

中学生科学素养丛书

高中物理读本

Gaozhong Wuli Duben

选修3-1

依据教育部《高中物理课程标准》编写

郭炎军 主编

CIS 湖南教育出版社

中学生科学素养丛书

高中物理读本

Gaozhong Wuli Duben

选修 3-1

主编 郭炎军

编委	傅 彤	邓头莲	胡月娥	黄 灿
	阳明媚	王海军	杨同德	戴 欢
	唐 洁	汤小阳	刘晓辉	李飞有
	肖 君	李 政	梅世勇	杨青春
	冯佳瑶	杨 佳	徐运妹	

CIS 湖南教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高中物理读本. 选修 3-1 / 郭炎军主编. —长沙:
湖南教育出版社, 2015.8

ISBN 978-7-5539-2723-7

I. ①物… II. ①郭… III. ①中学物理课—高中—
教学参考资料 IV. ①G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 196485 号

中学生科学素养丛书

高中物理读本 选修 3-1

Gaozhong WuLi Duben

郭炎军 主编

责任编辑: 黄 斌 王又清

责任校对: 崔俊辉

出版发行: 湖南教育出版社 (长沙市韶山北路 443 号)

网 址: <http://www.hneph.com>

电子邮箱: hnjycbs@sina.com

微信服务号: 多点学习

客 服: 电话 0731-85486979

经 销: 新华书店

印 刷: 长沙超峰印刷有限公司

开 本: 16 开

印 张: 6

字 数: 120 000

版 次: 2015 年 9 月第 1 版 2016 年 2 月第 2 版第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5539-2723-7

定 价: 12.00 元

本书若有印刷、装订错误, 可向承印厂调换



前言

PREFACE

教育的一般目标是帮助学生积累与他们将要经历的社会生活相适应的知识、技能和态度,而教育的更高目标却是唤醒个体的思想,成为一个自主的思考者。这意味着科学课程的教育一方面是向学生传授知识,另一方面还要培养学生的科学素养,使受教育者能够不为传统观念所束缚,进而获得某种精神上的自由。科学素养的培养不是空洞的,它渗透在学科知识的学习中。物理学是自然科学中基础的学科之一,物理学是随着人类社会实践的发展而产生、形成和发展起来的,它经历了漫长的发展过程。纵观物理学的发展史,它展示了一幅理论与实验交叉、失败与成功并存、逻辑与非逻辑思维并用的丰富多彩的画面。

当前,如何培养未来具有科学素养的公民已经成为世界各国提高综合国力的重要手段。由经合组织(OECD)发起并实施的国际学生评价项目(Program for International Student Assessment,简称 PISA)就是通过对阅读素养、科学素养和数学素养三个领域的测试,来比较各国的教育成效,从而推导出其在人力资源竞争方面的强弱。

反思我国教育现状,学生知识总量的增加并没有带来其观察世界方式的改变和科学素养水平的明显提高。出现这样的状况,与教师过多关注教学结果而忽略了教学过程中对学生思维能力和科学素养的培养有关。只重分数,不管能力,导致了很多人受过多年教育以后,依然缺乏独立思考和判断的能力。很多受过高等教育的人依然相信所谓的“世界末日”,相信“神医”说的“吃绿豆能治百病”这些荒唐的传言。目前,微信朋友圈和微博之中谣言满天飞,很多传谣者所受教育程度并不低,这不得不引人深思。

但科学素养无法像知识那样直接“教”给学生,必须通过课堂教学与学生自身的需要结合起来协调一致才能真正达到目的,其中,学生自身的阅读就起了极为重要的作用。

本读本从科普著作、科学杂志、网络等各种渠道收集资料,从生活中的物理、物理学史、物理前沿科学等多角度来拓展学生的视野,开拓思维,启迪心智,有利于吸引和培养学生从了解科学到热爱科学。例如,本读本中有古代的司南、吸铁石的介绍,也有原子能、半导体、计算机、激光等许多新科学技术的拓展,有微观世界中的粒子散射实验、X 射线的发现,也有宏观世界中的天体运动、“嫦娥”登月等内容,将这些生活常识、现代技术与课本知识结合起来编入读本之中,能激发学生对生活中物理问题的探索兴趣,进而提高学生的科学探究能力和认识问题、解决问题的能力,从而达到培养和提高学生科学素养的目的。

由于时间有限,错漏之处在所难免,恳请大家不吝批评指正,我们一定在后面的修订中予以改正。

编者

2016 年 1 月

目 录

CONTENTS

专题一 静电场	1
教材解读	1
第一单元 库仑定律	1
第二单元 电势与电势能	3
第三单元 带电粒子的偏转	5
拓展与探究	6
阅读与思考	19
专题二 恒定电流	30
教材解读	30
第一单元 电学基本概念	31
第二单元 电路基本规律	32
第三单元 电学实验	33
拓展与探究	39
阅读与思考	50
专题三 磁场	65
教材解读	65
第一单元 磁场的基本概念	66
第二单元 磁场对运动电荷的作用	68
第三单元 带电粒子在复合场中的运动	70
拓展与探究	71
阅读与思考	77



专题 一

静电场



教材解读

静电场是高中电学内容的开始,是高中阶段重要的基础内容之一。它既是电磁学知识的基础,又是光学等其他物理学知识的重要基础。静电场的核心内容是电场的概念及描述电场特性的物理量。教材分别从力和能的角度来研究电场。首先,教材从电荷在电场中受力入手,引入电场强度的概念,明确它是表示电场强弱的物理量。然后,通过将电场力做功与路径无关和重力做功与路径无关类比,得出电荷在电场中具有由位置决定的能量——电势能。在此基础上,用与引入电场强度相同的方法(比值定义法),引入电场的另外一种描述,即电势的概念。这样,通过几个相关物理概念的讨论,完成对静电场性质的初步认识。

第一单元 库仑定律

1. 元电荷、点电荷

(1)元电荷: $e=1.60\times 10^{-19}\text{ C}$,所有带电体的电荷量都是元电荷的整数倍,其中质子、正电子的电荷量与元电荷相同。电子的电荷量 $q=-1.60\times 10^{-19}\text{ C}$ 。





(2)点电荷:代表带电体的有一定电荷量的点,忽略带电体的大小和形状的理想化模型。

2. 电荷守恒定律

(1)内容:电荷既不会创生,也不会消灭,它只能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分;在转移过程中,电荷的总量保持不变。

(2)电荷的分配原则:两个形状、大小相同的导体,接触后再分开,二者带相同电荷;若两导体原来带异种电荷,则电荷先中和,余下的电荷再平分。

3. 库仑定律

(1)内容:真空中两个静止点电荷之间的相互作用力,与它们的电荷量的乘积成正比,与它们的距离的二次方成反比,作用力的方向在它们的连线上。

(2)表达式: $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$,式中 $k=9.0\times 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$,叫做静电力常量。

(3)适用条件:真空中的点电荷。

(4)库仑力的方向:由相互作用的两个带电体决定,且同种电荷相互排斥,为斥力;异种电荷相互吸引,为引力。

4. 电场强度

(1)定义式: $E=\frac{F}{q}$,适用于任何电场,是矢量,单位: N/C 或 V/m 。

(2)点电荷的场强: $E=\frac{kQ}{r^2}$,适用于计算真空中的点电荷产生的电场。

(3)方向:规定正电荷在电场中某点所受电场力的方向为该点的电场强度方向。

(4)电场强度的叠加:电场中某点的电场强度为各个点电荷单独在该点产生的电场强度的矢量和。

5. 电场线

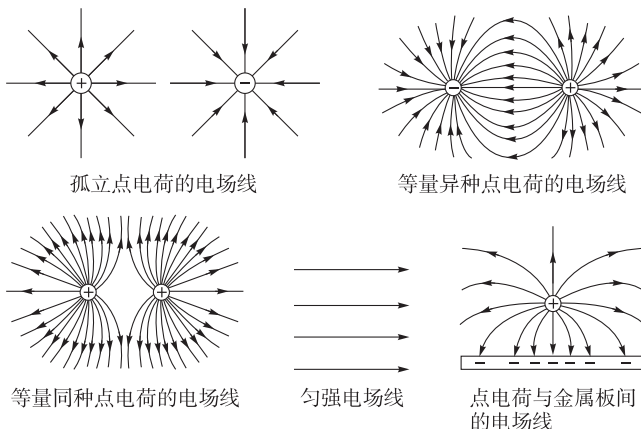
(1)定义:为了形象地描述电场中各点场强的大小和方向,在电场中画出一些有方向的曲线,曲线上每一点的切线方向都跟该点的场强方向一致,曲线的疏密表示电场的大小。

(2)特点:电场线从正电荷或无限远处出发,终止于负电荷或无限远处;电场线



在电场中不相交;电场线不是电荷在电场中的运动轨迹。

(3) 几种典型电场的电场线



6. 电场

(1) 电场的产生: 电荷的周围存在着电场, 产生电场的电荷叫做源电荷。描述电场力的性质的物理量是电场强度, 描述电场能的性质的物理量是电势, 这两个物理量仅由电场本身决定, 与试探电荷无关。

(2) 电场强度: 放入电场中某点的电荷所受的静电力与它的电荷量的比值, 叫电场强度。

定义式: $E = \frac{F}{q}$, 单位: N/C, 方向: 规定与正电荷在该点所受的静电力的方向相同,

则与负电荷在该点所受的静电力的方向相反。也是该点电场线的切线方向。

区别: 定义式 $E = \frac{F}{q}$, 适用于任何电场; 点电荷产生电场的决定式 $E = k \frac{Q}{r^2}$; 电

场强度与电势差的关系 $E = \frac{U}{d}$, 适用于匀强电场, d 是两点沿电场方向的距离。

第二单元 电势与电势能

1. 静电力做功

(1) 特点: 静电力做功与路径无关, 只与初、末位置有关。



(2)计算方法:

① $W=qEd$,只适用于匀强电场,其中 d 为沿电场方向的距离。

② $W_{AB}=qU_{AB}$,适用于任何电场。

2. 电势能

(1)定义:电荷在电场中具有的电势能,数值上等于将电荷从该点移到零势能位置时静电力所做的功。

(2)静电力做功与电势能变化的关系:静电力做的功等于电势能的减少量,即

$$W_{AB}=E_{pA}-E_{pB}=-\Delta E_p。$$

3. 电势

(1)定义:试探电荷在电场中某点具有的电势能 E_p 与它的电荷量 q 的比值。

(2)定义式: $\varphi=E_p/q$ 。

(3)矢标性:电势是标量,有正负之分,其正(负)表示该点电势比零电势高(低)。

(4)相对性:电势具有相对性,同一点的电势因选取零电势点的不同而不同。

4. 等势面

(1)定义:电场中电势相等的各点组成的面。

(2)四个特点:①等势面一定与电场线垂直。②在同一等势面上移动电荷时电场力不做功。③电场线方向总是从电势高的等势面指向电势低的等势面。④等差等势面越密的地方电场强度越大,反之越小。

5. 电势差

(1)定义:电荷在电场中,由一点 A 移到另一点 B 时,电场力做的功 W_{AB} 与移动的电荷的电荷量 q 的比值。

(2)定义式: $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$ 。

(3)电势差与电势的关系: $U_{AB}=\varphi_A-\varphi_B$, $U_{AB}=-U_{BA}$ 。

(4)影响因素:电势差 U_{AB} 由电场本身的性质决定,与移动的电荷 q 及电场力



做的功 W_{AB} 无关,与零电势点的选取无关。

6. 匀强电场中电势差与电场强度的关系

(1) 电势差与场强的关系式: $U_{AB} = Ed$, 其中 d 为电场中两点间沿电场方向的距离。

(2) 电场强度的方向和大小: 电场中, 场强方向是指电势降低最快的方向。在匀强电场中, 场强在数值上等于沿电场方向每单位距离上降低的电势。

第三单元 带电粒子的偏转

1. 电容器

(1) 组成: 两个彼此绝缘且又相距很近的导体。

(2) 带电荷量: 一个极板所带电荷量的绝对值。

(3) 充、放电: ① 充电: 把电容器接在电源上后, 电容器两个极板分别带上等量的异种电荷的过程, 两极板间有电场存在。充电过程中由电源获得的电能储存在电容器中。② 放电: 用导线将充电后的电容器的两极板接通, 两极板上的电荷中和的过程。放电后的两极板间不再有电场, 电场能转化为其他形式的能量。

2. 电容

(1) 定义: 电容器所带的电荷量 Q 与电容器两极板间的电势差 U 的比值。

(2) 意义: 表示电容器容纳电荷本领的物理量。

(3) 定义式: $C = \frac{Q}{U}$ 。

(4) 单位: 1 法拉 (F) = 10^6 微法 (μF) = 10^{12} 皮法 (pF)。

3. 平行板电容器的电容

(1) 决定因素: 平行板电容器的电容 C 跟板间电介质的相对介电常数 ϵ_r 成正比, 跟正对面积 S 成正比, 跟极板间的距离 d 成反比。

(2) 决定式: $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 。



4. 带电粒子在电场中的加速

$$(1) \text{在匀强电场中: } W = qEd = qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2.$$

$$(2) \text{在非匀强电场中: } W = qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2.$$

5. 带电粒子在匀强电场中的偏转

(1) 研究情况: 带电粒子垂直于电场方向进入匀强电场。

(2) 运动形式: 类平抛运动。

(3) 处理方法: 应用运动的合成与分解。

① 沿初速度方向做匀速直线运动, 运动时间 $t = \frac{l}{v_0}$ 。

② 沿电场方向, 做初速度为零的匀加速直线运动。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{加速度: } a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md} \\ \text{运动时间} \left\{ \begin{array}{l} \text{a. 能飞出平行板电容器: } t = \frac{l}{v_0} \\ \text{b. 打在平行极板上: } y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{qU}{md} t^2, t = \sqrt{\frac{2mdy}{qU}} \end{array} \right. \\ \text{离开电场的偏移量: } y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qUl^2}{2mv_0^2d} \\ \text{离开电场时的偏转角: } \tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{qUl}{mv_0^2d} \end{array} \right.$$



拓展与探究

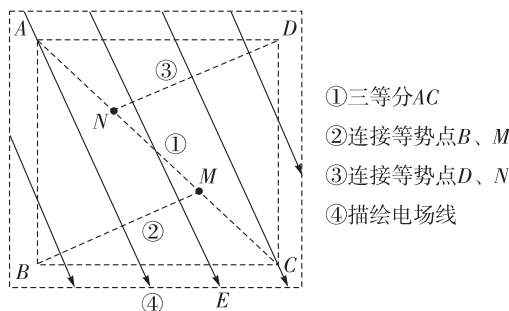
1. 电势的推断及电场线的描绘

在日常生产与生活中, 要知道带电体周围的电场分布情况到底如何, 往往通过电势的测量, 然后描绘出电场线, 再根据电场线的分布情况来判断电场分布情况。那么如何通过电势的测量来描绘电场线呢? 在实际的操作中常利用“等分”的思想找到等电势点, 连接后画出等势面, 再借助电场线与等势面间的关系描绘出电场线。下面通过一个例题来说明。



例:如图所示, A 、 B 、 C 、 D 是匀强电场中一个正方形的四个顶点, 已知 A 、 B 、 C 三点的电势分别为 $\varphi_A = 15 \text{ V}$ 、 $\varphi_B = 3 \text{ V}$ 、 $\varphi_C = -3 \text{ V}$, 由此可以推断 D 点的电势 φ_D 是多少? 试在方框内作出该电场的示意图, 要保留作图时所用的辅助线。

解析:“等分法”处理步骤如下



- ①找出已知点中电势最低的点, 求出其余各点和该点间的电势差;
- ②利用添加分母的方式确定出上述几个电势差之间的关系;
- ③按分母上的数值将对应两点间的连线进行等分, 找到等势点, 画出等势线;
- ④依据等势面的分布及电势的相对高低描绘电场线。

在本题中 C 点电势最低, 则 $U_{AC} = 18 \text{ V}$, $U_{BC} = 6 \text{ V}$

比较后发现, 有: $\frac{U_{AC}}{3} = \frac{U_{BC}}{1}$

故将 A 、 C 连线 3 等分 (B 、 C 连线无需处理), 找到 B 的等电势点 M , 过 D 点作 BM 的平行线 DN , DN 与 AC 的交点 N 就是 D 的等电势点, 而 N 刚好也是 AC 连线上的一个等分点, 电势数值可求。

因 $U_{AN} = 6 \text{ V}$, 所以 $\varphi_D = \varphi_N = 9 \text{ V}$, 虚线框内电场线分布如图中实线所示, 方向垂直 BM 向下。

2. 静电平衡问题

静电平衡问题素有电场中的“迷宫”之称, 那么怎样才能顺利走出迷宫呢? 这就要靠描绘电场的形象工具——电场线, 正所谓“走出迷宫靠引线”!

具体地讲, 就是先设法画出导体周围的几条电场线, 然后结合电场线的分布和



走向进行问题的分析处理。其中,静电场中的电场线有如下特点:(1)起源于正电荷(或无穷远处),终止于负电荷(或无穷远处),不会在没有电荷的地方中断(场强为0的奇异点除外);(2)电场线不能形成闭合曲线;(3)任何两条电场线不会相交。导体达到静电平衡时有以下三个特征:(1)内部场强处处为0;(2)导体表面的电场线与导体表面处处垂直;(3)导体是个等势体。

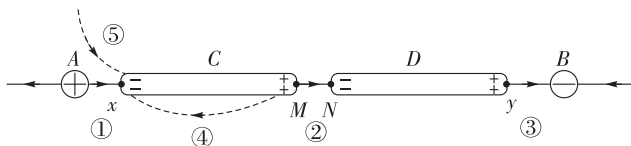
实例分析:

例:如图所示,A、B为带异种电荷的小球,将两个不带电的导体棒C、D放在两球之间,当用导线将C棒左端点x和D棒右端点y连接起来的瞬间,导体中的电流方向如何?



解析:导线中的电流总是从电势高的一端流向电势低的一端,因此解决该问题的关键是要判断出x、y两点电势的相对高低。

依据电场线的特点和处于静电平衡中的导体的特征,画出连接A、B、C、D的几根电场线。务必注意,因静电平衡的导体C为等势体,故电场线④不可能存在,电场线⑤也不可能有,有兴趣的同学可通过反证法证明。因此在画图过程中一定要注意科学性,一般只需画出连接所有导体的几条电场线即可。



沿电场线电势逐渐降低,故由图可知 $\varphi_x = \varphi_M > \varphi_N = \varphi_y$,也就是 $\varphi_x > \varphi_y$,所以用导线连接x、y两点瞬间,导体中的电流方向从x到y。

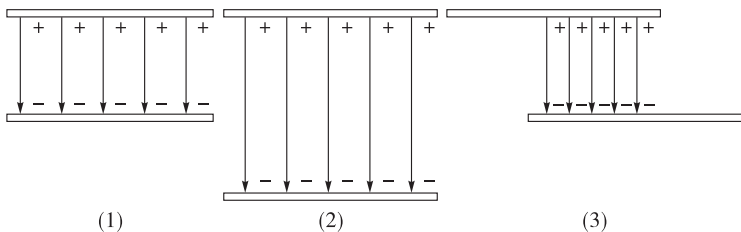
3. 电容器的动态分析

“变中抓不变”是处理动态变化问题的准则,电容器的动态分析也不例外,实际问题一般分两种情况:一是定电压问题,即电容器始终与电源相连,电容器两极板间的电压U保持不变,以此不变量出发讨论其他量的变化。二是定电荷量问题,



即电容器在充电后与电源断开,电容器的带电荷量 Q 保持不变,在此基础上讨论其他量的变化。

其中,第二种情况下板间场强 E 的变化可借助电场线的分布来形象理解。在粗略的情况下,可认为电容器两极板间的电场线只分布在两极板正对的部分,且电场线总条数与电容器所带电荷量 Q 成正比。在 Q 一定(即电场线总条数一定)的情况下,若仅改变板间距离,如图(1)(2),由于两板正对面积不变,则电场线分布的范围不变,所以电场线的疏密程度不会改变,场强不变(但电场线的长度发生了变化);若仅改变正对面积,譬如正对面积减小,如图(1)(3),则电场线分布范围变小,导致电场线分布变密,场强增大。



学习电场,需要有足够的耐心和想象力,一定要注意前后概念、规律之间的内在联系,学会用自己熟悉的知识来与电场进行类比,再通过适当强度的习题训练,归纳出各类问题的处理方法。尤其是在借鉴已有方法的同时,还要善于变通、打破常规,尽量在易懂、易记上做文章,因为只有适合自己的方法才是最好的方法。

4. 示波器光屏上图案的形成与形状分析

示波器是用来直接观察电信号随时间变化情况的一种电子仪器,力学信号、运动学信号、热信号、光信号等均可以通过相应的传感器将它们转化成电压信号,并利用示波器来分析与研究。

在示波器的竖直偏转电极上加上(即“Y 输入”“地”之间输入外部需要研究的电压信号,或将“衰减”旋钮置于“ ∞ ”而使用机内本身提供的加在竖直方向频率 50 Hz 的正弦交流电压)Y 方向的信号电压;在水平偏转电极上加上(即将“扫描范围”旋钮置于 $10 \sim 100 \Omega$ 、 $0.1 \sim 1 \text{ k}\Omega$ 、 $1 \sim 10 \text{ k}\Omega$ 、 $10 \sim 100 \text{ k}\Omega$ 中的一个挡位而使用



机内本身提供的图 1 所示的水平方向的扫描电压,或将“扫描范围”旋钮置于“外 X”挡而从“X 输入”“地”之间输入外部提供的电压) X 方向的扫描电压;那么由电子枪发出的电子将同时参与 X、Y 方向的受控运动,适当选择“扫描范围”旋钮的挡位并调整“扫描微调”旋钮及“衰减”旋钮,即可在示波器的荧光屏上形成清晰的图案。

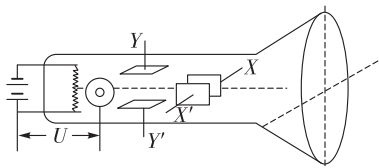


图 1

示波器的内部结构如图 1 所示,如果在偏转电极 XX' 、 YY' 上均不加电压时,电子束必将沿直线传播而打在荧光屏的中心,并在荧光屏中心形成一个小亮斑,调节竖直位移旋钮或水平位移旋钮可以调整光斑的位置。

如果只在竖直偏转电极 YY' 上加上偏转电压(常加信号电压)而在 XX' 电极上不加电压,则:

(1) 荧光屏上的光斑只在竖直方向即 Y 方向上做直线运动,调节水平位移旋钮可使光斑在荧光屏上的任意位置处的竖直线上运动。

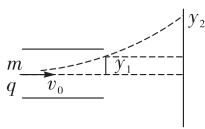


图 2

(2) 光斑偏转距离及运动情况分析:如图 2 所示,由于极板 YY' 很短,故电子在两板间运动的时间极短,因而可认为电子在 YY' 板间运动中两板间电压 U 不变,设两板长 L 、板间距离为 d 、电子质量为 m 、电荷量为 $-q$ 、速度为 v_0 ,则电子在两板间运动时间 $t = \frac{L}{v_0}$,电子加速度 $a = \frac{Uq}{md}$,故电子在两板间的偏转距离 $y_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{UqL^2}{2mdv_0^2}$,速度 $v_y = at = \frac{UqL}{mdv_0}$;电子在离开极板 YY' 后将匀速直线运动到达荧光屏,设极板 YY' 到荧光屏的水平距离为 L' ,则电子运动时间 $t' = \frac{L'}{v_0}$,故在 Y 方向的偏转距离 $y_2 = v_y t' = \frac{UqLL'}{mdv_0^2}$;那么光屏上光斑的偏转距离 $y = y_1 + y_2 =$



$\frac{qL}{mdv_0^2} \left(\frac{L}{2} + L' \right) U$ 。由于 L, L', d 由装置决定而不变, m, q, v_0 是电子的属性, 所以

当加在极板 YY' 上的电压信号随时间变化即 $U = u_t$ 时, 荧光屏上光斑偏离中心的

距离 y 必随时间 t 作相应的变化, 即 $y = y_1 + y_2 = \frac{qL}{mdv_0^2} \left(\frac{L}{2} + L' \right) u_t$ 。

(3) 当加在 YY' 上的信号电压 $u = U_m \sin \omega t$ 时, 必有屏上光斑离开屏中心的距离 $y = y_1 + y_2 = \frac{qL}{mdv_0^2} \left(\frac{L}{2} + L' \right) u_t = \frac{qL}{mdv_0^2} \left(\frac{L}{2} + L' \right) U_m \sin \omega t = Y_m \sin \omega t$, 故说明荧光屏上的光斑必在竖直方向做圆频率为 ω 的简谐振动。

(4) 若加在 YY' 上的信号电压 $u = U_m \sin \omega t$ 变化很快, 即圆频率 ω 很大时, 则光斑在竖直方向移动必很快, 由于视觉的暂留及荧光物质的残光特性, 我们将在荧光屏上看到一条竖直亮线。

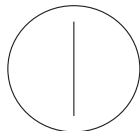


图 3

(5) 无论在 YY' 上的信号电压 $u = u_t$ 如何变化, 电子必只在竖直方向运动, 故荧光屏上的亮斑必只在竖直方向上移动或成一竖直亮线, 如图 3 所示。

若只在水平偏转电极 XX' 上加偏转电压(称扫描电压), 而在竖直方向 YY' 上不加电压时, 则:

(1) 荧光屏上的光斑只在水平方向(X 方向)发生偏移。

(2) 由于 XX' 极板很短, 故电子在两板间运动时可以将两板间的电压 U 当作不变, 因而荧光屏上光斑偏离中心的距离(同 YY' 方向的偏转距离的分析方法) $x = x_1 + x_2 = \frac{qL}{mdv_0^2} \left(\frac{L}{2} + L' \right) u_t$, 可见光斑在水平方向的偏移量 x_t 与 XX' 极板上所加的电压 u_t 的变化规律相同。

(3) 当加在 XX' 上的信号电压 $u = U_m \sin \omega t$ 时, 屏上光斑离开屏中心的距离必有 $x = \frac{qL}{mdv_0^2} \left(\frac{L}{2} + L' \right) U_m \sin \omega t = X_m \sin \omega t$, 即荧光屏上光斑在水平方向仍做圆频率为 ω 的简谐振动。

(4) 若加在 XX' 上的信号电压 $u = U_m \sin \omega t$ 变化很快, 即圆频率 ω 很大时, 则



光斑在水平方向移动必很快,由于视觉的暂留及荧光物质的残光特性,我们将在荧光屏上看到一条水平亮线。

(5)示波器机内提供的扫描电压波形及荧光屏上光斑的运动情况:“扫描范围”旋钮的前四个挡表示由机内提供的扫描电

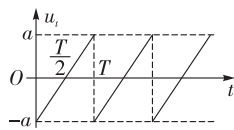


图 4

压的波形(u_t-t 图),如图 4,同前分析可得荧光屏上的光斑离开荧光屏中心的水平

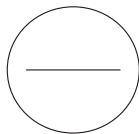
距离 x_t 与 XX' 极板上所加的电压 u_t 的变化规律相同[即 $x_t = \frac{qL}{mdv_0^2} \left(\frac{L}{2} + L' \right) u_t$],

故光斑的 x_t-t 图与电压的 u_t-t 图相似,说明光斑离开中心的距离与时间成线性

关系,故表明光斑在水平方向做速度 $v = k_{x-t} = \frac{qL}{mdv_0^2} \left(\frac{L}{2} + L' \right) \frac{2a}{T}$ 的匀速直线运动,

我们称为“扫描”;且由 u_t-t 图知在一个 T 内光斑在光屏上从左向右扫描一次。

(6)无论在 XX' 上的扫描电压 $u = u_t$ 如何变化,电子必只在水平方向运动,故荧光屏上的亮斑必只在水平方向上移动而成一条水平亮线,如图 5 所示。



荧光屏上呈现出完整图案的条件及图案形状分析:由前分析知

图 5

光斑在荧光屏上所形成的图案形状将由 X 、 Y 方向的二运动合成,设加在 XX' 上的扫描电压的周期为 T_x ,频率为 f_x ,而加在 YY' 上的信号电压的周期与频率为 T_y 、 f_y ,则有:

(1)当 $T_x = nT_y$ 即 X 方向的扫描电压的周期等于 Y 方向信号电压周期的整数倍(n)时,荧光屏上才能形成具有 n 个波长的完整波形的图案(因为当水平方向的扫描电压完成一个周期的变化时竖直方向的信号电压已经完成了 n 个周期的变化);而且若将“同步”开关置于“+”则荧光屏上的图案为从正半周开始的波形,若将“同步”开关置于“-”则荧光屏上的图案为从负半周开始的波形。

(2)当 $T_x \neq nT_y$ 时荧光屏上必不能形成完整的波形,但在一定条件下仍可形成稳定的图案(见后面例题)。

实例分析:

例:(1)将示波器面板上“扫描范围”旋钮置于第一挡($10 \sim 100$ Hz),将“衰减”