# 第22届全国中学生物理竞赛预赛题试卷

本卷共九题，满分200分

一、（10分）在横线上填上恰当的内容

1．在2004年6月10日联合国大会第58次会议上，鼓掌通过一项决议。决议摘录如下：

联合国大会，承认物理学为了解自然提供了重要基础，注意到物理学及其应用是当今众多技术进步的基石，确信物理教育提供了建设人类发展所必需的科学基础设施的工具，意识到2005年是爱因斯坦科学发现一百周年，这些发现为现代物理学奠定了基础，Ⅰ．……；Ⅱ……；Ⅲ．宣告2005年为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_年。

2．爱因斯坦在现代物理学领域作出了很多重要贡献，试举出其中两项：

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

二、（17分）

现有一个弹簧测力计（可随便找地方悬挂），一把匀质的长为*l*的有刻度、零点位于端点的直尺，一个木块及质量不计的细线。试用这些器材设计一实验（要求画出示意图），通过一次测量（弹测力计只准读一次数），求出木块的质量和尺的质量。（已知重力加速度为*g*）

三、（18分）

内表面只反射而不吸收光的圆筒，内有一半径为*R*的黑球，距球心为2*R*处有一点光源S，球心O和光源S皆在圆筒轴线上，如图所示，若使点光源向右半边发出的光最后全被黑球吸收，则筒的内半径*r*最大为多少？

四、（20分）

处在激发态的氢原子向能量较低的状态跃迁时会发出一系列不同频率的光，称为氢光谱。氢光谱线的波长*λ*可以用下面的巴耳末——里德伯公式来表示

＝*R*

*n*，*k*分别表示氢原子跃迁前后所处状态的量子数，*k*＝1，2，3，……，对于每一个*k*，有*n*＝*k*＋1，*k*＋2，*k*＋3，……，*R*称为里德伯常量，是一个已知量，对于*k*＝1的一系列谱线其波长处在紫外线区，称为赖曼系；*k*＝2的一系列谱线其波长处在可见光区，称为巴尔末系。

用氢原子发出的光照射某种金属进行光电效应实验，当用赖曼系波长最长的光照射时，遏止电压的大小为*U*1，当用巴尔末系波长最短的光照射时，遏止电压的大小为*U*2，已知电子的电荷量的大小为*e*，真空中的光速为*c*，试求：普朗克常量和该种金属的逸出功。

五、（25分）

一质量为*m*的小滑块A沿斜坡由静止开始下滑，与一质量为*km*的静止在水平地面上的小滑块B发生正碰撞，如图所示，设碰撞是弹性的，且一切摩擦均不计，为使二者能且只能发生两次碰撞，则*k*的值应满足什么条件？

六、（25分）

如图所示，两根位于同一水平面内的平行的长直金属导轨，处于恒定的磁场中，磁场方向与导轨所在平面垂直。一质量为*m*的均匀导体细杆，放在导轨上，并与导轨垂直，可沿导轨无摩擦地滑动，细杆与导轨的电阻均可忽略不计，导轨的左端与一根阻值为*R*0的电阻丝相连，电阻丝置于一绝热容器中，电阻丝的热容量不计。容器与一水平放置的开口细管相通，细管内有一截面为*S*的小液柱（质量不计），液柱将1mol气体（可视为理想气体）封闭在容器中，已知温度升高1K时，该气体的内能的增加量为5*R*/2（*R*为普适气体常量），大气压强为*p*0，现令细杆沿导轨方向以初速*v*0向右运动，试求达到平衡时细管中液柱的位移。

七、（25分）

三个电容器分别有不同的电容值*C*1、*C*2、*C*3。现把这三个电容器组成图示的（a）、（b）、（c）、（d）四种混联电路，试论证：是否可以通过适当选择*C*1、*C*2、*C*3的数值，使其中某两种混联电路A、B间的等效电容相等。



八、（30分）

如图所示，一根长为*L*的细刚性轻杆的两端分分别别连结小球a和b，它们的质量分别为*m*a和*m*b，杆可绕距a球为*L*处的水平定轴O在竖直平面内转动。初始时杆处于竖直位置，小球b几乎接触桌面，在杆的右边水平桌面上，紧挨着细杆放着一个质量为*m*的立方体匀质物块，图中ABCD为过立方体中心且与细杆共面的截面。现用一水平恒力*F*作用于a球上，使之绕O轴逆时针转动，求当转过*α*角时小球b速度的大小。设在此过程中立方体物块没有发生转动，且小球b与立方体物体始终没有分离，不计一切摩擦。

九、（30分）

如图所示，水平放置的金属细圆环半径为*a*，竖直放置的金属细圆柱（其半径比*a*小得多）的端面与金属圆环的上表面在同一水平面内，圆柱的细轴通过圆环的中心O，一质量为*m*、电阻为*R*的均匀导体细棒被圆环和细圆柱端面支撑，棒的一端有小孔套在细轴O上，另一端A可绕轴线沿圆环做圆周运动，棒与圆环的动摩擦因数为*μ*，圆环处于磁感应强度大小为*B*＝*kr*、方向竖直向上的恒定磁场中，式中*k*为大于零的常量，*r*为场点到细轴的距离。金属细圆柱与圆环用导线ed连接，不计棒及轴与细圆柱端面间的摩擦，也不计细圆柱、圆环及导线的电阻和感应电流产生的磁场。问沿垂直于棒方向以多大的水平力作用于棒的A端才能使棒以角速度*ω*匀速转动。

注：（*x*＋Δ*x*）3＝*x*3＋3*x*2Δ*x*＋3*x*（Δ*x*）2＋（Δ*x*）3

# 参考答案

一、

国际物理年。相对论；光的量子性

二、

找个地方把弹簧测力计悬挂好，取一段细线做成一环，挂在弹簧测力计的挂钩上，让直尺穿过细环中，环与直尺的接触点就是直尺的悬挂点，它将尺分成长短不等的两段，用细线拴住木块挂在直尺较短的一段上，细心调节直尺悬挂点及木块悬挂点的位置，使直尺平衡在水平位置（为提高测量精度，尽量使两悬挂点相距远些），如图所示，设木块质量为*m*，直尺质量为*M*，记下两悬挂点在直尺上的读数*x*1、*x*2，弹簧测力计的示数*G*，由平衡条件和图中所设直尺的零刻度位置有

（*m*＋*M*）*g*＝*G*，

*m g*（*x*2－*x*1）＝*M g*（－*x*2）

可解得：*m*＝，*M*＝。

三、

作出*S*经圆柱壁反射的光路图如图1所示，只要*S*’*M*和*S*’*N*间有一夹角，则筒壁反射的光线就有一部分进入球的右方，不会完全被球吸收。



如果*r*的大小恰能使*S*’*M*和*S*’*N*重合，如图2，则*r*就是题所求的最大值。由图可知

*r*＝*θ*＝*θ*

由几何关系知sin *θ*＝*R*/2*R*

可解得：*r*＝*R*。

四、

由巴耳末——里德伯公式*λ*＝*R*

可知赖曼系波长最长的光是氢原子由*n*＝2到*k*＝1跃迁发出的，则*λ*＝

对应的光子能量为*E*12＝*hcλ*＝

巴你末系波长最短的光是氢原子由*n*＝∞到*k*＝2跃迁发出的，则*λ*＝

对应的光子能量为*E*2∞＝*hcλ*＝

由光电效应方程得：＝*eU*1＋*A*，＝*eU*2＋*A*，

可解得：*A*＝（*U*1－3*U*2），*h*＝

五、

设碰撞前A的速度为*v*0，碰撞后A、B的速度分别为*v*1和*V*1，则

*mv*0＝*mv*1＋*kmV*1，*mv*02＝*mv*12＋*kmV*12，可解得：

*v*1＝*v*0，*V*1＝*v*0，

为使A能回到坡上，要*v*1＜0，这导致*k*＞1；为使A能再追上B，应有－*v*1＞*V*1，导致*k*＞3；于是要发生第二次碰撞必须要*k*＞3。

设第二次碰撞后A、B的速度分别为*v*2和*V*2，则

*m*（－*v*1）＋*kmV*1＝*mv*2＋*kmV*2，*mv*12＋*kmV*12＝*mv*22＋*kmV*22，可解得：

*v*2＝*v*0，*V*2＝*v*0，

若*v*2＞0必不会发生第三次碰撞，若*v*2＜0，但－*v*2≤*V*2，也不会发生第三次碰撞，则由－*v*2≤*V*2可解得5－≤*k*≤5＋，所以要能且只能发生两次碰撞的条件是交集

3＜*k*≤5＋。

六、

细杆运动时受到安培力作用而减速，最后停下。

电阻丝上产生的焦耳热应为*Q*＝*mv*02，

容器中气体吸热后增加的内能为Δ*U*＝*R*Δ*T*

气体推动液柱克服大气压力做的功为*A*＝*p*0Δ*V*＝*p*0*S*Δ*L*，由于气体压强始终为*p*0，由气态方程得*p*0Δ*V*＝*R*Δ*T*，

由热力学第一定律*Q*＝*A*＋Δ*U*，

可解得：Δ*L*＝

七、

由图可知*C*a＞*C*3，*C*c＜*C*3，因此*C*a不可能等于*C*c，

同理*C*b＞*C*2，*C*d＜*C*2，因此*C*b不可能等于*C*d，

又只有在*C*2＝*C*3时才有可能*C*a＝*C*b，而现在四个电容都不相同，所以*C*a不可能等于*C*b，同理*C*c不可能等于*C*d，

*C*a＝＋*C*3，*C*b＝＋*C*2，*C*c＝，*C*d＝，

由*C*a＝*C*d得：*C*12＋2*C*1*C*3＋*C*1*C*2＋*C*2*C*3＝0，因为*C*均为正，所以此式不可能成立，则*C*a不可能等于*C*d，同理*C*b不可能等于*C*c，综上所述不可能有一对电路的等效电容是相等的。

八、

设转过*α*角时*b*的速度为*vb*，则由角速度相等可得*a*的速度为*va*＝*vb*/3，由速度分解得立方体的速度为*v*＝*vb* cos*α*，根据动能定理得：

*F*sin*α*＋*mag*（－cos*α*）－*mbg*（－cos*α*）＝*mava*2＋*mbvb*2＋*mv*2，

可解得：*v*b＝。

九、

将导体棒无限分小，则导体中的电动势为*ε*＝Σ*Δεi*＝*Kω*Σ*ri*2*Δ ri*，

由（*r*＋*Δr*）3＝*r*3＋3*r*2*Δr*＋3*r*（*Δr*）2＋（*Δr*）3略去高阶小量（*Δr*）2和（*Δr*）3，可得：

*r*2*Δr*＝[（*r*＋*Δr*）3－*r*3]，代入上式得：*ε*＝*Kω*Σ（*ri*3－*ri*－13）＝*Kω a*3，

电流为*I*＝*ε*＝*ω*，各小段所受安培力为*Δfi*＝*BIΔ ri*＝*KriIΔ ri*，

其力矩为*ΔMi*＝*ri Δfi*＝*Kri*2*IΔ ri*，则*M*＝Σ*ΔMi*＝*KI*Σ*ri*2*Δ ri*＝*KI*Σ（*ri*3－*ri*－13）＝*KI a*3＝*ω*。

摩擦力为*μmg*，由力矩平衡得：*Fa*＝*M*＋*Mf*，则*F*＝＋*μmg*。