应现象的闭合电路中，感生电动势的方向跟

感生电流的方向是一致的。判断感生电动势的方向同样可以应用右手定则或楞次定律。

在本节教学结束时，可以指出线圈中有磁通量变化的部分或导体切割磁力线的部分，因为产生感生电动势，实际上就成为一个电源。

7. 自感现象的教学，首先要做好接通电路时的自感现象和断路时的自感现象两个演示。

接通电路时的自感现象的演示（课本图 1—50），常常效果不够理想。做好这个实验关键是线圈的自感系数要较大，而直流电阻要小，就是说匝数要多，但导线不能太细。如没有专用的自感线圈，可以借用电子管充电整流器的变压器的初级绕组作自感线圈，两只灯泡用 6~8 伏的小灯泡，电池电压在 6~12 伏之间调整，要使接通电路后灯泡不太亮为宜。

有些学校用演示用万用变压器 0~220 伏的线圈，套在闭合铁芯上，作为自感线圈，两个灯泡用 6~8 伏汽车用的小灯泡，电源用 6 伏蓄电池。实验时先按下电键，调整两个小灯泡亮度相同，且不要太亮。这样进行实验也可看清那个灯泡先亮。

断路时的自感现象的演示可用演示用万用变压器 0~12 伏的线圈套在闭合铁芯上作为自感线圈，灯泡用 3.8 伏小灯泡，电源用 6 伏蓄电池，并可在电路中串联一个滑动变阻器，以调节电路中的电流。

有关自感的实验可参阅广东师院《教育革命参考资料》1973 年第五期“关于自感实验的一些问题”一文。

## 8. 演示实验介绍

### ① 磁场对电流的作用

如图 1.2 所示, H 为中间带抽头的线圈。演示可分两步进行。首先将 O 和  $N_2$  接上电源, 这时整个线圈通电, 改变电流, 可看到线圈受力偏离与垂直方向的角度随电流的大小而变化。其次将 O 和  $N_1$  接上电源, 这时部分线圈通电, 使电流不变, 可看到线圈受力偏离与垂直方向的角度, 随线圈的多少 (即随 L 的长短) 而变化, 这样便可定性说明  $F$  与  $I$  和  $L$  的关系。

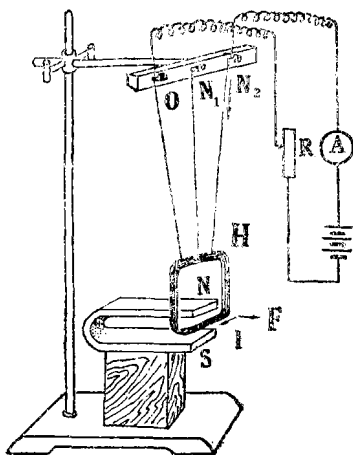


图 1.2

## ② 导线切割磁力线产生感生电流的演示

由于单条导线作切割磁力线运动产生的感生电流很弱, 电流计指针偏转的角度很小。建议用比较粗的纱包线绕成一个数十匝的矩形线圈, 用线圈的一个边代替单条导线来切割磁力线, 这样电流计指针的偏转角度可增大。

## 四、附录

### 1. 练习答案

### 二、磁场对电流的作用 磁感应强度

(5) 6.53 特斯拉。

### 九、感生电动势

(2) 4 伏, 2 伏, 约 3.46 伏, 0 伏。(3) 600 伏。

(4) 12000伏。

十、自感现象

(2) 12000伏。(3) 0.025亨利。

## 2、感生电动势是怎样产生的

设导体AB在匀强磁场中以速度  $V$  向右移动 (图1.3)。导体中原来分布均匀且等量的正、负电荷,也就跟随着导体沿  $V$  方向运动。在磁场中运动的电荷受到洛仑兹力的作用,结果,导体中B端的自由电子便向A端运动,B端因缺少电子而呈现带正电,A端因增加多余的电子而呈现带负电。因此,在A和B两端之间便形成一个电场(电场强度的方向由B指向A),这电场对自由电子的作用力阻碍着自由电子向A端移动。导体继续沿  $V$  方向运动,其中的自由电子在磁场

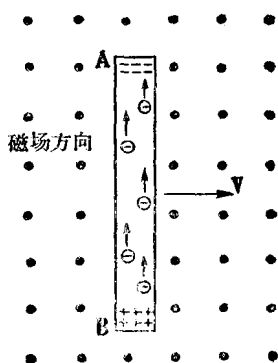


图1.3

力作用下不断向A端移动,A、B间形成的电场越来越强,自由电子受到的电场力也越来越大,最后当电场力与洛仑兹力达到平衡时,自由电子就不再向A端移动,此时A、B间的电势差最大(B端的电势高于A端的电势),这就是导体AB由于电磁感应而产生的感生电动势。

磁场对自由电子的作用力,正如电池中的非静电力一样,都是一种外力,这种外力对电荷做功,使电荷的能量增加,这正是一切电源能量的来源。

## 第二章 交流电 交流电路

### 一、教学目的要求

1、了解发电机的构造原理，掌握交流电的变化规律和交流电路的基本特性。理解交流电的最大植、瞬时值、周期、频率、相位、相位差等概念的物理意义。

2、初步了解交流电的有效值、功率和功率因数的物理意义和计算方法。

3、了解日光灯电路原理，初步掌握日光灯电路的安装和正确使用仪表等技能。

### 二、教材说明

本章教材的中心是应用电磁感应和右手定则等基本知识，研究线圈在匀强磁场中匀速转动切割磁力线而产生交流电的问题。重点是分析交流电的变化规律和交流电路的基本特性。这两部分知识是后面学习三相交流电、电子技术等章节的基础，它与“振动和波”一章也有密切联系，也是电工学的基础知识。

本章教材可分为四个单元：第一单元介绍交流电的产生和变化规律；第二单元介绍纯电阻、纯电感和纯电容三种交流电路；第三单元介绍日光灯电路；第四单元简述交流电的功率和功率因数。

第一单元首先通过交流发电机模型，说明交流发电机的构造原理，使学生明确什么是交流电和怎样产生交流电；进

而分析线圈从竖直平面（课本图2—3中是中性面）这一特殊情况开始转动时产生的感生电动势，并导出了反映交流电变化规律的正弦函数  $e = E_m \sin \omega t$ ，同时引出感生电动势的最大值和瞬时值这两个重要概念；最后用函数图象描绘交流电的变化规律——正弦图象。用函数式和函数图象描述交流电的变化规律，加深学生对这一重点内容的理解。

这单元的教学必须使学生掌握交流电变化规律的正弦函数表示法和函数图象。必须理解的基本概念有最大值、瞬时值、周期、频率、相位和相位差等。特别是理解两个相同线圈由于位置不同，因而它们所产生的感生电动势便存在有相位差这一点更加重要。它将为第二单元讲述电流与电压之间的相位差打下一定的基础。上述这些概念不仅在本章中描述交流电变化规律时常常用到，而且在描述振动和波的规律性时也将常常用到。

交流电的有效值是电工计算和测量时经常要用的重要物理量。但在现教材中不要求严格的数学推导，只定性说明它的物理意义，然后指出  $I_m = \sqrt{2} I$  和  $U_m = \sqrt{2} U$  的关系，使学生能掌握有效值的计算方法。

第二单元是介绍一般交流电路所具有的基本特性。对纯电阻、纯电感和纯电容三种理想电路，分别通过实验观察，然后作定性分析，引出结论和公式。使学生初步理解由于电阻、电感、电容这些不同负载的不同特性，因而对交流电产生不同的作用。其表现为一方面影响电流强度的大小，另一方面是影响电流和电压之间的相位（纯电阻电路则不影响相位）。相位差是本单元的关键问题。但要学生从理论上理解产生相位差的原因是困难的。教材只是用电流、电压的正弦函数图象来表示相位差，并对纯电感电路产生相位差的

原因作简单分析，对纯电容电路则只介绍产生电流超前电压  $\frac{\pi}{2}$ ，而不作分析。

这一单元的教材，还把学生过去掌握的，应用于直流电路的欧姆定律扩大到交流电路中来应用，使学生掌握单纯计算感抗或容抗的基本公式。

第三单元介绍日光灯电路的组成和原理，把前面的基础知识应用到日光灯电路中。

第四单元介绍交流电路的功率因数和提高功率因数的意义。教材采用的是用实验事实来分析并引入功率因数的办法，而不采用严密的数学推导，这是因为这部分内容不是教材的重点，在这里使学生遇到过大的困难是不适宜的。

### 三、教学建议

1. 课时安排：共16课时。

|                 |       |
|-----------------|-------|
| 一、交流电的产生和变化规律   | 4 课时， |
| 二、纯电阻电路         | 1 课时， |
| 三、纯电感电路         | 2 课时， |
| 四、纯电容电路         | 2 课时， |
| 五、日光灯电路         | 1 课时， |
| 六、实验：日光灯的安装     | 2 课时， |
| * 七、交流电的功率 功率因数 | 2 课时， |
| 复习课             | 2 课时。 |

2. 交流电的产生和变化规律是重点内容，教学时首先要做好课本中的图 2—1 交流发电机模型的演示实验，使学生具备必要的感性认识。实验时要引导学生注意电流计指针的摆动方向和线圈运动方向的关系，同时要求每个学生应用

右手定则判定线圈中感生电流的方向，并明确感生电流的方向是随时间作周期性变化的。

分析课本中图 2—2 的线圈产生的感生电动势的变化规律时，应讲清最大值和瞬时值的物理意义，并强调线圈中的感生电动势在任何瞬间的变化，都决定于夹角  $\omega t$ （这夹角由速度  $V$  和磁感应强度  $B$  的方向决定）。为了加深理解最大值  $E_m$  和夹角  $\omega t$  对瞬时值  $e$  的影响，可以在导出公式  $e = E_m \sin \omega t$ （其中  $E_m = 2BLV$ ）之后，再用具体数字代入上式计算，分别求出  $E_m$  和各个瞬时值。例如设  $B = 0.5$  特斯拉， $L = 0.2$  米， $V = 4$  米/秒， $\omega t$  分别为  $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、……，根据这些数据，在黑板上用横坐标表示  $\omega t$ （或  $t$ ），纵坐标表示  $e$ ，便可描出课本图 2—3 的正弦曲线。然后可提出课本

练习题（2）让学生思考议论，加深理解公式  $e = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$  的物理意义。

为了使交流电的变化规律形象化，建议制作土教具配合演示〔见附录演示实验介绍〕。

讲授交流电的相位和相位差时，应先讲清楚一个线圈产生的感生电动势的相位概念，进而比较两个相同线圈所产生的感生电动势的相位差。教学时应充分利用教具，做好课本图 2—5 的演示实验，使学生对相位差的概念获得感性的认识，然后再应用图示法分析它的物理意义。

### 3. 讲授纯电阻、纯电感、纯电容的电路

首先应按课本做好演示实验，在观察实验的基础上来讲述它们对交流电所表现的不同特性——电阻、感抗和容抗，并应用相位差的概念和图象来表示三种电路中的电流强度和电压的相位关系。讲课时，教师可向学生交代清楚，所谓纯

电阻的含义是：在交流电路中，如果电阻的作用比起电感和电容的作用大得多，因而感抗和容抗的作用都可忽略不计，这种电路就可以认为是纯电阻电路。对于纯电感和纯电容的意义，也与此相似。纯电路是相对而言的，在一般交流电路中，电阻、电感和电容的作用是同时存在的。

4. 要做好测量日光灯功率的演示实验，使学生通过实验观察和计算，初步理解功率因数的物理意义和交流电功率及功率因数的简单计算方法。

#### 四、附录

##### 1. 练习答案

##### 一、交流电的产生和变化规律

(3) 85伏, 1.41安。(4) 各 $120^\circ$ ;  $E_m$ ,  $-\frac{1}{2}E_m$ ,  $-\frac{1}{2}E_m$ 。

##### 三、纯电感电路

440欧, 0.5安

##### 四、纯电容电路

$3.1 \times 10^8$ 欧, 0.35微安。

##### 七、交流电的功率 功率因数

(1) 0.7。 (2) 3.4安。

##### 2. 补充习题

(1) 在某电路中，用交流电压表测得电压为220伏，问这电路中的电压有效值和最大值各是多少？

(答案：220伏；311伏。)

(2) 若上题的交流电频率为50赫兹，它的函数表示式为  $u = U_m \sin \omega t$ ，问当  $t_0 = 0$ ,  $t_1 = 0.05$  秒时电压的瞬时值各多少？(提示： $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ 。)

(答案:  $u_0 = 0$ ,  $u_1 = 0$ 。)

### 3. 演示实验介绍

单相交流电的正弦图象演示 图 2.1 甲是示教板背面, 在木板上装一个分线器, 1、2、3……是分线器的接触点, 用导线把排成正弦图象的13个小灯泡跟3伏电池组及转柄连成闭合回路。其中在 $\omega t$ 坐标上的灯泡1、7、13不接电池, 分线器与转柄的接触点“。”代表线圈的横截面。图 2.1 乙是从示教板正面来看, 当转柄转到1、7、13位置(1和13两位置重合)时, 正弦图象中相应位置1、7、13的小灯泡不发光(表示电流为零)。当转柄转到2至6和8至12位置时, 则转柄把图象中相应位置的小灯泡逐个接通, 使它发光。这样, 转柄转一周, 13个小灯泡顺次发光刚好组成一个正弦图象。13个小灯泡在选择时应注意它们的不同亮度,

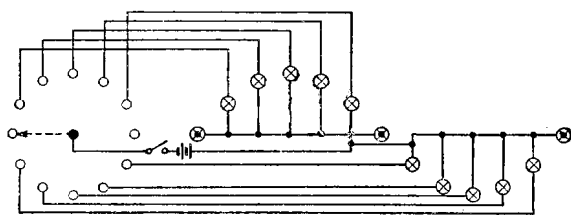


图2.1(甲)

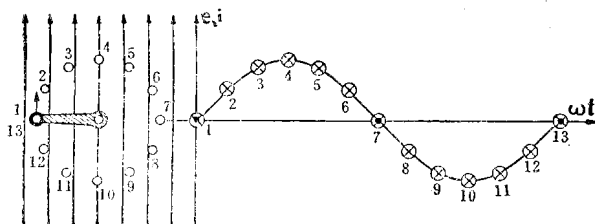


图2.1(乙)