

第十六届全国中学生物理竞赛

复赛试卷

题号	一	二	三	四	五	六	总分
得分							

全卷共六题，满分为 140 分。

一、(20 分) 一汽缸的初始体积为 V_0 ，其中盛有 2 摩尔的空气和少量的水（水的体积可忽略）。平衡时气体的总压强是 3.0 大气压，经作等温膨胀使其体积加倍，在膨胀结束时，其中的水刚好全部消失，此时的总压强为 2.0 大气压。若让其继续等温膨胀，使体积再次加倍。试计算此时：

- 1、汽缸中气体的温度；
- 2、汽缸中水蒸汽的摩尔数；
- 3、汽缸中气体的总压强。

假定空气和水蒸气均可当作理想气体处理。

二、(25 分) 两个焦距分别是 f_1 和 f_2 的薄透镜 L_1 和 L_2 相距为 d ，被共轴地安装在光具座上。

- 1、若要求入射光线和与之对应的出射光线相互平行，问该入射光线应满足什么条件？
- 2、根据所得结果，分别画出各种可能情况下的光路示意图。

三、(25 分) 用直径 1 mm 的超导体材料制成的导线做成一个半径为 5 cm 的圆环。圆环处于超导状态，环内电流为 100A。经过一年，经检测发现，环内电流的变化量小于 10^{-6} A。试估算该超导体材料电阻率数量级的上限。

提示：半径为 r 的圆环中通以电流 I 后，圆环中心的磁感强度为 $B = \frac{\mu_0 I}{2r}$ ，式中 B 、 I 、 r 各量

均用国际单位， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$ 。

四、(20 分) 经过天文望远镜长期观测，人们在宇宙中已经发现了许多双星系统，通过对它们的研究，使我们对宇宙中物质的存在形式和分布情况有了较深刻的认识。双星系统由两个星体构成，其中每个星体的线度都远小于两星体之间的距离。一般双星系统距离其他星体很远，可以当作孤立系统处理。

现根据对某一双星系统的光度学测量确定，该双星系统中每个星体的质量都是 M ，两者相距 L ，它们正围绕两者连线的中点做圆周运动。

- 1、试计算该双星系统的运动周期 $T_{\text{计算}}$ 。

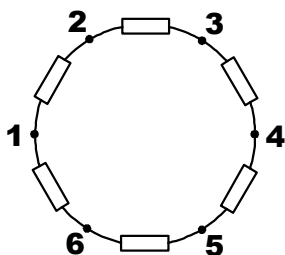
- 2、若实验上观测到的运动周期为 $T_{\text{观测}}$ ，且 $T_{\text{观测}} : T_{\text{计算}} = 1 : \sqrt{N}$ ，($N > 1$)。为了解释 $T_{\text{观测}}$ 和 $T_{\text{计算}}$

的不同，目前由一中流行的理论认为，在宇宙中可能存在一种望远镜观测不到的暗物质，作为一种简化模型，我们假定在这两个星体连线为直径的球体内均匀分布着这种暗物质，而不考虑其他暗物

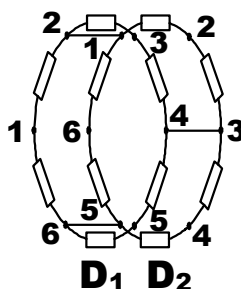
质的影响。试根据这一模型和上述观测结果确定该星系间这种暗物质的密度。

五、(25 分) 六个相同的电阻 (阻值均为 R) 连成一个电阻环, 六个接点依次为 1、2、3、4、5 和 6, 如图复 16-5-1 所示。现有五个这样的相同的电阻环, 分别称为 D_1 、 D_2 、 $\dots$ 、 D_5 。

现将 D_2 的 1、3、5 三点分别与 D_1 的 2、4、6 三点用导线连接, 如图复 16-5-2 所示。然后将 D_3 的 1、3、5 三点分别与 D_2 的 2、4、6 三点用导线连接, $\dots$ 依此类推, 最后将 D_5 的 1、3、5 三点分别连接到 D_4 的 2、4、6 三点上。



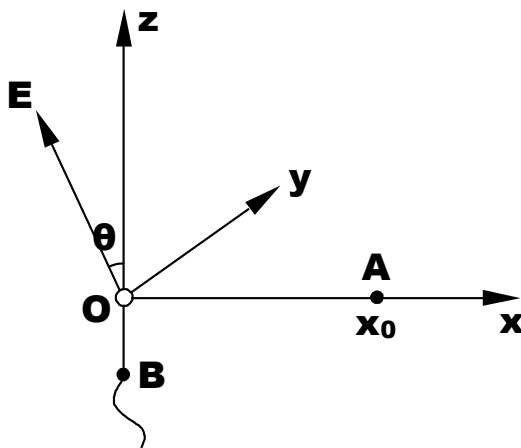
图复16 - 5 - 1



图复16 - 5 - 2

- 1、证明全部接好后, 在 D_1 上的 1、3 两点间的等效电阻为 $\frac{724}{627}R$ 。
- 2、求全部接好后, 在 D_5 上的 1、3 两点间的等效电阻。

六、(25 分) 如图复 16-6 所示, z 轴竖直向上, xy 平面是一绝缘的、固定的刚性平面。在 $A(x_0, 0, 0)$ 处放一带电量为 $-q$ ($q > 0$) 的小物块, 该物块与一细线相连, 细线的另一端 B 穿过位于坐标原点 O 的光滑小孔, 可以通过它牵引小物块。现对该系统加一匀强电场, 场强方向垂直于 x 轴, 与 z 轴的夹角为 θ 。设小物块和绝缘平面间的摩擦系数 $\mu = \tan \theta$, 且静摩擦系数和滑动摩擦系数相同。不计重力作用。现通过细线来牵引小物块, 使之移动。在牵引过程中, 我们约定: 细线的 B 端只准沿 z 轴向下缓慢移动, 不得沿 z 轴向上移动; 小物块的移动非常缓慢, 在任何时刻, 都可以近似认为小物块处在力平衡状态。若已知小物块的移动轨迹是一条二次曲线, 试求出此轨迹方程。



图复16 - 6