# 第十九届全国中学生物理竞赛

# 决赛试题

## 一、（15分）

1．一根长为*l*0横截面积为*S*的匀质圆柱体，在地面上静止时测得其密度为*ρ*0。当圆柱体沿轴线方向以速度*v*＝0.9*c*相对于地面做匀速运动时，相对地面上的观测者再计算其密度*ρ*等于多少。（*c*为光速）

2．有一个电子，已知它的德布罗意波（物质波）是波长为*λ*、向*x*的正方向传播的平面波。它的动量*p*x等于多少？它的坐标*x*如何？

## 二、（25分）

在折射率为*n*的介质A中有一半径为*R*的球形气泡，气体的折射率为*n*0。现在在气泡中再放一个与气泡同心的由透明B构成的球，并令一均匀平行光束射向气泡。

*R*′

*R*

*B*

*A*

*n*′

*A*

*O*

*n*

入射光线

图决19-1

*n*0

出射光线

1．如果任意一条在介质A中射向气泡表面的入射光线在通过各介质界面时的入射角和折射角都满足sin*θ*≈*θ*的条件，且该光线再进入介质A时能沿原入射光线方向行进，如图决19-1所示。求介质B的折射率*n*ʹ和B球的半径*R*ʹ必须满足的关系式。

2．如果两球面间的介质不是气体而是一种透明液体（其折射率仍用*n*0表示），并要求任何入射角和折射角的数值都不大于0.1弧度，则符合此条件的入射光束占射至外球面上的光束的百分比为多少？

## 三、（20分）

历史上曾有人利用在地球位于其公转轨道的不同位置处从地球上测得的木星的卫星周期，首次求出了光的传播速度。现已知离木星最近的一个卫星——木卫Ⅰ的周期*T*0＝42.5小时，在地球公转轨道上各处从地球上测得的木卫Ⅰ的所有周期值中，最大的比*T*0多15秒，最小的比*T*0小15秒。假定地球、木星的公转轨道是同一平面内的圆轨道，木卫Ⅰ绕木星的运动轨道也是该平面内的圆轨道；地球的轨道半径*R*E*＝*1.5×108km，木星的轨道半径*R*J＝7.8×108km，木卫Ⅰ的轨道半径*R*Ⅰ＝4.2×105km。

1．试分析论证：测得木卫Ⅰ周期最大值和最小值时，相对木星而言，地球位于其公转轨道的何处附近以及地球、木星和木卫Ⅰ的运动对测量周期的影响。

2．利用这些数据并作合理近似求出光的传播速度*c*。

## 四、（25分）

*θ*

*φ*

# B

# A

*m*

*v*

图决19-2

如图所示，在倾角为*θ*的固定斜面顶端有一轻质定滑轮，一轻绳跨过滑轮，其两端分别与物体A、B相连，物体A位于斜面上，连接B的轻绳竖直下垂，二者均处于静止状态。已知A、B的质量分别这*m*A＝0.150kg，*m*B＝0.100kg，A与斜面间的动摩擦因数和静摩擦因数均为*μ*＝0.20，*θ*＝30°。现在有一质量为*m*＝0.010kg的子弹沿与斜面成*φ*角的方向射入A，射入前的速度*v*＝20.0m∕s，射入后留在A中，射入过程的时间极短。当*φ*＝45°时，试定量说明子弹射入后系统运动的全过程。滑轮转轴处的摩擦可忽略不计，取*g*＝10m/s2。如果*φ*不是45°，而是45°到90°之间的任意角，则射入过程结束时A的速度如何？

## 五、（25分）

如图（a）所示，有两个截面为*S*的相同U形管1、2，其内分别装有高度为*h*1和*h*2、密度为*ρ*的液体。现用同样截面的导管将两者在大气中密接起来，如图（b）所示。导管中有一活塞D，它把管中气体分成长度皆为*L*0的两部分，每部分中气体的压强皆为大气压*p*0。活塞与管壁间的最大静摩擦力为*F*。现向U形管1开口端缓慢注入一定量的同种液体，达到平衡时U形管2的左测液面高度变为*h*3。试求注入液体的体积。

2

1

2

1

*D*

图决19-3（*a*）

*h*2

*h*1

图决19-3（*b*）

*h*2

*h*1

## 六、（30分）

在空间某区域中，可能存在匀强电场和匀强磁场，也可能只存在两者之一或都不存在。现在此区域中，建立*Oxyz*坐标系如图所示。

*x*

*z*

*O*

*y*

1．已知一质量为*m*电量为*q*的质子1以大小为*v*1的速度在该区域中沿z轴正方向运动时，测得其加速度*a*1＝0。试根据质子1运动提供的信息，判断该区域中电场强度*E*和磁感强度*B*的大小和方向有哪些可能。把判断出的结论填在第131页的横线上。填写时要求：若不存在电场或磁场，用*E*＝0或*B*＝0表示；若存在电场或磁场，电场强度和磁感强度的大小分别用它在*Qxyz*坐标系中的分量*E*x，*E*y，*E*z和*B*x，*B*y，*B*z来表示；电场强度和磁感强度的方向凡是可用它与坐标轴正方向之间的夹角来表示的都用它们来表示，规定夹角是由坐标轴正方向沿小于（或等于）180的夹角转到要考查的矢量方向。（在本小题中，不要求写出理由或推理过程）

2．简要写出得出以上结论的理由和推理过程。

3．现又知另一质子2以大小为*v*2＝*v*1的速度在该区域中的*yz*平面内沿与y轴正方向和*z*轴正方向都成*α*＝45°的方向运动时，测得此时质子2的加速度大小为*a*2，方向沿x轴的负方向。试再结合质子2运动提供的信息，对上面第1小题中你所得的各种结论作进一步的分析，最后判断出该区域中电场强度*E*和磁感强度*B*的大小和方向有哪些可能，把最后判断出的结论填在下面横线上，填写时电场强度和磁感强度的大小和方向的表示方法与第1小题中的要求相同。（本小题不要求写出理由或推理过程）

