# 第29届全国中学生物理竞赛预赛题试卷

一．选择题。本题共5小题，每小题6分，在每小题给出的4个选项中，有的小题只有一项是正确的，有的小题有多项是正确的。把正确选项前面的英文字母写在每小题后面的方括号内。全部选对得6分，选对但不全的得3分，有选错或不答的得0分。

1. 下列说法中正确的是（ ）

（A）水在0℃时密度最大

（B）一个绝热容器中盛有气体，假设把气体中分子速率很大的如大于*v*A的分子全部取走，则气体温度会下降，此后气体中不再存在速率大于*v*A的分子

（C）杜瓦瓶的器壁是由两层玻璃制成的，两层玻璃之间抽成真空，抽成真空的主要作用是既可降低热传导，又可降低热辐射

（D）图示为一绝热容器，中间有一隔板，隔板左边盛有温度为*T*的理想气体，右边为真空，现抽掉隔板，则气体最终温度仍为*T*

1. 如图，一半径为*R*电荷量为*Q*的带电金属球，球心位置O固定，P为球外一点，几位同学在讨论P点的场强时，有下列一些说法，其中正确的是（ ）

（A）若P点无限靠近球表面，因为球表面带电，根据库仑定律可推知，P点的场强趋于无穷大

（B）因为在球内场强处处为零，若P点无限靠近球表面，则P点的场强趋于零

（C）若*Q*不变，P点位置也不变，而令*R*变小，则P点的场强不变

（D）若保持*Q*不变，而令*R*变大，同时始终保持P点无限靠近球表面处，则P点的场强不变

1. 图中L为一薄凸透镜，ab为一发光圆面，两者共轴，S为与L平行放置的屏，已知这时ab可在屏上成清晰的像。现将透镜切除一半，只保留主轴以上的一半透镜，这时S上的像（ ）

（A）尺寸不变，亮度不变

（B）尺寸不变，亮度降低

（C）只剩半个圆，亮度不变

（D）只剩半个圆，亮度降低

1. 一轻质弹簧，一端固定在墙上，另一端边一小物块，小物块放在摩擦系数为*μ*的水平面上，弹簧处于自然状态，小物块位于O处，现用手将小物块向右移到a处，然后从静止释放小物块，发现小物块开始向左移动。（ ）

（A）小物块可能停在O点

（B）小物块停止以后所受摩擦力必不为零

（C）小物块无论停在O点的左边还是右边，停前所受的摩擦力的方向和停后所受摩擦力的方向两者既可能相同，也可能相反

（D）小物块在通过O点后向右运动直到最远处的过程中，速度的大小总是减小，小物块在由右边最远处回到O点的过程中，速度的大小总是增大

1. 如图所示，一内壁光滑的圆锥面，轴线OOʹ是竖直的，顶点O在下方，锥角为2*α*，若有两个相同的小珠（均视为质点）在圆锥的内壁上沿不同的圆轨道运动，则有（ ）

（A）它们的动能相同

（B）它们运动的周期相同

（C）锥壁对它们的支撑力相同

（D）它们的动能与势能之比相同，设O点为势能零点

二．填空题。把答案填在题中的横线上或题中指定的地方。只要给出结果，不需写出求得的过程。

1. （6分）铀238（23892U）是放射性元素，若衰变时依次放出α，β，β，α，α，α，α，α，β，β，α，β，β，α粒子，最终形成稳定的核YXPb，则其中X＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_，Y＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
2. （10分）在寒冷地区，为了防止汽车挡风玻璃窗结霜，可用通电电阻加热，图示为10根阻值皆为3Ω的电阻条，和一个内阻为0.5Ω的直流电源，现在要使整个电路中电阻条上消耗的功率最大，（1）应选用\_\_\_\_\_\_\_根电阻条，（2）在图中画出电路连线。
3. （10分）已知：光子有质量，但无静止质量，在重力场中也有重力势能，若从地面上某处将一束频率为*ν*的光射向其正上方相距为*d*的空间站，*d*远小于地球半径，令空间站接收到的光的频率为*ν*ʹ，则差*ν*ʹ－*ν*＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，已知地球表面附近的重力加速度为*g*。
4. （10分）图中所示两物块叠放在一起，下面物块位于光滑水平桌面上，其质量为*m*，上面物块的质量为*M*，两物块之间的静摩擦系数为*μ*，现从静止出发对下面物块施以随时间*t*变化的水平推力*F*＝*γt*。*γ*为一常量，则从力开始作用到两物块刚发生相对运动所经历的时间等于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，此时物块的速度等于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
5. （16分）图中K是密封在真空玻璃管内的金属电极，它受光照射后能释放出电子，W是可以透光的窗口，光线通过它可照射到电极K上，C是密封在真空玻璃管内圆筒形的收集电极，它能收集K所发出的光电子。R是接在电池组E（电压足够高）两端的滑动变阻器，电极K通过导线与串联电池组的中心端O连接，G是用于测量光电流的电流计。已知当某一特定频率的单色光通过窗口照射电极K时，能产生光电子。当滑动变阻器的滑动接头处在某一点P时，可以测到光电流，当滑动头向右移动时，G的示数增大，使滑动头继续缓慢向右不断移动时，电流计G的示数变化情况是：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。当滑动变阻器的滑动接头从P点缓慢向左不断移动时，电流计G的示数变化情况是：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

若测得用频率为*ν*1的单色光照射电极K时的遏止电压为*U*1，频率为*ν*2的单色光照射电极K时的遏止电压为*U*2，已知电子的电荷量为*e*，则普朗克常量*h*＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，金属电极K的逸出功*W*0＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

三．计算题。解应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能给分。有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

1. （18分）如图所示，一根跨越一固定的水平光滑线杆的柔软、不可伸长的轻绳，两端各系一个质量相等的小球A和B，球A刚好接触地面，球B被拉到与细杆同样高度的水平位置，当球B到细杆的距离为*l*时，绳刚好拉直。在绳被拉直时释放球B，使球B从静止开始向下摆动。求球A刚要离开地面时球B与其初始位置的高度差。
2. （20分）一段横截面积*S*＝1.0mm2的铜导线接入直流电路中，当流经该导线的电流*I*＝1.0A时，该段铜导线中自由电子定向运动的平均速度*u*为多大？已知，每个铜原子有一个“自由电子”每个电子的电荷量*q*＝1.6×10-19C，铜的密度*ρ*＝8.9g/cm3，铜的摩尔质量*μ*＝64g/mol，阿伏伽德罗常量*N*0＝6.02×10-23mol-1。
3. （20分）电荷量分别为*q*和*Q*的两个带异号电荷的小球A和B（均可视为质点），质量分别为*m*和*M*。初始时刻，B的速度为0，A在B的右方，且与B相距*l*0，A具有向右的初速度*v*0。并还受到一向右的作用力*f*使其保持匀速运动，某一时刻，两球之间可以达到一最大距离。

（1）求此最大距离；

（2）求开始到两球间距离达到最大的过程中*f*所做的功。

1. （20分）由双原子分子构成的气体，当温度升高时，一部分双原子分子会分解成两个单原子分子，温度越高，被分解的双原子分子的比例越大，于是整个气体可视为由单原子分子构成的气体与由双原子分子构成的气体的混合气体。这种混合气体的每一种成分气体都可视作理想气体。在体积*V*＝0.045m3的坚固的容器中，盛有一定质量的碘蒸气，现于不同温度下测得容器中蒸气的压强如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *T*/K | 1073 | 1473 |
| *p*/Pa | 2.099×105 | 4.120×105 |

试求温度分别为1073K和1473K时该碘蒸气中单原子分子碘蒸气的质量与碘的总质量之比值。已知碘蒸气的总质量与一个摩尔的双原子碘分子的质量相同，普适气体常量*R*＝8.31J·mol-1K-1。



1. （20分）图中L是一根通电长直导线，导线中的电流为*I*。一电阻为*R*、每边长为2*a*的导线方框，其中两条边与L平行，可绕过其中心并与长直导线平行的轴线OOʹ转动，轴线与长直导线相距*b*，*b*＞*a*，初始时刻，导线框与直导线共面。现使线框以恒定的角速度*ω*转动，求线框中的感应电流的大小。不计导线框的自感。已知电流*I*的长直导线在距导线*r*处的磁感应强度大小为*kI*/*r*，其中*k*为常量。
2. （20分）一质量为*m*＝3000kg的人造卫星在离地面的高度为*H*＝180km的高空绕地球做圆周运动，那里的重力加速度*g*＝9.3m/s2。由于受到空气阻力的作用，在一年时间内，人造卫星的高度下降Δ*H*＝0.50km。已知物体在密度为*ρ*的流体中以速度*v*运动时受到的阻力*F*可表示为*F*＝*ρACv*2/2，式中*A*是物体的最大横截面积，*C*是拖曳系数，与物体的形状有关。当卫星在高空中运行时，可以认为卫星的拖曳系数*C*＝1，取卫星的最大横截面积*A*＝6.0m2。已知地球的半径为*R*0＝6400km。试由以上数据估算卫星所在处的大气密度。

# 参考答案

一．选择题

1、D 2、C 3、B 4、AC 5、CD

二．填空题

6、82，206

7、（1）6（2）



8、－*ν*（10分） 9、（5分），（5分）

10、逐渐增大，最后趋向一恒定值（4分），小，最后变到零（4分），（4分），（4分），

三．计算题

11．设A刚要离开地面时联结B球的绳与其初始位置的夹角为*θ*，此时球B的速度为*v*，绳对球B的拉力为*T*，根据牛顿定律和能量守恒，有

*T*－*mg*sin*θ*＝*m*，即*mgl*sin*θ*＝*mv*2/2，

而*T*＝*mg*，

则*H*＝*l*sin*θ*＝。

12．设单位体积中自由电子数为*n*，则有*I*/*S*＝*nqu*，而*n*＝*ρN*0/*μ*，

得 *u*＝*μI*/*ρqN*0*S*＝7.5×10-5m/s。

13．（1）取A球为参照系，A球静止，*f*不做功，A、B两球能量守恒，当两球距离为*l*0时，B球以初速度*v*0向左运动，在库仑力作用下动能小，电势能增大，当B球动能减小到零时，A、B间距离达到最大值*l*M，由能量守恒定律有－*kQq*/*l*M＝*Mv*02/2－*kQq*/*l*0，

解得 *l*M＝

（2）以静止参照系，由功能关系，在这个过程中，变力*f*做的功

*W*＝[（*M*＋*m*）*v*02/2－*kQq*/*l*M]－[*mv*02/2－*kQq*/*l*0]＝*Mv*02

14．以*m*表示碘蒸气的总质量，*m*1表示蒸气的温度为时单原子分子的碘蒸气的质量，*μ*1、*μ*2分别表示单原子分子碘蒸气和双原子分子碘蒸气的摩尔质量，*p*1、*p*2分别表示容器中单原子分子碘蒸气和双原子分子碘蒸气的分压强，则由理想气体状态方程有*p*1*V*＝*m*1*RT*/*μ*1，*p*2*V*＝（*m*－*m*1）*RT*/*μ*2，而*p*＝*p*1＋*p*2，*μ*2＝2*μ*1，解得所求比值为*m*1/*m*＝*μ*2*Vp*/*mRT*－1，当温度为1073K时*m*1/*m*＝0.06，当温度为1473K时*m*1/*m*＝0.51，

15．当线框绕轴转过*θ*＝*ωt*时其位置如图1所示俯视图如图2所示，



平行于轴线的两条边的速度均为*v*＝*ωa*，由正弦定理得sin*θ*/*r*＝sin（*π*－*α*）/*b*＝sin*α*/*b*，sin*θ*/*r*’＝sin（*π*－*α*’）/*b*＝sin*α*’/*b*，由余弦定理得*r*2＝*a*2＋*b*2－2*ab*cos*θ*，*r*’2＝*a*2＋*b*2＋2*ab*cos*θ*，电流在两边所在处的磁感应强度分别为*B*＝*kI*/*r*和*B*’＝*kI*/*r*’，感应电动势为*E*＝2*Bav*sin*α*＋2*B*’*av*sin*α*’＝2*kIa*2*bω*[1/（*a*2＋*b*2－2*ab*cos*ωt*）＋1/（*a*2＋*b*2＋2*ab*cos*ωt*）]sin*ωt*，

感应电流为 *I*＝*E*/*R*＝（＋）]sin*ωt*。

16．设一年前后卫星速度分别为*v*1、*v*2，轨道半径分别为*R*1、*R*2，根据万有引力定律和牛顿定律有*GMm*/*R*12＝*mv*12/*R*1，*GMm*/*R*22＝*mv*22/*R*2，*R*1＝*R*0＋*H*，*R*2＝*R*0＋*H*－*ΔH*，卫星一年内动能的增量*ΔE*k＝*mv*22/2－*mv*12/2＝*GMm*（1/*R*2－1/*R*1）/2，引力势能的增量*ΔE*P＝－*GMm*（1/*R*2－1/*R*1），机械能的增量*ΔE*＝－*GMm*（1/*R*2－1/*R*1）/2，利用*R*1*R*2＝*R*2得*ΔE*＝－*GMmΔH*/2*R*12，卫星运动一周过程中空气阻力做的功为*W*1＝－2*πRF*＝－*πρACRv*2，将*GMm*/*R*2＝*mv*2/*R*代入，得*W*1＝－*πρACGM*，是一恒量，与半径无关，卫星运动周期为*T*＝2*πR*/*v*＝2*πR*，一年时间为*t*＝3600×365×24＝3.15×107s，一年内阻力对卫星做的功为*W*＝*tW*1/*T*，由功能关系有*W*＝*ΔE*，又*GM*/*R*12＝*g*，

解得 *ρ*＝*mΔH*/*tACR*1＝1.54×10-13kg·m-3。