# 第26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7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7分，选对但不全的得3分，有选错或不答的得0分。

1. 图中a、b和c、d分别是两个平行板电容器的极板，*E*为电池，彼此相距较远。用导线将*E*的正极与a、c相连，将*E*的负极与b、d相连，待电容器充电后，去掉导线。这时已知a带的电荷量大于c带的电荷量，称此状态为原始状态。现设想用两根导线分别都从原始状态出发，进行发下两次连接：第一次用一根导线将a、c相连，用另一根导线将b、d相连；第二次用一根导线将a、d相连，用另一根导线将b、c相连，每次连接后都随即移去导线。下面哪种说法是正确的（ ）

（A）经过第一次连接，a、b间的电压下降，c、d间的电压上升

（B）经过第一次连接，a、b间和c、d间的电压都不变

（C）经过第二次连接，a、b间和c、d间的电压中有一个上升，一个下降

（D）经过第二次连接，a、b间和c、d间的电压都下降



1. 两根金属导体制成的长度相等、横截面积相同的圆柱形杆，串联在某一直流电源两端，如图所示，已知杆a的质量小于杆b的质量，杆a金属的摩尔质量小于杆b金属的摩尔质量，杆a的电阻大于杆b的电阻，假设每种金属的每个原子都提供相同数目的自由电子（载流子）。当电流达到稳恒时，若a、b内存在电场，则该电场可视为匀强电场。下面结论中正确的是（ ）

（A）两杆内的电场强度都等于零

（B）两杆内的电场强度都不等于零，且a内的场强大于b内的场强

（C）两杆内载流子定向运动的速度一定相等

（D）a内载流子定向运动的速度一定大于b内载流子定向运动的速度

1. 一根内径均匀、两端开口的细长玻璃管，竖直插在水中，管的一部分在水面上。现用手指封住管的上端，把一定量的空气密封在玻璃管中，以*V*0表示其体积；然后把玻璃管沿竖直方向提出水面，设此时封在玻璃管中的气体体积为*V*1；最后把玻璃管在竖直平面内转过90°，让玻璃管处于水平位置，设此时封在玻璃管中的气体体积为*V*2。则有（ ）

（A）*V*1＞*V*0＝*V*2 （B）*V*1＞*V*0＞*V*2

（C）*V*1＝*V*2＞*V*0 （D）*V*1＞*V*0，*V*2＞*V*0

1. 一块足够长的白板，位于水平桌面上，处于静止状态。一石墨块（可视为质点）静止在白板上。石墨块与白板间有摩擦，动摩擦因数为*μ*。突然，使白板以恒定的速度*v*0做匀速直线运动，石墨块将在白板上划下黑色痕迹。经过某一时间*t*，令白板突然停下，以后不再运动。在最后石墨块也不再运动时，白板上黑色痕迹的长度可能是（已知重力加速度为*g*，不计石墨与板摩擦划痕过程中损失的质量）（ ）

（A） （B）*v*0*t* （C）*v*0*t*－*μgt*2 （D）



1. 如图所示，一个电容为*C*的理想电容器与两个阻值皆为*R*的电阻串联后通过电键K连接在电动势为*E*的直流电源的两端，电源的内电阻忽略不计，电键K是断开的。在*t*＝0时刻，闭合电键K，接通电路。在图中给出了六种电压*U*随时间*t*变化的图线a、b、c、d、e、f，现从其中选出三种图线用来表示电路上1、2、3、4四点中某两点间的电压随时间*t*的变化，下面四个选项中正确的是（ ）

（A）a、b、f （B）a、e 、f

（C）b、d、e （D）c、d、e



二．填空题和作图题。把答案填在题中的横线上或把图画在题指定的地方。只要给出结果，不需写出求得的过程。

1. （8分）传统的雷达天线依靠转动天线来搜索空中各个方向的目标，这严重影响了搜索的速度。现代的“雷达”是“相位控制阵列雷达”，它是由数以万计的只有几厘米或更小的小天线按一定的顺序排列的天线阵，小天线发出相干的电磁波，其初相位可通过计算机调节，从而可改变空间干涉极强的方位，这就起了快速扫描搜索空中各个方向目标的作用。对下面的简单模型的研究，有助于了解改变相干波的初相位对空间干涉极强方位的影响。

图中a、b为相邻两个小天线，间距为*d*，发出波长为*λ*的相干电磁波。*Ox*轴通过a、b的中点且垂直于a、b的连线。若已知当发出的电磁波在a、b处的初相位相同即相位差为0时，将在与*x*轴成角*θ*（*θ*很小）方向的远处形成干涉极强，现设法改变a、b发出的电磁波的初相位，使b的初相位比a的落后一个小量*φ*，结果，原来相干极强的方向将从*θ*变为*θ*ʹ，则*θ*－*θ*ʹ等于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

1. （8分）He-Ne激光器产生的波长为6.33×10-7m的谱线是Ne原子从激发态能级（用*E*1表示）向能量较低的激发态能级（用*E*2表示）跃迁时发生的；波长为3.39×10-6m的谱线是Ne原子从能级*E*1向能量较低的激发态能级（用*E*3表示）跃迁时发生的。已知普朗克常量*h*与光*c*的乘积*hc*＝1.24×10-6m·eV。由此可知Ne的激发态能级*E*3与*E*2的能量差为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_eV。
2. （8分）一列简谐横波沿*x*轴负方向传播，传播速度*v*＝200m/s。已知位于坐标原点（*x*＝0）处的质元的振动图线如图所示，试在图中画出*t*＝40ms时该简谐波的波形图线（不少于一个波长）。



1. （8分）图示为某一圆形水池的示意图（竖直截面）。AB为池中水面的直径，MN为水池底面的直径，O为圆形池底的圆心。已知ON为11.4m，AM、BN为斜坡，池中水深5.00m，水的折射率为4/3。水的透明度极好，不考虑水的吸收。图中a、b、c、d为四个发光点，天空是蓝色的，水面是平的。在池底中心处有一凹槽，一潜水员仰卧其中，他的眼睛位于O点处，仰视水面的最大范围的直径为AB。

（1）潜水员仰视时所看到的蓝天图象对他的眼睛所张的视角为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

（2）四个发光点a、b、c、d中，其发出的光能通过全反射到达潜水员眼睛的是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

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. （19分）试分析下面实验操作中的误差（或失误）对实验结果的影响。

（1）用“插针法”测量玻璃的折射率时，要先将透明面平行的玻璃砖放置在铺平的白纸上，然后紧贴玻璃砖的两个透明面，分别画出两条直线，在实验中便以这两条直线间的距离作为透明面之间的距离。如果由于操作中的误差，使所画的两条直线间的距离大于玻璃砖两透明面间的实际距离，问这样测得的折射率与实际值相比，是偏大，偏小，还是相同？试给出简要论证。

（2）在用单摆测量重力加速度*g*时，由于操作失误，致使摆球不在同一竖直平面内运动，而是在一个水平面内做圆周运动，如图所示。这时如果测出摆球做这种运动的周期，仍用单摆的周期公式求出重力加速度，问这样求出的重力加速度与重力加速度的实际值相比，哪个大？试定量比较。

1. （18分）现有以下器材：电流表一只（量程适当。内阻可忽略不计。带有按钮开关K1，按下按钮，电流表与电路接通，有电流通过电流表，电流表显示一定的读数），阻值已知为*R*的固定电阻一个，阻值未知的待测电阻*R*x一个，直流电源一个（电动势ε和内阻*r*待测），单刀双掷开关K一个，接线用的导线若干。

试设计一个实验电路，用它既能测量直流电源的电动势*ε*和内阻*r*，又能测量待测电阻*R*x（注意：此电路接好后，在测量过程中不许再拆开，只许操作开关，读取数据）。具体要求：

（1）画出所设计的电路图。

（2）写出测量*ε*、*r*和*R*x的主要步骤。

（3）导出用已知量和实验中测量出的量表示*ε*、*r*和*R*x的表达式。

1. （18分）一静止的原子核A发生α衰变后变成原子核B，已知原子核A、原子核B和α粒子的质量分别为*m*A、*m*B和*m*α，光速为*c*（不B考虑质量与速度有关的相对论效应），求衰变后原子核B和α粒子的动能。



1. （18分）近代的材料生长和微加工技术，可制造出一种使电子的运动限制在半导体的一个平面内（二维）的微结构器件，且可做到电子在器件中象子弹一样飞行，不受杂质原子射散的影响。这种特点可望的新的应用价值。图1所示为四端十字形二维电子气关导体，当电流从1端进入时，通过控制磁场的作用，可使电流从2，3，或4端流出。

对下面模拟结构的研究，有助于理解电流在上述四端十字形导体中的流动。图2中a、b、c、d为四根半径都为*R*的圆柱体的横截面，彼此靠得很近，形成四个宽度极窄的狭缝1、2、3、4，在这些狭缝和四个圆柱体所包围的空间（设为真空）存在匀强磁场，磁场方向垂直纸面向里。以*B*表示磁感应强度的大小。一个质量为*m*、电荷量为*q*的带正电的粒子，在纸面内以速度*v*0沿与a、b都相切的方向由缝1射入磁场内，设粒子与圆柱表面只发生一次碰撞，碰撞是弹性的，碰撞时间极短，且碰撞不改变粒子的电荷量，也不受摩擦力作用。试求*B*为何值时，该粒子能从縫2处且沿与b、c都相切的方向射出。

1. （20分）如图所示，M1N1N2M2是位于光滑水平桌面上的刚性U形金属导轨，导轨中接有阻值为*R*的电阻，它们的质量为*m*0。导轨的两条轨道间的距离为*l*。PQ是质量为*m*的金属杆，可在轨道上滑动，滑动时保持与轨道垂直，杆与轨道间的接触是粗糙的，杆与导轨的电阻不计。初始时，杆PQ位于图中虚线处，虚线的右侧为一匀强磁场区域，磁场方向垂直于桌面，磁感应强度的大小为*B*。现有一位于导轨平面内的与轨道平行的恒力*F*作用于PQ上，使之从静止开始在轨道上向右做加速运动。已知经过时间*t*，PQ离开虚线的距离为*x*，此时通过电阻的电流为*I*0，导轨向右移动的距离为*x*0（导轨的N1N2部分尚未进入磁场区域）。求在此过程中电阻所消耗的能量。不考虑回路的自感。

N1

P

M1

M2

Q

N2

*F*

*R*

1. （20分）图中M1和M2是绝热气缸中的两个活塞，用轻质刚性细杆连结，活塞与气缸壁的接触是光滑的、不漏气的，M1是导热的，M2是绝热的，且M2的横截面积是M1的2倍。M1把一定质量的气体封闭在气缸的L1部分，M2把一定质量的气体封闭在气缸的L2部分，M2的右侧是大气，大气压强*p*0是恒定的。K是加热L2中气体的电热丝。初始时，两个活塞和气体都处于平衡状态，分别以*V*10和*V*20表示L1和L2中气体的体积。现通过K对气体缓慢加热一段时间后停止加热，让气体重新达到平衡态，这时，活塞未被气缸壁挡住。加热后与加热前比，L1和L2中气体的压强是增大了、减小了还是未变？要求进行定量论证。
2. （20分）一个质量为*m*1的废弃人造卫星在离地面高*h*＝800km高空做圆周运动，在某处和一个质量为*m*2＝*m*1/9的太空碎片发生迎头正碰，碰撞时间极短，碰后二者结合成一个物体并做椭圆运动。碰撞前太空碎片做椭圆运动，椭圆轨道的半长轴为7500km，其轨道和卫星轨道在同一平面内。已知质量为*m*的物体绕地球做椭圆运动时，其总能量即动能和引力势能之和*E*＝－*G*，式中*G*是引力常量，*M*是地球质量，*a*是椭圆轨道的半长轴。设地球是半径*R*＝6371km的质量均匀分布的球体，不计空气阻力。

（1）试定量论证碰撞后二者结合成的物体会不会落到地球上。

（2）如果此事件是发生在北极上空（地心和北极的连线方向上），碰后二者结合成的物体与地球相碰处的纬度是多少？

# 参考答案：

一．选择题

1、BD 2、B 3、A 4、AC 5、AB

二．填空题和作图题

6、－ 7、1.59

8、如图



9、（1）97.4° （2）c、d

三．计算题

10、（1）原理如图所示，*i*相等情况下，*r*＞*r*ʹ，所以*n*将偏小



（2）*F*sin*θ*＝*ml* sin*θ*（*π*）2，*F*cos*θ*＝*mg*，得*T*＝2π*θ*，而单摆周期*T*’＝2π，cos*θ*＜1，所以*T*＜*T*’，把较小的周期代入周期公式计算而得的*g*值将大于*g*的实际值。

11、（1）电路如图所示



（2）实验步骤：

Ⅰ、将单向双掷开关置于空位，按所设计的电路图接线。

Ⅱ、按下电流表上的按钮开关K1，读下电流表的示数*I*1。

Ⅲ、将K打向左侧与a接通，读下电流表的示数*I*2。

Ⅳ、将K打向右侧与b接通，读下电流表的示数*I*3。

（3）*ε*＝*I*1*R*＋*I*1*r*，*ε*＝*I*2＋*I*2*r*，*I*3*R*＝（*ε*－*I*3）*Rx*，

解得：*ε*＝，*r*＝，*Rx*＝，本题也可将两电阻串联而设计。

12、由动量守恒得*mαvα*－*mBvB*＝0，

由能量守恒得*mAc*2＝*mαvα*2＋*mBvB*2＋*mBc*2＋*mαc*2，

解得：*m*B*v*B2＝（*m*A－*m*B－*m*α）*c*2，*m*α*v*α2＝（*m*A－*m*B－*m*α）*c*2



13．（1）取坐标如图所示，由缝1进入后圆周运动的圆心在*y*轴上，方程为*x*2＋（*y*－*r*）2＝*r*2，

粒子与*d*柱面相碰点的坐标为*x*＝2*R*－*R*sin45°，*y*＝*R*－*R*cos45°，

解得*r*＝3*R*，

由洛仑兹力和牛顿定律有*qvB*＝*m*，

得：*B*＝

14．由动能定理：*WF*＋*WA*＋*Wf*＝*mv*2，*WF*＝*Fx*，－*WA*＝*ER*，*Wf*＝*fx*＝*m*0*a*，而*a*＝，

得*Wf*＝－2*m*0，*ε*＝*Blv*，*I*0＝*ε*，得*v*＝，

所以*E*R＝（*F*－2*m*0）*x*－*m*

15．对两部分气体，由气态方程：

*p*1*V*1＝*n*1*RT*，*p*2*V*2＝*n*2*RT*，

对两活塞和轻杆系统，由平衡条件得：*p*1*S*1－*p*2*S*1＋*p*2*S*2－*p*0*S*2＝0，*S*2＝2*S*1，

得：*p*1＋*p*2＝2*p*0，

所以*p*1＝，

而*p*10＝，

因联结杆是刚性的，所以两部分气体的体积增加量相等，设为*ΔV*，

*V*1＝*V*10＋*ΔV*，*V*2＝*V*20＋*ΔV*，

则*p*1－*p*10＝*ΔΔΔ*，

若加热前*V*10＝*V*20，则*p*1＝*p*10，即*p*1不变，那么*p*2也不变；

若加热前*V*10＜*V*20，则*p*1＜*p*10，即加热后*p*1减小，那么*p*2必变大；

若加热前*V*10＞*V*20，则*p*1＞*p*10，即加热后*p*1变大，那么*p*2必减小。

16．（1）图1为卫星和碎片运行轨道的示意图。对卫星有：*G*＝*m*1，*v*1＝＝，

对碎片有：*m*2*v*22－*G*＝－*G*，

得：*v*2＝＝，

碰撞过程中动量守恒：*m*1*v*1－*m*2*v*2＝（*m*1＋*m*2）*v*，*v*＝＝0.7520，

结合物能量守恒：－*G*＝（*m*1＋*m*2）*v*2－*G*，

得*a*’＝5259km，近地点到地心的距离为2*a*’－（*R*＋*h*）＝3347km＜*R*，

最后会撞到地球上。

（2）在极坐标中，椭圆方程为*r*＝*θ*，远地点到地心距离为*rmax*＝*R*＋*h*，*e*＝＝0.3635，在近地点*r*＝*rmin*，*θ*＝0，则*p*＝*rmin*（1＋*e*）＝4563km，*p*＝*rmax*（1－*e*），在撞击地球处有*p*＝*R*（1＋*e*cos*θ*），

代入数据得cos*θ*＝－0.7807，*θ*＝141.32°，这是在北纬51.32°

