# 第28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. 常用示波器中的扫描电压*u*随时间*t*变化的图线是（ ）



1. 下面列出的一些说法中正确的是（ ）

（A）在温度为20℃和压强为1大气压时，一定量的水蒸发为同温度的水蒸气，在此过程中，它所吸收的热量等于其内能的增量

（B）有人用水银和酒精制成两种温度计，他都把水的冰点定为0度，水的沸点定为100度，并都把0刻度100刻度之间均匀等分成同数量的刻度，若用这两种温度计去测量同一环境的温度（大于0度小于100度）时，两者测得的温度必相同

（C）一定量的理想气体分别经过不同的过程后，压强都减小了，体积都增大了，则从每个过程中气体与外界交换的总热量看，在有的过程中气体可能是吸收了热量，在有的过程中气体可能是放出了热量，在有的过程中气体与外界交换的热量为0

（D）地球表面一平方米所受的大气的压力，其大小等于这一平方米表面单位时间内受上方作热运动的空气分子对它碰撞的冲量，加上这一平方米以上的大气的重量

1. 把以空气为介质的两个平行板电容器a和b串联，再与电阻*R*和电动势为*E*的直流电源如图连接。平衡后，若把一块玻璃板插入电容器a中，则再达到平衡时（ ）

（A）与玻璃板插入前相比，电容器a两板间的电压增大了

（B）与玻璃板插入前相比，电容器a两板间的电压减小了

（C）与玻璃板插入前相比，电容器b贮存的电能增大了

（D）玻璃板插入过程中电源所做的功等于两电容器贮存总能量的增加量

1. 多电子原子核外电子的分布形成若干层，K壳层离核最近，L壳层次之，M壳层更次之，…，每一壳层中可容纳的电子数是一定的，当一个壳导中的电子填满后，余下的电子将分布到次外层的壳层。当原子的内壳层中出现空穴时，较外壳层中的电子将跃迁至空穴，并以发射光子（X光）的形式释放出多余的能量，但亦有一定的概率将跃迁中放出的能量传给另一个电子，使此电子电离，这称为俄歇效应，这样电离出来的电子叫俄歇电子。现用一能量为40.00keV的光子照射Cd（镉）原子，击出Cd原子中K层一个电子，使该壳层出现空穴，已知该K层电子的电离能为26.8keV。随后，Cd原子的L层中一个电子跃迁到K层，而由于俄歇效应，L层中的另一个电子从Cd原子中射出，已知这两个电子的电离能皆为4.02keV，则射出的俄歇电子的动能等于（ ）

（A）（26.8－4.02－4.02）keV （B）（40.00－26.8－4.02）keV

（C）（26.8－4.02）keV （D）（40.00－26.8＋4.02）keV

1. 一圆弧形的槽，槽底放在水平地面上，槽的两侧与光滑斜坡aaʹ、bbʹ相切，相切处a、b位于同一水平面内，槽与斜坡在竖直平面内的截面如图所示。一小物块从斜坡aaʹ上距水平面ab的高度为2*h*处沿斜坡自由下滑，并自a处进入槽内，到达b后沿斜坡bbʹ向上滑行，已知到达最高处距水平面ab的高度为*h*，接着小物块沿斜坡bbʹ滑下并从b处进入槽内反向运动，若不考虑空气阻力，则（ ）

（A）小物块再运动到a处时速度变为零

（B）小物块尚未运动到a处时，速度已变为零

（C）小物块不仅能再运动到a处，并能沿斜坡aaʹ向上滑行，上升的最大高度为2*h*

（D）小物块不仅能再运动到a处，并能沿斜坡aaʹ向上滑行，上升的最大高度小于*h*

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）在大气中，将一容积为0.50m3的一端封闭一端开口的圆筒筒底朝上筒口朝下竖直插入水池中，然后放手。平衡时，筒内空气的体积为0.40m3。设大气的压强与10.0m高的水柱产生的压强相同，则筒内外水面的高度差为\_\_\_\_\_\_\_\_\_m。
2. （10分）近年来，由于“微结构材料”的发展，研制具有负折射率的人工材料的光学性质及其应用，已受人们关注。对正常介质，光线从真空射入折射率为*n*的介质时，入射角和折射角满足折射定律公式，入射光线与折射光线分布在界面法线的两侧，若介质的折射率为负，即*n*＜0，这时入射角和折射角仍满足折射定律公式，但入射光线与折射光线分布在界面法线的同一侧。现考虑由共轴的两个薄透镜L1和L2构成的光学系统，两透镜的光心分别为O1和O2，它们之间的距离为*s*。若要求以与主光轴成很小夹角的光线入射到O1能从O2出射，并且出射光线与入射光线平行，则可以在O1和O2之间放一块具有负折射率的介质平板，介质板的中心位于O1O2的中点，板的两个平行侧面与主光轴垂直，如图所示。若介质的折射率*n*＝－1.5，则介质板的厚度即垂直于主光轴的两个平行侧面之间的距离*d*＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
3. （10分）已知：规定一个K（钾）原子与Cl（氯）原子相距很远时，他们的相互作用势能为0，从一个K原子中移走最外层电子形成K＋离子所需的能量（称为电离能）为*E*K，一个Cl原子吸收一个电子形成Cl－离子释放的能量（称为电子亲和能）为*E*Cl，K+离子（视为质点）与Cl-离子（视为质点）之间的吸引力力为库仑力，电子电荷量的大小为*e*，静电力常量为*k*。利用以上知识，可知当KCl分子中K+离子与Cl-离子之间的库仑相互作用势能为0时，K+离子与Cl－离子之间的距离*r*s可表示为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。若已知*E*K＝4.34eV，*E*Cl＝3.62eV，*k*＝9.0×109N·m2/C2，*e*＝1.60×10-19C，则*r*s＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_m。
4. （10分）光帆是装置在太空船上的一个面积很大很轻的帆，利用太阳对光帆的光压，可使太空船在太空飞行。高级想一光帆某时刻位于距离太阳1天文单位（即日地间的平均距离）处，已知该处单位时间内通过垂直于太阳光辐射方向的单位面积的辐射能量*E*＝1.37×103J·m-2·s-1，设平面光帆的面积为1.0×106m2，且其平面垂直于太阳光辐射方向，又设光帆对太阳光能全部反射（不吸收），则光帆所受光的压力约等于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_N。
5. （20分）有两个电阻1和2，它们的阻值随所加电压的变化而改变，从而它们的伏安特性即电压和电流不再成正比关系（这种电阻称为非线性电阻）。假设电阻1和电阻2的伏安特性图线分别如图所示。现先将这两个电阻并联，然后接在电动势*E*＝9.0V、内电阻*r*0＝2.0Ω的电源上。试利用题给的数据和图线在题图中用作图法读出所需数据，进而分别求出电阻1和电阻2上消耗的功率*P*1和*P*2。要求：

Ⅰ．在题图上画出所作的图线。（只按所画图线评分，不要求写出画图的步骤及理由）

Ⅱ．从图上读下所需物理量的数据（取二位有效数字），分别是：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

Ⅲ．求出电阻1消耗的功率*P*1＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，电阻2消耗的功率*P*2＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

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. （17分）宇航员从空间站（绕地球运行）上释放了一颗质量*m*＝500kg的探测卫星。该卫星通过一条柔软的细轻绳与空间站连接，稳定时卫星始终在空间站的正下方，到空间站的距离*l*＝20km。已知空间站的轨道为圆形，周期*T*＝92min（分）。

（1）忽略恒星拉力对空间站轨道的影响，求卫星所受轻绳拉力的大小。

（2）假设某一时刻卫星突然脱离轻绳。试计算此后卫星轨道的近地点到地面的高度、远地点到地面的高度和卫星运行的周期。

取地球半径*R*＝6.4×103km，地球同步卫星到地面的高度为*H*0＝3.6000×104km，地球自转周期*T*0＝24小时。

1. （17分）某同学选了一个倾角为*θ*的斜坡，他骑在自行车上刚好能在不踩踏板的情况下让自行车沿斜坡匀速向下行驶，现在他想估测沿此斜坡向上匀速行驶时的功率，为此他数出在上坡过程中某一只脚蹬踩踏板的圈数*N*（设不间断的匀速蹬），并测得所用时间*t*，再测得下列相关数据：自行车和人的总质量*m*，轮盘半径*R*1，飞轮半径*R*2，车后轮半径*R*3。试导出估测功率的表达式。已知上、下坡过程中斜坡及空气作用于自行车的阻力大小相等，不论上在上坡还是在下坡过程中，车轮与坡面接触处都无滑动。不计自行车内部各部件之间相对运动而消耗的能量。
2. （20分）电荷量为*q*的正电荷，均匀分布在由绝缘材料制成的质量为*m*半径为*R*的均匀细圆环上，现设法加外力使圆环从静止开始，绕通过环心垂直于环面的轴线匀加速转动。试求从开始转动到环的角速度达到某一值*ω*0的整个过程中外力所做的功。已知转动带电圆环的等效电流为*I*时，等效电流产生的磁场对整个以圆环为周界的圆面内的磁通量*Φ*＝*kI*，*k*为一已知常量。不计电荷作加速运动所产生的辐射效应。
3. （20分）如图所示，一木块位于光滑的水平桌面上，木块上固定一支架，木块与支架的总质量为*M*。一摆球挂于支架上，摆球质量为*m*，*m*＜*M*/2，摆线的质量不计。初始时，整个装置处于静止状态。一质量为*m*的子弹以大小为*v*0、方向垂直于图面向里的速度射入摆球并立即停留在球内，摆球与子弹便一起开始运动。已知摆线最大偏转角小于90°，在小球往返运动过程中摆线始终是拉直的，木块未发生转动。

（1）求摆球上升的最大高度；

（2）求木块的最大速率；

（3）求摆球在最低处时速度的大小和方向。

1. （20分）图中坐标原点O（0，0）处有一带电粒子源，向*y*≥0一侧沿O*xy*平面内的各个不同方向发射带正电的粒子，粒子的速率都是*v*，质量均为*m*，电荷量均为*q*。有人设计了一方向垂直于O*xy*平面，磁感应强度的大小为*B*的均匀磁场区域，使上述所有带电粒子从该磁场区域的边界射出时，均能沿轴*x*正方向运动。试求出此边界线的方程，并画出此边界线的示意图。
2. （20分）在海面上有三艘轮船，船A以速度*u*向正东方向航行，船B以速度2*u*向正北方向航行，船C以速度2*u*向东偏北45°方向航行。在某一时刻，船B和C恰好同时经过船A的航线并位于船A的前方，船B到船A的距离为*a*，船C到船A的距离为2*a*。若以此时刻作为计算时间的零点，求在*t*时刻B、C两船间距离的中点M到船A的连线MA绕M点转动的角速度。

# 参考答案

一．选择题

1、C 2、C 3、BC 4、A 5、D

二．填空题

6、2.5m 7、*s*

8、（6分），2.0×10-9（2分）

9、9（10分）

10、Ⅰ、如图所示（8分）



Ⅱ、并联电路两端电压*U*0＝2.3V（2分），通过电阻1的电流*I*10＝1.2A（3分），通过电阻2的电流*I*20＝2.2A（3分）

Ⅲ、2.8W（2分），4.9W（2分）

三．计算题

11、（1）设空间站离地面高度为*H*，因为同步卫星的周期和地球自转周期相同，根据开普勒第三定律以及题意有

＝，即*H*＝（*R*＋*H*0）*T*2/3/*T*02/3－*R*，

代入数据得*H*＝376km，卫星高度*h*＝*H*－*l*＝356km，卫星在细线的拉力*F*和地球引力作用下跟随空间站一起绕地球做周期为*T*的圆周运动，

有*GMm*/（*R*＋*h*）2－*F*＝4*mπ*2（*R*＋*h*）/*T*2，空间站在地球引力作用下绕地球做周期为*T*的圆周运动，有*GMm*’/（*R*＋*H*）2＝4*m*’*π*2（*R*＋*H*）/*T*2，

解得*F*＝[－1]

*F*＝38.2N

（2）细绳脱落后，卫星在地球引力作用下绕地球运动的轨道为一椭圆。在脱落的瞬间，卫星速度垂直于卫星与地心的连线，所以脱落点必是远地点（或近地点），此点到地面的距离为356km，设卫星在近地点（或远地点）的高度为*h*’，速度为*v*’，由开普勒第二定律，有（*R*＋*h*’）*v*’＝2*π*（*R*＋*h*）2/*T*，根据机械能守恒，有*mv*’2 －*GMm*/（*R*＋*h*’）＝*m*（2*π*/*T*）2（*R*＋*h*）2－*GMm*/（*R*＋*h*），

解得*h*ʹ＝238km，则远地点高为356km，近地点高为238km，卫星周期为*T*ʹ＝（2*R*＋*h*＋*h*ʹ）2*T*/（2*R*＋2*H*）2＝90.4min。

12、因下坡时自行车匀速运动，可知阻力大小为*f*＝*mg*sin*θ*，由题意，

自行车向上匀速行驶时，轮盘的角速度*ω*＝2*πN*/*t*，

其边缘线速度*v*1＝*ωR*1，

飞轮边缘线速度*v*2＝*v*1，

后轮边缘线速度*v*3＝*R*3*v*2/*R*2，而*Δs*＝2*πR*3，*T*＝2*πR*3/*v*3，

自行车前进的速度大小*V*＝*Δs*/*T*＝2*πNR*1*R*3/*R*2*t*，

人骑自行车上坡的功率为克服阻力的功率加上克服重力沿斜面分力的功率，即

*P*＝*fV*＋*mgV*sin*θ*＝

13、当环的角速度到达*ω*0时，环的动能*E*k＝*mR*2*ω*02，若时刻*t*，环的角速度为*ω*，则环形成的等效*I*＝*qωR*/2*πR*＝*qω*/2*π*，感应电动势*ε*＝*Δφ*/*Δt*＝*kΔI*/*Δt*＝*kqΔω*/2*πΔt*，环加速转动时，要克服感应电动势做功，功率为*P*1＝*Iε*，因为是匀加速转动，所以*ω*和*I*都随时间*t*线性增加，若角速度从零开始增加到*ω*0经历的时间为*t*0，则有*ω*0＝*t*0*Δω*/*Δt*，若与*ω*0对应的等效电流为*I*0，

则在整个过程中克服感应电动势做的总功*W*1＝*εI*0*t*0＝*kq*2*ω*02/8*π*2，

外力做的总功*W*＝*W*1＋*E*k＝＋*mR*2*ω*02

14．

（1）由动量守恒定律有 *mv*0＝2*mu*，小球摆动过程中由水平方向动量守恒和机械能守恒有2*mu*＝（2*m*＋*M*）*V*，*mu*2＝（2*m*＋*M*）*V*2＋2*mgh*，解得：*h*＝

（2）摆球向上摆和向下摆的过程中，摆线对支架的力始终向前方，所以支架不断加速，摆线第一次返回竖直位置时支架速度最大，由水平方向动量守恒和机械能守恒有2*mu*＝2*mu*’＋*MV*’，*mu*2＝*mu*’2＋*MV*’2，解得：*V*ʹ＝0（不合），*V*ʹ＝，

（3）子弹射入小球时，小球速度为*u*＝*v*0，方向向前，第一次摆回最低点时速度为*u*ʹ＝，方向向后，第二摆回最低点时速度为*v*0，方向向前，开始重复初始的运动。

15．（1）先设磁场方向向里，且无边界，考察从粒子源发出的速率为*v*、方向与*x*轴夹角为*θ*的粒子，在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动，有*qvB*＝*mv*2/*R*，*R*＝*mv*/*qB*，圆心位于图中O’点，O’P平行于*y*轴，粒子运动到P点时速度沿*x*轴正方向，所以P点就在磁场边界上，对于不同入射方向的粒子，对应的P点位置也不同，所以这些P点的连线就是所求磁场边界，P点的坐标为

*x*＝－*R*sin*θ*，*y*＝－*R*＋*R*cos*θ*，消去*θ*得*x*2＋（*y*＋*R*）2＝*R*2，即*x*2＋（*y*＋*mv*/*qB*）2＝*m*2*v*2/*q*2*B*2，这是半径为*R*，圆心位于（0，－*R*）的圆，由题意磁场边界应为左侧半圆，所以边界方程为*x*2＋（*y*＋）2＝，*x*≤0，*y*≤0。

1. 以*t*＝0时A船所在位置为坐标原点作如图所示坐标系，*x*轴指向正东，*y*轴指向正北，把C船的速度分解成*vx*和*vy*，

由题意*vx*＝*vy*＝2*u*，*t*时刻三船位置如图中所示

BC＝*a*＋2*ut*，BC的中点M坐标为*x*M＝3*a*/2＋*ut*，*y*M＝2*ut*，可见M点沿*x*方向的速度为*u*，沿*y*方向的速度为2*u*，

以M点为参照系，建立以M点为坐标原点的坐标系，*x*’轴*y*’轴分别与*x*轴*y*轴平行，则船A只有负*y*’方向的速度－2*u*，在*t*时刻，船A在M*x*’*y*’系中的坐标为*x*’A＝－3*a*/2，*y*’A＝－2*ut*，

把A船的速度分解成沿连线方向和垂直于连线方向的两个分速度，垂直于连线方向的分速度为

*v*＝2*u*cos*θ*，cos*θ*＝|*x*’A|/*R*，*R*2＝*x*’A2＋*y*’A2，*ω*＝*v*/*R*＝。















