

第十五届全国中学生物理竞赛

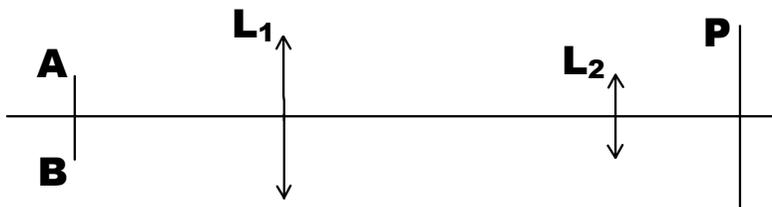
复赛试题

全卷共六题，总分 140 分

一、(25 分) 如图复 15-1 所示， L_1 和 L_2 为两个共轴的薄凸透镜， OO' 为其主轴， L_1 的焦距 $f_1 = 10\text{ cm}$ ，口径（直径）为 $d_1 = 4.0\text{ cm}$ ， L_2 的焦距 $f_2 = 5.0\text{ cm}$ ，口径（直径）为 $d_2 = 2.0\text{ cm}$ 。两镜相距 $a = 30\text{ cm}$ 。AB 为一与透镜共轴的直径为 $d = 2.0\text{ cm}$ 的均匀发光圆盘，它有清晰的边缘，把它放在 L_1 左侧 20 cm 处，它在 L_2 右侧垂直于 OO' 的光屏 P 上成像。

1、求光屏应放在何处；

2、现发现光屏上的像的中间部分较亮，边缘部分较暗。为了使像的边缘部分也能和中间部分一样亮，但又不改变像的位置和大小，可以在 OO' 上插放一个共轴的薄透镜 L_3 。求 L_3 应放在何处；口径（直径）至少要多大；焦距应是多少。

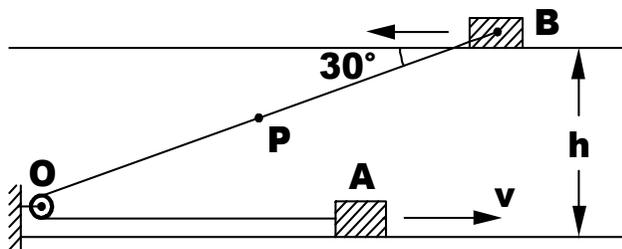


图复15 - 1

二、(25 分) 如图复 15-2 所示，有两条位于同一竖直平面内的水平轨道，相距为 h 。轨道上有两个物体 A 和 B，它们通过一根绕过定滑轮 O 的不可伸长的轻绳相连接。物体 A 在下面的轨道上以匀速率 v 运动。在轨道间的绳子与轨道成 30° 角的瞬间，绳子 BO 段的中点处有一与绳相对静止的小水滴 P 与绳子分离，设绳长 BO 远大于滑轮直径，求：

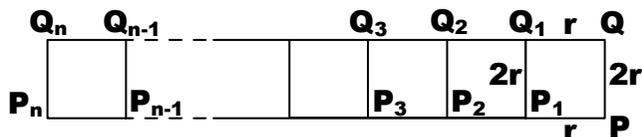
1、小水滴 P 脱离绳子时速度的大小和方向；

2、小水滴 P 离开绳子落到下面轨道所需要的时间。



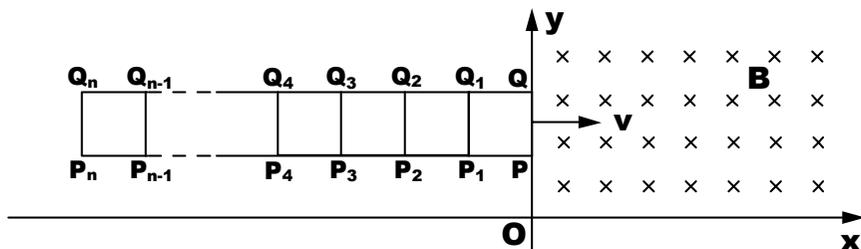
图复15 - 2

三、(24 分) $PQ Q_n P_n$ 是由若干正方形导线方格 $PQ Q_1 P_1$, $P_1 Q_1 Q_2 P_2$, $P_2 Q_2 Q_3 P_3$, \dots , $P_{n-1} Q_{n-1} Q_n P_n$ 构成的网络, 如图复 15-3-1 所示。



图复15-3-1

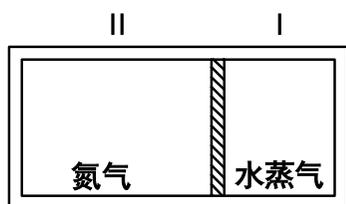
方格每边长度 $l = 10.0 \text{ cm}$ 边 $Q Q_1$, $Q_1 Q_2$, $Q_2 Q_3 \dots$ 与边 $P P_1$, $P_1 P_2$, $P_2 P_3, \dots$ 的电阻都等于 r , 边 PQ , $P_1 Q_1$, $P_2 Q_2, \dots$ 的电阻都等 $2r$ 。已知 PQ 两点间的总电阻为 $C r$, C 是一已知数。在 $x > 0$ 的半空间分布有随时间 t 均匀增加的匀强磁场, 磁场方向垂直于 Oxy 平面并指向纸里, 如图复 15-3-2 所示,



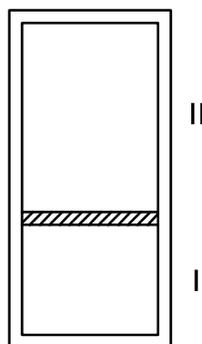
图复15-3-2

今令导线网络 $PQ Q_n P_n$ 以恒定的速度 $v = 5.0 \text{ cm/s}$, 沿 x 方向运动并进入磁场区域。在运动过程中方格的边 PQ 始终与 y 轴平行。若取 PQ 与 y 轴重合的时刻为 $t = 0$, 在以后任一时刻 t 磁场的磁感应强度为 $B = B_0 + bt$, 式中 t 的单位为 s , B_0 为已知恒量, $b = 0.10 B_0$ 。求 $t = 2.5 \text{ s}$ 时刻, 通过导线 PQ 的电流 (忽略导线网络的自感)。

四、(25 分) 在一个横截面积为 S 的密闭容器中, 有一个质量为 M 的活塞把容器隔成 I、II 两室, I 室中为饱和水蒸气, II 室中有质量为 m 的氮气。活塞可在容器中无摩擦地滑动。原来, 容器被水平地放置在桌面上。活塞处于平衡时, 活塞两边气体的温度均为 $T_0 = 373 \text{ K}$, 压强同为 p_0 , 如图复 15-4-1 所示。今将整个容器缓慢地转到图复 15-4-2 所示的直立位置, 两室内的温度仍是 T_0 , 并有少量水蒸气液化成水。已知水的汽化热为 L , 水蒸气和氮气的摩尔质量分别为 μ_1 和 μ_2 。求在整个过程中, I 室内的系统与外界交换的热量。



图复15 - 4 - 1

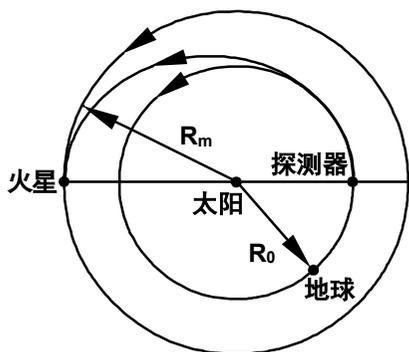


图复15 - 4 - 2

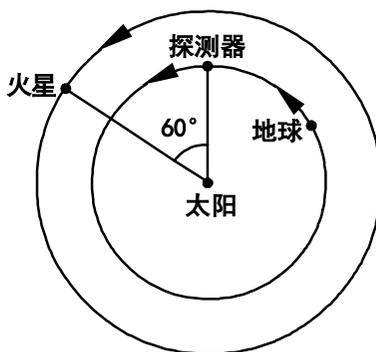
五、(26分) 从地球表面向火星发射火星探测器，设地球和火星都在同一平面上绕太阳作圆周运动。火星轨道半径 R_m 为地球轨道半径 R_0 的 1.500 倍，简单而又比较节省能量的发射过程可分为两步进行：第一步，在地球表面用火箭对探测器进行加速，使之获得足够的动能，从而脱离地球引力作用成为一个沿地球轨道运行的人造卫星。第二步是在适当时刻点燃与探测器连在一起的火箭发动机，在短时间内对探测器沿原方向加速，使其速度数值增加到适当值，从而使得探测器沿着一个与地球轨道及火星轨道分别在长轴两端相切的半个椭圆轨道正好射到火星上，如图复 15 - 5 - 1 所示。问

1、为使探测器成为沿地球轨道运行的人造卫星，必须加速探测器，使之在地面附近获得多大的速度（相对于地球）？

2、当探测器脱离地球并沿地球公转轨道稳定运行后，在某年 3 月 1 日零时测得探测器与火星之间的角距离为 60° ，如图复 15 - 5 - 2 所示。问应在何年何月何日点燃探测器上的火箭发动机方能使探测器恰好落在火星表面（时间计算仅需精确到日）？已知地球半径为 $R_e = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$ ，重力加速度 g 可取 9.8 m/s^2 。

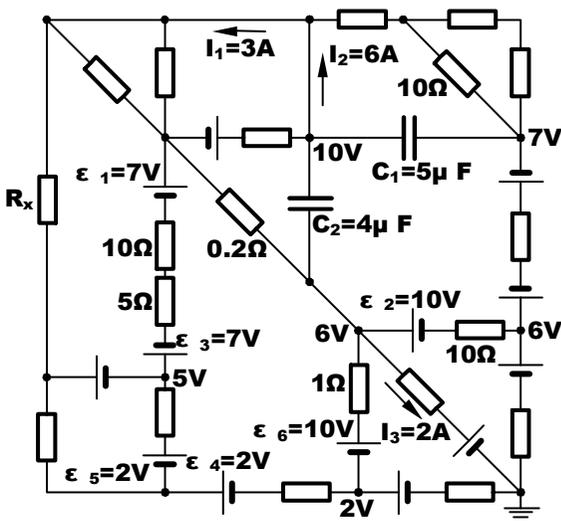


图复15 - 5 - 1



图复15 - 5 - 2

六、(15分) 在图复15-6所示的网络中，仅知道部分支路上电流值及其方向、某些元件参数和支路交点的电势值(有关数值及参数已标在图上)。请你利用所给的有关数值及参数求出含有电阻 R_x 的支路上的电流值 I_x 及其方向。



图复15 - 6