# 第21届全国中学生物理竞赛预赛

本卷共九题，满分140分，180分钟完成

一、（15分）填空

1、a、原子大小的数量级为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m。

b、原子核大小的数量级为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m。

c、氦原子的质量约为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_kg。

d、一个可见光光子的能量的数量级为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_J。

e、在标准状态下，1cm3气体中的分子数约为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

（普朗克常量*h*＝6.63×10-34J·s，阿伏伽德罗常量*N*A＝6.02×1023mol-1）

2、已知某个平面镜反射的光能量为入射光能量的80%，试判断下列说法是否正确，并简述理由。

a、反射光子数为入射光子数的80%；

b、每个反射光子的能量是入射光子能量的80%。

二、（15分）

质量分别为*m*1和*m*2的两个小物块用轻绳连结，绳跨过位于倾角*α*＝30°的光滑斜面顶端的轻滑轮，滑轮与转轴间的摩擦不计，斜面固定在水平桌面上，如图所示，第一次，*m*1悬空，*m*2放在斜面上，用*t*表示*m*2自斜面底端由静止开始运动至斜面顶端所需时间，第二次，将*m*1和*m*2位置互换，使*m*2悬空，*m*1放在斜面上，发现*m*1自斜面底端由静止开始运动至斜面顶端所需的时间为，求*m*1与*m*2之比。

三、（15分）

测定电子荷质比（电荷*q*与质量*m*之比*q*/*m*）的实验装置如图所示，真空玻璃管内，阴极K发出的电子，经阳极A与阴极K之间的高电压加速后，形成一束很细的电子流，电子流以平行于平板电容器极板的速度进入两极板C、D间的区域。若两极板C、D间无电压，则离开极板区域的电子将打在荧光屏上的O点；若在两极板间加上电压*U*，则离开极板区域的电子将打在荧光屏上的P点；若再在极板间加一方向垂直于纸面向外、磁感应强度为*B*的匀强磁场，则打到荧光屏上的电子产生的光点又回到O点。现已知极板的长度*l*＝5.00cm，C、D间的距离*d*＝1.50cm，极板区的中点M到荧光屏中点O的距离为*L*＝12.50cm，*U*＝200V，P点到O点的距离*y*＝OP＝3.0cm，*B*＝6.3×10-4T，试求电子的荷质比。（不计重力影响）

四、（15分）

要使一颗人造地球卫星（同步卫星）能覆盖赤道上东经75.0°到东经135.0°之间的区域，则卫星应定点在哪个经度范围内的上空？地球半径*R*0＝6.37×106m。地球表面重力加速度*g*＝9.80m/s2。

五、（15分）

如图所示，两条平行的长直金属细导轨KL、PQ固定于同一水平面内，它们之间的距离为*l*，电阻可忽略不计，ab和cd是两根质量皆为*m*的金属细杆，杆与导轨垂直，且与导轨良好接触，并可沿导轨无摩擦地滑动，两杆的电阻皆为*R*，杆cd的中点系一轻绳，绳的另一端绕过轻的定滑轮悬挂一质量为*M*的物体，滑轮与转轴之间的摩擦不计，滑轮与杆cd间的轻绳处于水平伸直状态并与导轨平行，导轨和金属细杆都处于匀强磁场中，磁场方向垂直于导轨所在平面向上，磁感应强度的大小为*B*，现两杆及悬物都从静止开始运动，当ab杆及cd杆的速度分别为*v*1和*v*2时，两杆加速度的大小各为多少？

六、（15分）

有一种高脚酒杯，如图所示，杯内底面为一凸起的球面，球心在顶点O下方玻璃中的C点，球面半径*R*＝1.50cm，O到杯口平面的距离为8.0cm，在杯脚中心处P点紧贴一张画片，P点距O点6.3cm，这种酒杯未斟酒时，若在杯口处向杯底方向观看，看不出画片上的景物，但如果斟了酒，再在杯口处向杯底方向观看，将看到画片上的景物。已知玻璃的折射率*n*1＝1.56，酒的折射率为*n*2＝1.34，试通过分析计算与论证解释这一现象。

七、（15分）

如图所示，B是质量为*m*B、半径为*R*的光滑半球形碗，放在光滑的水平桌面上，A是质量为*m*A的细长直杆，被固定的光滑套管C约束在竖直方向，A可自由上下运动，碗和杆的质量关系为：*m*A＝2*m*B，初始时，A杆被握住，使其下端正好与碗的半球面的上边缘接触（如图），然后从静止开始释放A，A、B便开始运动，设A杆的位置用*θ*表示，*θ*为碗面的球心O至A杆下端与球面接触点的连线方向和竖直方向之间的夹角，求A与B速度的大小（表示成*θ*的函数）。



八、（17分）

如图所示的电路中，各电源的内阻均为零，其中B、C两点与其右方由1.0Ω的电阻和2.0Ω的电阻构成的无穷组合电路相接，求图中10μF的电容器与E点相接的极板上的电荷量。

九、（18分）

如图所示，定滑轮B、C与动滑轮D组成一个滑轮组，各滑轮与转轴间的摩擦、滑轮的质量均不计，在动滑轮D上，悬挂有砝码托盘A，跨过滑轮组的不可伸长的轻线的两端各挂有砝码2和砝码3，一根用轻线（图中穿过弹簧的那条竖直线）拴住的压缩轻弹簧竖直放置在托盘底上，弹簧的下端与托盘底固连，上端放有砝码1（两者未粘连），已知三个砝码和砝码托盘的质量都是*m*，弹簧的劲度系数为*k*，压缩量为*l*0，整个系统处在静止状态，现突然烧断拴住弹簧的轻线，弹簧便伸长，并推动砝码1向上运动，直到砝码1与弹簧分离，假设砝码1在以后的运动过程中不会与托盘的顶部相碰，求砝码1从与弹簧分离至再次接触经历的时间。

# 参考答案

一、

1、a、10-10，b、10-15，c、6.6×10-27，d、10-19，e、2.7×1019。

2、a正确，b不正确。理由：反射时光的频率不变，这表明每个光子能量不变。

二、

*m*1*g*－*m*2*g* sin 30°＝（*m*1＋*m*２）*a*1，*l*＝*a*1*t*2/2，

*m*2*g*－*m*1*g* sin 30°＝（*m*1＋*m*２）*a*2，*l*＝*a*2*t*2/18，可解得：*m*1∶*m*2＝11∶19。

三、

*l*＝*v*0*t*1，*y*1＝*qU t*12/2*md*，*vy*＝*qU t*1/*md*，*L*－*l*/2＝*v*0*t*2，*y*2＝*vy t*2，*y*＝*y*1＋*y*2，

又*qE*＝*q v*0*B*，所以*q*/*m*＝*U y*/ *B*2*Lld*＝1.6×1011C/kg。

四、

*GMm*/*R*2＝4*mπ*2*R*/*T*2，*GM*＝*R*02*g*，*R* cos *θ*＝*R*0，可解得：*θ*＝81.3°，

范围是135.0°－81.3°°＝53.7°到75.0°＋81.3°＝156.3°之间的上空。

五、

*ε*＝*Bl*（*v*2－*v*1），*I*＝*ε*/2*R*，*F*＝*BIl*，*F*＝*ma*1，*Mg*－*F*＝*ma*2，可解得：

*a*1＝，*a*2＝

六、

把酒杯平放分析成像问题：



1、未斟酒时：*n*1 sin *i*＝*n*0 sin *r*，是近轴光线，所以：

*r*＝*n*1 *i*/ *n*0＝1.56 *i*，

又*R*/ sin*α*＝*PC*/ sin*i*，即*α*＝*Ri*/ *PC*，*θ*＝*i*＋*α*，*PC*＝*PO*－*CO*＝4.8cm，可解得：*θ*＝1.31 *i*＜*r*，所以成实像。在*ΔCAP*’中*R*/ sin*β*＝*P*’*C*/ sin *r*，*r*＝*θ*＋*β*，即*P*’*C*＝*R r* / (*r*－*θ*)，



*P*’*O*＝*P*’*C*－*R*＝7.9cm，实像成在离杯口0.1cm处，在杯口看时离眼太近看不出画片上的景物。

2、斟了酒时：*r*＝*n*1 *i*/ *n*１＝1.16 *i*＜*θ*，成虚像。

*P*’*C*＝*R r* / (*θ*－*r*)，*P*’*O*＝*P*’*C*＋*R*＝13cm，虽然在酒的上表面折射时像会向杯口处拉近些，但离人眼还是足够远，可以看到画片上景物所成虚像。

七、

*v*A＝*v*B tg *θ*，*mAgR*＝*m*A *vA*2/2＋*mB vB*2/2，由*m*B＝2*m*A，可解得：

*v*A＝，

*v*B＝。

八、

*RBC*＝1＋2 *RB*’*C*’/（2＋*RB*’*C*’），*RB*’*C*’＝*RBC*，所以*RBC*＝2Ω，

 于是电路如右图所示，*I*＝（20＋10－24）/（10＋30＋18＋2）＝0.1A，

 *Q*1＋*Q*2－*Q*3＝0，*UA*－*UE*＝－*Q*1/*C*1＋*Q*3/*C*3＝7，



 *UB*－*UE*＝*Q*2/*C*2＋*Q*3/*C*3＝26，可解得：*Q*3＝1.3×10-4C，是负电。

九、

设砝码1的速度为*v*1，砝码盘的速度为*v*2，

由动量守恒得：*v*1＝3 *v*2，*Δl*1＝3*Δl*2＝3 *l*0/4，

*k l*02/2＝*mv*12/2＋3×*mv*22/2＋*mgΔl*1－*mgΔl*2＋2 *mgΔl*2，

可解得：*v*12＝3（*k l*02－2 *mgl*0）/4*m*，

*t*1＝*v*1/*g*，*t*2＝*t*1，

*t*＝2*t*1＝。