

# 有关显像管试题赏析

陈 宏

近年来高考都把考核学生的能力放在首位，特别注重考查学生对自然科学基础知识的应用能力。试题涉及的材料，设置的情景，以及设计的问题，多以现实问题和实际问题为立意。要求更加真实和全面地模拟、反映现实。突出学生应用物理知识解决实际问题的能力，培养学生的创新能力和实践精神。本文就近几年出现的以显像管为背景的试题作分析解析，供参考。

## 以显像管生产为背景的试题

例 1. 显像管是电视机中的一个重要元件，在生产显像管的阴极（阴极材料是一种氧化物）时，需要用到去离子水，去离子方法是将蒸馏水先流经氢型离子交换树脂（HR），再流经羟型阴离子交换树脂（ROH），水中溶解的各种离子便可除去，这样得到的水为去离子水。

(1) 下列何种材料制成的容器不能用来盛装去离子水？

A、普通玻璃， B、有机玻璃， C、石英玻璃  
其原因是\_\_\_\_\_。

(2) 生产去离子水，为什么要用蒸馏水做起始原料？答：\_\_\_\_\_。

(3) 图 1 所示为电视机显像管的偏转线圈示意图，圆心黑点表示电子枪射出的电子，它的方向由纸内指向纸外，当偏转线圈通过图示方向的电流时，电子束应

- A、向左偏转      B、向上偏转  
C、不偏转        D、向下偏转

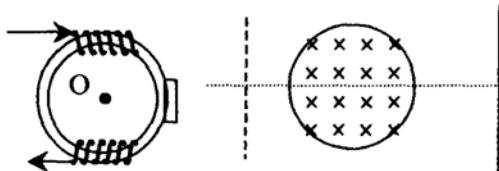


图 1

图 2

(4) 显像管的简要工作原理是阴极 K 发射的电子束经高压加速电场（电压为  $U$ ）加速后，正对圆心进入磁感强度为  $B$ 、半径为  $r$  的圆形匀强偏转磁场，如图 2 所示，偏转后轰击光屏，荧光粉受激发而发

光，若去离子水质量不好，所生产的阴极材料中含有少量  $\text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{SO}_4^{2-}$  打在荧光屏上，将在屏上出现暗斑，称为离子斑，如发生上述情况，试通过计算分析说明暗斑集中在荧光屏上中央的原因。（电子质量为  $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ，硫酸根离子的质量为  $M = 1.6 \times 10^{-25} \text{kg}$ ）

解析：(1) 因为普通玻璃的成分中有  $\text{NaSiO}_3$ ，而玻璃表面的少量  $\text{NaSiO}_3$  能溶于水，故选选项 A。

(2) 因蒸馏水已经一次净化，只含有一些挥发性杂质，再经强酸、强碱型离子交换树脂处理，可提高净化效率，会使水质更好。

(3) 因上、下两部分线圈在  $O$  处产生的磁场方向都水平向左，故电子受到向上的洛伦兹力作用，电子向上偏转，选项 B 正确。

(4) 电子或  $\text{SO}_4^{2-}$  在电场中加速，满足动能定理： $qU = \frac{1}{2}mV^2$ ，进行圆形磁场区域后将发生偏转，则有

$$qBV = \frac{mV^2}{R}, \text{ 即其偏转半径 } R = \frac{mV}{Bq} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

设电子或  $\text{SO}_4^{2-}$  离开磁场时的偏转角为  $\theta$ ，则

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{r}{R} = Br \sqrt{\frac{q}{2mU}} \propto \sqrt{\frac{q}{m}}$$

由于  $\text{SO}_4^{2-}$  的荷质比远小于电子的荷质比，所以相对电子而言，高速  $\text{SO}_4^{2-}$  经磁场几乎不发生偏转，而是集中打在荧光屏上的中央，形成暗斑。

## 以显像管的磁偏转技术为背景的试题

例 2. 电视机现在已经普及。如图 3 所示是电视机显像管及其偏转线圈 L 的示意图。

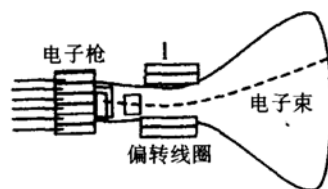


图 3

(1) 如果发现电视画面的幅度比正常时偏小，则可能由下列哪些因素引起（ ）

- A、电子枪发射电子数减少。  
B、加速电场的电压过高，电子速率偏大。

C、偏转线圈的电流过小,偏转磁场减弱。

D、偏转线圈匝间短路,线圈匝数减少。

(2) 若电子枪的加速电压为  $U$ , 加速后的电子进入一个半径为  $R$  的圆形磁场区。为使电子能扫描整个荧光屏, 电子的最大偏角达到  $60^\circ$ , 试问磁场的磁感应强度最大值为多大?

(3) 显像管用的是磁偏转, 为什么不采用电偏转?

解析: (1) 电视画面偏小, 说明电子经磁场作用后的偏转半径变大。由  $R = \frac{mV}{eB}$  可知 B、C、D 正确。

(2) 电子经加速获得动能, 由动能定理得  $eU = \frac{1}{2}mV^2$ ; 又电子进入电场后的圆周半径  $r = R \tan 60^\circ$ , 而  $r = \frac{mV}{eB}$ , 联立上述三式得磁感应强度最大

$$B = \frac{2\sqrt{3}m}{3Re}$$

(3) 电视机显像管采用磁偏转, 其示意图如图 4 所示: 电子束进入匀强磁场偏转轨迹是圆弧, 其磁偏距:

$$y_B = y_1 + y_2 = (R - \sqrt{R^2 - l^2}) + L \tan \phi$$

式中  $R = mV / eB$ 。

因  $\phi$  角很小, 所以将上述磁偏距近似写成:

$$y_B \approx (\frac{l}{2} + L) \tan \phi \approx (\frac{l}{2} + L) \sin \phi = (\frac{l}{2} + L) \frac{l}{R}$$

把  $R = mV / eB$  代入该式, 得:

$$y_B = (\frac{l}{2} + L) \frac{eBl}{mV} \quad (1)$$

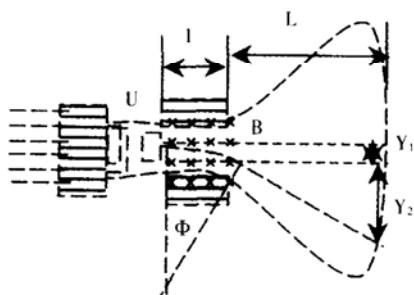


图 4

如果将图中的磁场换购成水平的平行板电容器构成的电场区(偏转电压为  $U$ , 板间距离为  $d$ ), 则加速后的电子束在偏转场中作类平抛运动, 离开后作匀速直线运动。不难得到电子束的电偏转距离为:

$$y_E = (\frac{l}{2} + L) \frac{eUl}{dmV^2} \quad (2)$$

比较 (1)、(2) 式, 可以看出磁偏距与  $mV$  成反比, 而电偏距与  $mV^2$  成反比。在显像管中, 电子枪的加速电压高达数千伏至上万伏, 电子获得的速率很大。现在获得足够的偏距, 如果采用电偏转则需要较高的偏转电压  $U$ , 或者很长的管子, 显而易见是不合适的。所以采用磁偏转方式。

### 以显像管显像的原理为背景的试题

例 3. 如图 5 所示为彩色电视机显像管示意图, K 是阴极, 用低压直流电源加热后能发射电子, P 为一圆形且中央有一小孔的金属板。在阴极和金属圆板之间加一个  $2 \times 10^4 \text{V}$  的直流高压, 可使电子加速, 并从圆板中央小孔穿出, 飞出的电子形成  $1 \text{mA}$  的平均电流。电子束的强弱受图像信号控制, 并按一定规律在荧光屏上扫描。由于画面更换迅速和人眼的视觉暂留, 我们就看到了活动的图像。

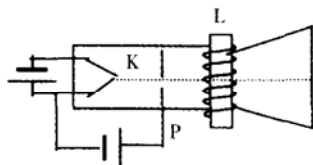


图 5

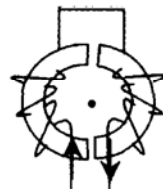


图 6

(1) 电子以多大的动能轰击荧光屏? 电子的速度约为多大? (电子的质量为  $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ )

(2) 交流电频率为  $50 \text{Hz}$ , 分两次隔行扫描产生一幅图像, 在这一过程中有多少个电子打在荧光屏上?

(3) 如果轰击荧光屏的能量全部被荧光屏吸收并转化为光能, 平均每幅画面射出多少个光子? (光子平均波长  $\lambda = 6 \times 10^{-7} \text{m}$ )

(4) 图 6 中为电视机显像管的偏转线圈 L 的示意图, 圆心黑点表示电子枪射出的电子, 它的方向由纸内射向纸外, 当偏转线圈通以图示方向的电流时, 电子束应 \_\_\_\_\_, 为什么?

- A、向左偏转;      B、向右偏转;  
C、向上偏转;      D、向下偏转。

(5) 如果发现电视画面的幅度比正常时偏小, 可能是下面哪些原因引起的 \_\_\_\_\_, 为什么?

- A、电子枪发射能力减弱;  
B、加速电场的电压过高;  
C、偏转线圈匝数短路, 导致线圈匝数减少;  
D、偏转线圈的电流过小, 偏转磁场减弱。

# 通向全国物理奥林匹克竞赛金牌之路

谷春生



物理竞赛,既是物理课外活动的一项内容,又是推动物理课外活动的措施。在提倡素质教育、大力培养学生创新思维能力的今天,物理竞赛

对于创造型人才、拔尖人才的培养,起到巨大的推动作用。

我国每年都举行全国高中物理奥林匹克竞赛。在每届竞赛中,都有许多优秀学生脱颖而出。我所辅导的学生曾获得国家、省、市级奖达百余人次,有的学生已被保送入全国一流大学深造,他们究竟是怎样通向全国物理奥林匹克竞赛金牌之路的呢? 把自己的教学经验总结如下:

## 一、树立远大的理想

伟大的成就源于远大的理想。我每教一届学

生,总在高一开始就向学生介绍:高中物理每届高三有一次全国物理奥林匹克竞赛,倘若能在竞赛中获得省一等奖,将可以直接保送全国一流大学(如清华、北大、中国科技大等)深造,或者享受高考加分政策……等于通过竞赛直接升入一流大学,不失为莘莘学子步入一流大学的捷径。这样,学生在一接触高中物理时便在他们心中播下希望的种子,使他们树立远大的理想,为追求这一目标而奋斗。

## 二、激发学生学习物理的兴趣

兴趣是人要求获得新知识的一种积极的心态表现。一个人对某一事物有了浓厚的兴趣,他将千方百计、义无反顾地钻研、学习。所以要想使学生学好物理,将来在全国奥林匹克竞赛中冲刺金牌,必须激发起学生学习物理的强烈兴趣。中学生学习物理的兴趣主要是直接兴趣,因而我在教学过程中注意引导学生观察身边物理,包括生活、科技、天文、地理中的物理,课堂上多做演示实验,尽可能多地让学生去

(6)彩色电视机色彩艳丽,能呈现多种色彩,但发射的电子束只有三束,这三束电子击中荧光屏相应部位的荧光粉后能发出三种颜色的光,各种色彩就是由这三种颜色的光按不同的比例混合而成的,这三种颜色是\_\_\_\_\_。

(7)彩色电视机的显像管内要抽成“真空”,实际上是一种低气压,若压强约为  $10^{-5}\text{Pa}$ ,则管内每立方米体积中空气分子的个数约为多少个?(保留一位有效数字)

(8)彩色电视机遥控器发射遥控信号所利用的电磁波属于( )

A、红外线;B、可见光;C、紫外线;D、x射线

解析:(1)  $E_k = eU = 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^4 \text{J} = 3.2 \times 10^{-15} \text{J}$ .

因为  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ , 所以:

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = 839 \times 10^7 \text{m/s}$$

(2)每幅画面出现的时间  $t = 1/25\text{s}$ ,而平均电流  $I = 1\text{mA}$ ,则电量  $Q = It = 4 \times 10^{-5}\text{C}$ ,电子数:

$$n = Q/e = 2.5 \times 10^{14} \text{个}.$$

(3)电子轰击荧光屏的动能来源于电能,电流在一幅画面的时间内做功为  $W = UIt = 0.8\text{J}$ . 每个光子的能量  $E = hc/\lambda = 3.3 \times 10^{-19}\text{J}$ ; 发出的光子数  $n = W/E = 2.42 \times 10^{18}$  个。

(4)A: 先根据安培定则确定线圈的上端为N极,下端为S极,再根据左手定则判断电子向左偏转。

(5)B、C、D: 电视画面的幅度比正常时偏小的原因是偏转半径变大,电子到达荧光屏的距离一定,偏转位移减小。可能是加速电压过高,导致电子进入磁场的速度大;也可能是偏转线圈的匝数短路,导致匝数减少,偏转磁感强度减小;也可能是偏转线圈电流过小,直接导致偏转磁感强度减小。

(6)红、绿、蓝。

(7)根据克拉珀龙方程:  $n = PV/RT$ , 分子数  $N = nN_A = \frac{PVN_A}{RT} = 3 \times 10^{15}$  个。

(8)A.

(湖北枝江市一中 443200)