汇智起航 2023 年（寒假）高中物理竞赛复赛-光学

模拟测试卷

考试时间：3：00 小时 试卷满分：320 分

一、现有折射率为的两种材料

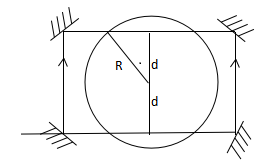
（1）若物方为，像方为，中间有一曲率半径为球面（球心指向方），试分别求物的焦距和像的焦距（20分）

1. 现A、B相距L，应距A处放一组合薄透镜如图，若A恰成像于B，求（20分）



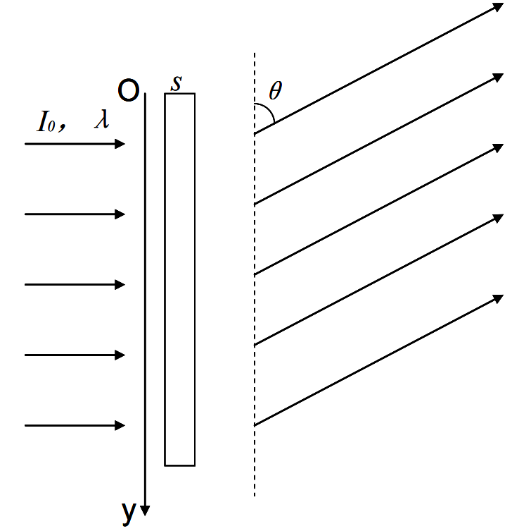
二、在特殊介质中：，r为到定点O的距离，若从一点P发出光线，试证明：光线轨迹为圆弧，并求出像点位置。（40分）

三、半径为R圆筒折射率为n，绕中心轴以角速度转动，中心到两光路距离为d，求转动前后条纹移动数。（40分）



四、一半径为a圆形区域内，，且光线射入此区域入射角为30（与圆形区域法线夹角），求光线射出时的偏转角。（40分）

五、（40分）

如图所示，一光栅共有 N 条缝，缝宽为a，相邻两条缝中心间距（光栅常数）为 d。在该光栅前平行放置一块薄介质板。介质板两侧面平行且与光栅距离很近，介质板厚度为 s，折射率不均匀。如果取其上端为坐标原点，建立向下的一维坐标系Oy，则折射率满足 现有一束平行单色光垂直入射介质板左侧面，波长为。 已知该光束在不经过任何光学元件前的光强为 ，求： （1）该束光经过该组合元件后光强的角分布函数。 （2）存在一对一级暗条纹的条件及在满足该条件情形下一级暗条纹的角位置。

六、（40分）“激光炮轰击定点变轨技术”是一种设想的未来航天器的调控方案：从地球赤道地面上向在赤道平面内运行的航天器径向发射直线型激光炮（即光的传播方向过地球球心），航天器上装有光子反射装置，可以将接收到的光子全部反弹，从而获得一定的冲量，实现变轨。假设位于赤道上的G国在22世纪掌握了这项技术，在某次的应用中，质量为的航天器在离地高度的圆轨道上运行，现向其发射激光炮，轰击时间很短，航天器上的光子反射板面积为（假设光子全部垂直于板面入射，经反弹后的运动方向与入射方向相反），轰击后航天器的轨道变为离心率的椭圆，为实现在12小时后可以再次对航天器发射激光炮（即12小时后航天器、地球上的炮台、地球球心再次三点一线），求第一次轰击所需的激光强度（激光强度定义为单位时间内单位面积上的激光能量）。已知地球自转周期（小时），地球半径，地球质量，万有引力常量，真空中的光速。

提示：对于类似的积分通常采用换元法进行计算

七、（40分）有一单色点光源，在其右侧有一平凸透镜，其材质折射率为2，该单色点光源与平凸透镜的平面距离为，平凸透镜的半径为，且边缘处厚度为0，经该平凸透镜后为平行光，方向沿正方向；



（1）分别用折射定律和费马原理求解其凸面截面满足的方程，即求如图曲面的关系；

（2）求该透镜的厚度；

（3）有一个完全相同的透镜如图放置，与凸面垂直距离也为，在平行于轴方向放置了一个平面反射镜，在平行于轴方向放置了一个光屏，试求光屏上干涉条纹的间距。



八、（40分）菲涅尔（A.J.Fresnel)在惠更斯原理的基础上总结出了惠更斯-菲涅尔原理：空间中任意闭合曲面Σ上的每一个面元dΣ都可以看成发出次波的新的振动中心,空间中某一点的振动是所有的这些次波在此点的叠加。这为研究衍射现象提供了理论基础。显然，这一理论的提出并不是为了解决光自由传播的问题。一般来说，一个衍射系统会被衍射屏分为前后两个空间。在衍射系统中，人们关心三个波场：入射场、出射场和衍射场，从出射场到衍射场是光的传播行为，而从入射场到出射场就是衍射屏的作用。我们定义出射波前函数和入射波前函数之比为衍射屏函数，从其函数形式可以看出，，衍射屏可分为振幅型、相位型和相幅形，譬如透镜和棱镜就是典型的相位型衍射屏。一般来说，只要某个原件存在这样的对波前的变换函数，都可以被称为衍射屏。

1. 假设有n个不同的衍射屏叠放在一起，第k个衍射屏的屏函数为，试推导整体衍射屏函数的表达式

提示：类比光具组成像规律，前一光具的像为后一个光具的物（5分）

1. 一个凸透镜折射率为n，其两侧的曲率半径分别为，忽略透镜对光的吸收和反射，假设入射光的波矢为k，推导在旁轴近似和薄透镜近似的条件下此透镜的屏函数
2. 利用前一问你所得到的结论，用一个方法，同时推导出薄透镜物距像距的公式和横向放大率的公式