# 第27届全国中学生物理竞赛预赛题试卷

一．选择题。本题共7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. 若质点做直线运动的速度*v*随时间*t*变化的图线如图1所示，则该质点的位移*s*（从*t*＝0开始）随时间*t*变化的图线可能是图2中的哪一个？（ ）

*O*

*O*

*O*

*O*

*O*

*t*

*v*

*t*

*t*

*t*

*t*

*s*

*s*

*s*

*s*

*T*/2

*T*/2

*T*/2

*T*/2

*T*/2

*T*

*T*

*T*

*T*

*T*

（A）

（B）

（C）

（D）

图2

图1

1. 烧杯内盛有0℃的水，一块0℃的冰浮在水面上，水面正好在杯口处。最后冰全部熔解成0℃的水，在这过程中（ ）

（A）无水溢出杯口，但最后水面下降了 （B）有水溢出杯口，但最后水面仍在杯口处

（C）无水溢出杯口，水面始终在杯口处 （D）有水溢出杯口，但最后水面低于杯口

1. 如图所示，a和b是绝热气缸内的两个活塞，他们把气缸分成甲和乙两部分，两部分中都封有等量的理想气体。A是导热的，其热容量可不计，与气缸壁固连，b是绝热的，可在气缸内无摩擦滑动，但不漏气，其右方为大气。图中K为加热用的电炉丝，开始时，系统处于平衡状态，两部分中气体的温度和压强都相同。现接通电源，缓慢加热一段时间后停止加热，系统又达到新的平衡，则（ ）

（A）甲、乙中气体的温度有可能不变

（B）甲、乙中气体的压强都增加了

（C）甲、乙中气体的内能的增加量相等

（D）电炉丝放出的总热量等于甲、乙中气体增加内能的总和

1. 一杯水放在粘性上加热烧开后，水面上方有“白色气”；夏天一块冰放在桌面上，冰的上方也有“白色气”。（ ）

（A）前者主要是由杯中水变来的“水的气态物质”

（B）前者主要是由杯中水变来的“水的液态物质”

（C）后者主要是由冰变来的“水的气态物质”

（D）后者主要是由冰变来的“水的液态物质”

1. 如图所示，电容量分别为*C*和2*C*的两个电容器a和b串联接在电动势为*E*的电池两端充电，达到稳定后，如果用多用电表的直流电压挡V接到电容器a的两端（如图），则电压表的指针稳定后的读数是（ ）

（A）*E*/3 （B）2*E*/3 （C）*E* （D）0

1. 已知频率为*ν*、波长为*λ*的光子的能量*E*＝*hν*，动量为*p*＝*h*/*λ*，式中*h*为普朗克常量，则光速*c*可表示为（ ）

（A）*p*/*E* （B）*E*/*p* （C）*Ep* （D）*E*2/*p*2

1. 某种核X经过α衰变后变为核Y，再经过β衰变后变为核Z，即abX⎯→cdY⎯→efZ，下列关系中正确的是（ ）

（A）a＝e＋4 （B）c＝e （C）d＝f－1 （D）b＝f＋2

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. （12分）选择合适的卫星发射地发射卫星，对提高运载效率、节省燃料等方面都有影响（特别是对同步卫星的发射）。

如果在地球表面纬度为*φ*处发射一颗绕地球表面运行的人造卫星，假设地球可视为质量均匀分布的球体，已知地球自转的角速度为*ω*，地球半径为*R*，地球表面处的重力加速度为*g*，卫星质量为*m*，则至少要给卫星的能量为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。设重力加速度*g*＝9.80m/s2，地球半径*R*＝6.4×106m，卫星质量*m*＝1.00×103kg，若发射地在酒泉，其纬度为北纬40度58分，则所需的能量为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_J，若发射地在文昌，其纬度为北纬19度19分，则所需的能量为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_J。

1. （18分）图中所示为一球心在O点的不带电的固定的导体球，A、B、C是球外三点，与球心O在同一平面内，三点的位置OAB和OBC都为等边三角形，当把一表面均匀带正电的塑料小球的球心放在A点时（如图所示），已知此时A、B、C三点的电势分别为*U*A、*U*B、*U*C。现把另外两个与放在A点的小球完全相同的带正电的塑料小球分别放在B点和C点，已知导体球上感应电荷的分布可看作是各塑料小球单独存在时所产生的感应电荷分布的叠加。此时，BA两点间的电势差*U*Bʹ－*U*Aʹ＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，BC两点间的电势差*U*Bʹ－*U*Cʹ＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，AC两点间的电势差*U*Aʹ－*U*Cʹ＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。如果在上面的情况下，把导体球移到电场以外，则BA两点间的电势差将\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（填“增大”、“减小”或“不变”），BC两点间的电势差将\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（填“增大”、“减小”或“不变”），AC两点间的电势差将\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（填“增大”、“减小”或“不变”）。
2. （10分）用图示电路测得的数据可画出小灯泡的伏安特性图线，小灯泡L的额定功率为3.6W，额定电压为6V。电源*E*的电动势为10V，内阻不计，滑动变阻器*R*的全电阻约为200Ω。通过调节滑动变阻器，可以调节通过L的电流，电流*I*由电流表A读出，灯泡两端的电压*U*由电压表V读出。根据测量数据可在方格纸上画出在测量范围内小灯泡的伏安特性图线，所画出的图线可能是下图中的哪一个？答：\_\_\_\_\_\_\_\_。



1. （12分）图1中的M、N为处在匀强磁场中的两条位于同一水平面内的平行长导轨，一端串接电阻*R*，磁场沿竖直方向，ab为金属杆，可在导轨上无摩擦滑动，滑动时保持与导轨垂直，杆和导轨的电阻不计，现于导轨平面内沿垂直于ab方向对杆施一恒力*F*，使杆从静止出发向右运动，在以后的过程中，杆速度的大小*v*、加速度有大小*a*、力*F*冲量的大小*I*、以及*R*上消耗的总能量*E*随时间*t*变化的图线，分别对应于图2中哪一条图线？把代表该物理量的符号填在你所选定图线的纵坐标处的方框中。



1. （9分）右图为“用双缝干涉测量光的波长”实验装置的示意图。图中S0为狭缝，S1、S2为双狭缝，S为观察屏。当用单色光（以*λ*表示其波长）从左方照射狭缝S0时，由双狭缝S1、S2射出的光是相干光，可在观察屏S上出现明暗相间的干涉条纹。若屏S上的P点是某一暗条纹的中心，已知P点到缝S1的距离为*r*1，则P点到缝S2的距离为*r*2＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。为了求出波长*λ*，实验中应测量的物理量是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。若实验装置中单缝、双狭缝和屏的位置都不变，只是入射光第一次为红光，第二次为蓝光，则第二次观察到的干涉条纹与第一次相比，不同之处除了条纹的颜色外，还有\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
2. （8分）光通过光纤长距离传输时，因损耗而要衰减，故必须在途中设立“中继站”进行放大。现代采用直接放大即全光型放大，它可使传输速率大大提高。其办法是在光纤中掺入铒。

铒离子的能级如图所示，其中标为4I13/2的能级是亚稳态能级，粒子处在这能级可以持续一段时间南昌不立即向较低能级跃迁。可用半导体激光器产生的波长为0.98μm的激光照射，把处于基态能级4I15/2的粒子激发到标有4I11/2的能级，再通过“无辐射跃迁”跃迁到亚稳态能级4I13/2，从而使该能级积聚粒子数远超过处于基态的粒子数。当光纤中传输的波长为1.55μm的光波传入掺铒的光纤时，能使大量处在亚稳态能级的粒子向基态跃迁，发出波长为1.55μm的光波，于是输出的光便大大加强，实现了全光型中继放大，若普朗克常量*h*与光速*c*和乘积*hc*＝1.99×10-25J·m，则无辐射跃迁中一个铒粒子放出的能量等于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_J。

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. （13分）假设把地球大气等效于一个具有一定厚度和折射率均匀的透光气体球壳，其折射率取*n*＝1.00028，把地球看作圆球。当太阳在地球某处正上方时，该处的观察者看太阳时的视角比太阳对观察者所在处的张角相差多少？已知太阳半径*R*S＝6.96×108m，日地距离*r*E＝1.50×1011m。



1. （18分）一劲度系数为*k*的轻质弹簧，上端固定，下端连一质量为*m*的物块A，A放在托盘B上，以*N*表示B对A的作用力，*x*表示弹簧的伸长量。初始时全都静止，弹簧处于自然状态，*x*＝0。现设法控制B的运动，使A匀加速下降，以*a*表示其加速度，考察能保持A匀加速下降的整个过程。

（1）试求*N*随*x*的变化关系式，并画出当*a*趋近于0和*a*等于*g*/2时*N*随*x*变化的图线（*g*为重力加速度）。

（2）求各种能量在所考察的整个过程中的终态值和初态值之差。

1. （18分）在图示的装置中，离子源A可提供速度很小的正离子（其速度可视为0），经加速电压加速后从S点进入匀强磁场，磁场方向垂直纸面指向纸外，虚线框为磁场区域的边界线。在磁场作用下，离子沿半个圆周运动后射出磁场，射出点P到S的距离用*x*表示。

（1）当离子源提供的是单一种类的第一种离子时，P到S的距离为*x*1，当离子源提供的是单一种类的第二种离子时，P到S的距离为*x*2，已知*x*1/*x*2＝*α*。试求这两种离子在磁场中运动时间*t*1和*t*2的比值*t*1/*t*2。

（2）若离子源A提供的是由H+、D+、4He+和H2+混合而成的多种离子，又通过速度选择器使各种离子的速率都为*v*，当这些离子从S点进入匀强磁场后，从磁场射出时可分离出哪几种离子束？若*v*＝2.0×106m/s，*B*＝0.50T，基本电量*e*＝1.60×10-19C，质子质量*m*P＝1.68×10-27kg，试求各种离子的射出点P到S的距离。

1. （20分）可以近似认为地球在一个半径为*R*的圆轨道上绕日公转，取日心参考系为惯性系，地球公转周期即一年为*T*＝365.2564日，地球自转周期为*t*，地球上的人连续两次看见太阳在天空中同一位置的时间间隔*t*E为一个太阳日，简称一日，即24小时。假设有某种作用，把地球绕日公转的圆轨道半径改变为*R*ʹ，但未改变地球的自转周期。设经过这样的改变后，地球公转一个周期即新的一年刚好是360新日，试问：

（1）这新的一日的时间是多少小时（按改变前的小时计）？

（2）这新的一年应该是多少小时，才能便得新的一年刚好是360新日？

（3）这个改变前后，系统的能量差是地球现在公转动能的百分之多少？

1. （20分）超声波流量计是利用液体流速对超声波传播速度的影响来测量液体流速，再通过流速来确定流量的仪器。一种超声波流量计的原理示意图如图所示。在充满流动液体（管道横截面上各点流速相同）管道两侧外表面上P1和P2处（与管道轴线在同一平面内），各置一超声波脉冲发射器T1、T2和接收器R1、R2。位于P1处的超声波脉冲发射器T1向被测液体发射超声脉冲，当位于P2处的接收器R2接收到超声脉冲时，发射器T2立即向被测液体发射超声脉冲。如果知道了超声脉冲从P1传播到P2所经历的时间*t*1和超声脉冲从P2传播到P1所经历的时间*t*2，又知道了P1、P2两点间的距离*l*以及*l*沿管道轴线的投影*b*，管道中液体的流速便可求得*u*。试求*u*。

# 参考答案

一．选择题

1、B 2、C 3、C 4、B 5、D 6、B 7、AB

二．填空题

8、*m*（－*ωR*cos*φ*）2（6分），2.85×1010（3分），2.80×1010（3分）

9、*U*B－*U*C（4分），*U*B－*U*C（4分），0（4分），增大（2分），增大（2分），不变（2分）

10、C

11、（3）*v*，（6）*a*，（1）*I*，（4）*E*

12、*r*1＋（2*k*＋1），*k*＝0，1，2…（3分），双狭缝S1中心到S2中心的距离，观察屏到双狭缝的距离，相邻亮条纹或暗条纹间的距离（3分），条纹间距离变小（3分）。

13、7.48×10-20（8分）

三．计算题

14、*θ*S和*θ*I就是太阳边缘发出的光线经过大气层表面时的入射角和折射角，如图所示，观察者看太阳时的视角为2*θI*，太阳对观察者所在处的张角为2*θS*，则*nθI*＝*θS*，其中*θS*＝*RS*/*rE*，所以

Δ＝2*θ*I－2*θ*S＝＝－2.60×10-6

15、（1）当A开始做匀加速运动后，有

*mg*－*N*－*kx*＝*ma*，*N*＝*m*（*g*－*a*）－*kx*，

*N*-*x*图线为直线，斜率为－*k*，截距为*m*（*g*－*a*），

可画出种情况下的图线如右图所示。

*N*＝0时*x*有最大值，*x*max＝（*g*－*a*）

*x*＝0时*N*有最大值，*N*max＝*m*（*g*－*a*）

（2）弹簧的弹性势能为*E*1＝*kx*2，整个过程中弹性势能的终态值与初态值之差为Δ*E*1＝*kxmax*2＝（*g*－*a*）2，

取*x*＝0时重力势能为0点，重力势能为*E*2＝－*mgx*，整个过程中重力势能的终态值与初态值之差为Δ*E*2＝－*mgxmax*＝－（*g*－*a*），

整个过程中B对A的作用力*N*做的功可由*N*-*x*图线得*W*＝－*Nmaxxmax*＝－，

由功能关系*W*＝Δ*E*1＋Δ*E*2＋Δ*E*3，

整个过程中动能的终态值与初态值之差为Δ*E*3＝（*g*－*a*）

16、（1）设加速电压为*U*，由能量关系有

*qU*＝*mv*2，

粒子进入磁场后在洛伦兹力作用下做圆周运动，有

*qvB*＝*m*，所以*T*＝*π*，

由题意有＝，＝，

可得＝*α*2

（2）P到S的距离为*x*＝，得对H+有*x*＝8.4cm，对D+有*x*＝17cm，对4He+有*x*＝34cm，对H2+有*x*＝17cm，共三种束流。



17．（1）由于地球除自转外还有公转，当经过时间*t*E，从日心惯性系看，地球已转过一周多了，如图所示，*t*、*t*E、*T*应有以下关系

*π*×*t*E＝2*π*＋*π*×*t*E，

解得*t*＝＝23.93450h

当地球的公转轨道半径变为*R*’后，周期相应变为*T*’，由题意，地球在日心惯性系中自转周期仍为*t*，而*T*’＝360*t*E’，

由*t*＝解得*t*E’＝24.00098h

（2）*T*’＝360*t*E’＝8640.353h

（3）地球绕太阳做圆周运动时有*G*＝*m*，可得地球的动能为*E*k＝，地球的引力势能为*E*P＝－，地球总能量为*E*＝*E*k＋*E*P＝－，半径改变后，总能量变为*E*’＝－，能量差为*E*’－*E*＝（－1），由开普勒第三定律有＝，

所以*E*’－*E*＝（－1）*E*k＝*E*k

18．（1）由速度合成图可知

*c*2＝*v*12＋*u*2－2*v*1*u*cos（*π*－*α*），即*v*12＋2*v*1*u*cos*α*－（*c*2－*u*2）＝0，

解得：*v*1＝*αα*，

发射器T1向管道发射的超声脉冲传播到接收器R2所需时间*t*1＝，同理，反向发射时有*v*2＝*αα*，

发射器T2向管道发射的超声脉冲传播到接收器R1所需时间*t*2＝，有

－＝＝*α*，

而cos*α*＝，

解得：*u*＝（－）