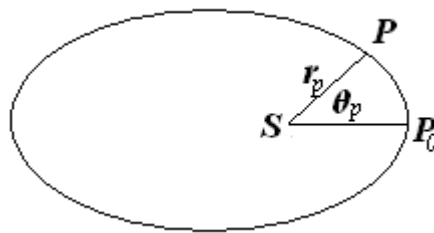


第 28 届全国中学生物理竞赛复赛试题（2011）

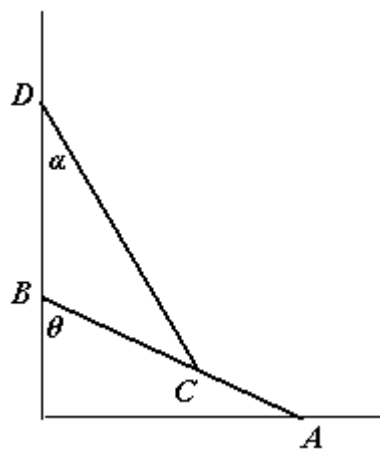
- 一、（20 分）如图所示，哈雷彗星绕太阳 S 沿椭圆轨道逆时针方向运动，其周期 T 为 76.1 年，1986 年它过近日点 P_0 时与太阳 S 的距离 $r_0=0.590\text{AU}$ ， AU 是天文单位，它等于地球与太阳的平均距离，经过一段时间，彗星到达轨道上的 P 点， SP 与 SP_0 的夹角 $\theta_P=72.0^\circ$ 。已知： $1\text{AU}=1.50\times 10^{11}\text{m}$ ，引力常量 $G=6.67\times 10^{-11}\text{Nm}^2/\text{kg}^2$ ，太阳质量 $m_S=1.99\times 10^{30}\text{kg}$ ，试求 P 到太阳 S 的距离 r_P 及彗星过 P 点时速度的大小及方向（用速度方向与 SP_0 的夹角表示）。



- 二、（20 分）质量均匀分布的刚性杆 AB 、 CD 如图放置， A 点与水平地面接触，与地面间的静摩擦系数为 μ_A ， B 、 D 两点与光滑竖直墙面接触，杆 AB 和 CD 接触处的静摩擦系数为 μ_C ，两杆的质量均为 m ，长度均为 l 。

1、已知系统平衡时 AB 杆与墙面夹角为 θ ，求 CD 杆与墙面夹角 α 应该满足的条件（用 α 及已知量满足的方程式表示）。

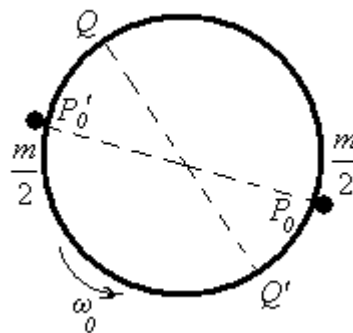
2、若 $\mu_A=1.00$ ， $\mu_C=0.866$ ， $\theta=60.0^\circ$ 。求系统平衡时 α 的取值范围（用数值计算求出）。



- 三、（25 分）在人造卫星绕星球运行的过程中，为了保持其对称转轴稳定在规定指向，一种最简单的办法就是让卫星在其运行过程中同时绕自身的对称轴转，但有时为了改变卫星的指向，又要求减慢或者消除卫星的旋转，减慢或者消除卫星旋转的一种方法就是所谓消旋法，其原理如图所示。

一半径为 R ，质量为 M 的薄壁圆筒，其横截面如图所示，图中 O 是圆筒的对称轴，两条足够长的不可伸长的结实的长度相等的轻绳的一端分别固定在圆筒表面上的 Q 、 Q' （位于圆筒直径

两端）处，另一端各拴有一个质量为 $\frac{m}{2}$ 的小球，正常情况下，绳绕在圆筒外表面上，两小球用插销分别锁定在圆筒表面上的 P_0 、 P_0' 处，与卫星形成一体，绕卫星的对称轴旋转，卫星自转的角速度为 ω_0 。若要使卫星减慢或者停止旋转（消旋），可瞬间撤去插销释放小球，让小球从圆筒表面甩开，在甩开的整个过程中，从绳与圆筒表面相切点到小球的那段绳都是拉直的。



当卫星转速逐渐减小到零时，立即使绳与卫星脱离，解除小球与卫星的联系，于是卫星转动停止。已知此时绳与圆筒的相切点刚好在 Q 、 Q' 处。

- 1、求当卫星角速度减至 ω 时绳拉直部分的长度 l ；
- 2、求绳的总长度 L ；
- 3、求卫星从 ω_0 到停转所经历的时间 t 。

四、(20 分) 空间某区域存在匀强电场和匀强磁场，在此区域建立直角坐标系 $O-xyz$ ，如图所示，匀强电场沿 x 方向，电场强度 $\vec{E}_1 = E_0 \vec{i}$ ，匀强磁场沿 z 方向，磁感应强度 $\vec{B} = B_0 \vec{k}$ ，

E_0 、 B_0 分别为已知常量， \vec{i} 、 \vec{k} 分别为 x 方向和 z 方向的单位矢量。

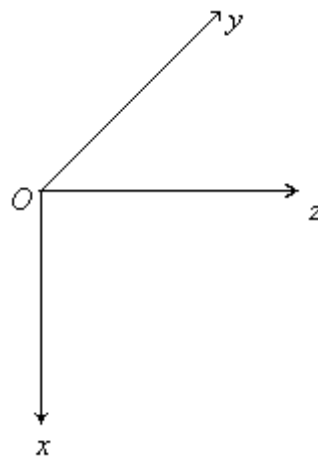
1、有一束带电量都为 $+q$ 、质量都为 m 的粒子，同时从 Oyz 平面内的某点射出，它们的初速度均在 Oyz 平面内，速度的大小和方向各不相同，问经过多少时间这些粒子又能同时回到 Oyz 平面内。

2、现在该区域内再增加一个沿 x 方向随时间变化的匀强

电场，电场强度 $\vec{E}_2 = (E_0 \cos \omega t) \vec{k}$ ，式中 $\omega = \frac{qB_0}{m}$ ，

若有一电荷量为正 q 、质量为 m 的粒子，在 $t=0$ 时刻从坐标原点 O 射出，初速度 v_0 在 Oyz 平面内，试求以后此粒子的坐标随时间变化的规律。

不计粒子所受重力以及各带电粒子之间的相互作用，也不考虑变化的电场产生的磁场。



五、(15 分) 半导体 pn 结太阳能电池是根据光生伏打效应工作的。当有光照射 pn 结时， pn 结两端会产生电势差，这就是光生伏打效应。当 pn 结两端接有负载时，光照使 pn 结内部产生由负极指向正极的电流即光电流，照射光的强度恒定时，光电流是恒定的，已知该光电流为 I_L ；同时， pn 结又是一个二极管，当有电流流过负载时，负载两端的电压 V 使二极管正向导通，其电流为

$I_D = I_0 (e^{\frac{V}{V_r}} - 1)$ ，式中 V_r 和 I_0 在一定条件下均为已知常数。

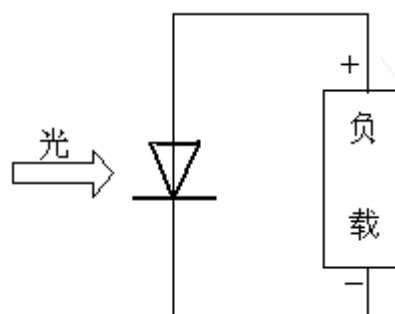
1、在照射光的强度不变时，通过负载的电流 I 与负载两端的电压 V 的关系是 $I =$ _____。

太阳能电池的短路电流 $I_s =$ _____，开路电压 $V_{oc} =$ _____，负载获得的功率 $P =$ _____。

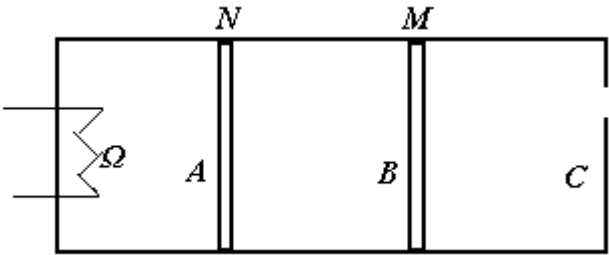
2、已知一硅 pn 结太阳能电池的 $I_L = 95 \text{ mA}$ ， $I_0 = 4.1 \times 10^{-9} \text{ mA}$ ， $V_r = 0.026 \text{ V}$ 。则此太阳能电池的开路电压 $V_{oc} =$ _____ V ，若太阳能电池输出功率最大时，负载两端的电压

可近似表示为 $V_{mp} = V_r \ln \frac{1 + (I_L / I_0)}{1 + (V_{oc} / V_r)}$ ，则 $V_{mp} =$ _____ V 。太阳能电池输出的最大

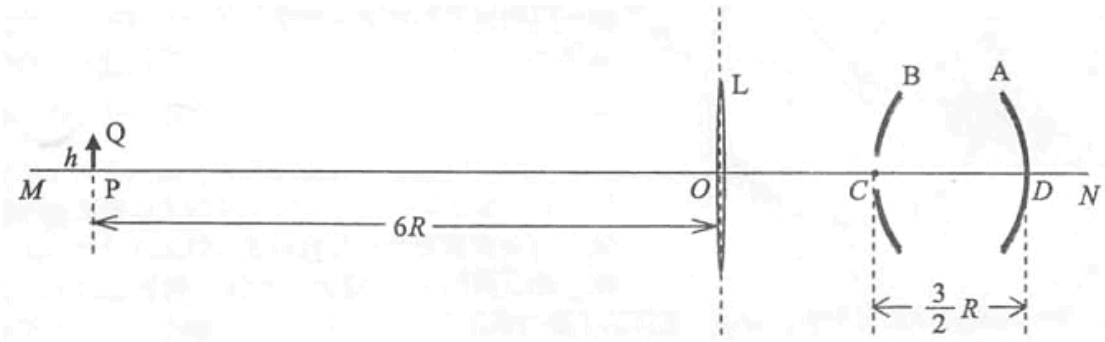
功率 $P_{max} =$ _____ mW 。若负载为欧姆电阻，则输出最大功率时，负载电阻 $R =$ _____ Ω 。



六、(20 分) 图示为圆柱形气缸，气缸壁绝热，气缸的右端有一小孔和大气相通，大气的压强为 p_0 。用一热容量可忽略的导热隔板 N 和一绝热活塞 M 将气缸分为 A、B、C 三室，隔板与气缸固连，活塞相对气缸可以无摩擦地移动但不漏气，气缸的左端 A 室中有一电加热器 Ω 。已知在 A、B 室中均盛有 1 摩尔同种理想气体，电加热器加热前，系统处于平衡状态，A、B 两室中气体的温度均为 T_0 ，A、B、C 三室的体积均为 V_0 。现通过电加热器对 A 室中气体缓慢加热，若提供的总热量为 Q_0 ，试求 B 室中气体末态体积和 A 室中气体的末态温度。设 A、B 两室中气体 1 摩尔的内能 $U=5/2RT$ 。R 为普适恒量，T 为热力学温度。



七、(20 分) 如图所示，L 是一焦距为 $2R$ 的薄凸透镜，MN 为其主光轴。在 L 的右侧与它共轴地放置两个半径皆为 R 的很薄的球面镜 A 和 B。每个球面镜的凹面和凸面都是能反光的镜面。A、B 顶点间的距离为 $\frac{3}{2}R$ 。在 B 的顶点 C 处开有一个透光的小圆孔（圆心为 C），圆孔的直径为 h 。现于凸透镜 L 左方距 L 为 $6R$ 处放一与主轴垂直的高度也为 h ($h \ll R$) 的细短杆 PQ (P 点在主轴上)。PQ 发出的光经 L 后，其中一部分穿过 B 上的小圆孔正好成像在球面镜 A 的顶点 D 处，形成物 PQ 的像 I。则



- 1、像 I 与透镜 L 的距离等于_____。
- 2、形成像 I 的光线经 A 反射，直接通过小孔后经 L 所成的像 I_1 与透镜 L 的距离等于_____。
- 3、形成像 I 的光线经 A 反射，再经 B 反射，再经 A 反射，最后通过 L 成像 I_2 ，将 I_2 的有关信息填在下表中：

I_2 与 L 的距离	I_2 在 L 左方还是右方	I_2 的大小	I_2 是正立还是倒立	I_2 是实像还是虚像

4、物 PQ 发出的光经 L 后未进入 B 上的小圆孔 C 的那一部分最后通过 L 成像 I₃，将 I₃ 的有关信息填在下表中：

I ₃ 与 L 的距离	I ₃ 在 L 左方还是右方	I ₃ 的大小	I ₃ 是正立还是倒立	I ₃ 是实像还是虚像

八、（20 分）有一核反应其反应式为 ${}_1^1p + {}_1^3H \rightarrow {}_2^3He + {}_0^1n$ ，反应中所有粒子的速度均远小于光速，试问：

1、它是吸能反应还是放能反应，反应能 Q 为多少？

2、在该核反应中，若 ${}_1^3H$ 静止，入射质子的阈能 T_{th} 为多少？阈能是使该核反应能够发生的入射粒子的最小动能（相对实验室参考系）。

3、已知在该反应中入射质子的动能为 1.21MeV，若所产生中子的出射方向与质子的入射方向成 60.0° 角，则该中子的动能 T_n 为多少？

已知 ${}_1^1p$ 、 ${}_0^1n$ 、 ${}_1^3H$ 核、 ${}_2^3He$ 核的静止质量分别为： $m_p=1.007276u$ ， $m_n=1.008665u$ ， $m_{{}_1^3H}=3.015501u$ ， $m_{{}_2^3He}=3.014932u$ ，u 是原子质量单位，1u 对应的能量为 931.5MeV。结果取三位有效数字。