# 第十一届全国中学生物理竞赛

# 决 赛 试 题

## 一、

照相机镜头L前2.28米处的物体被清晰地成像在镜头后面12.0厘米处的照相胶片P上，今将一折射率为1.50、厚AB*＝*0.90厘米、两面平行的玻璃平板插入镜头与胶片之间，与光轴垂直，位置如图所示，设照相机镜头可看作一个简单薄凸透镜，光线为近轴光线。

0.90cm

*B*

*A*

12.0cm

8.0cm

*L*

*P*

1．求插入玻璃板后，像的新位置。

2．如果保持镜头、玻璃板、胶片三者间距离不变，并要求物体仍然清晰地成像于胶片上，则物体应放在何处？

## 二、

1964年制成了世界上第一盏用海浪发电的航标灯，它的气室示意图如图所示，利用海浪上下起伏的力量，空气能被吸进来，压缩后再推入工作室，推动涡轮机带动发电机发电，当海水下降时，阀门K1关闭，K2打开，设每次吸入压强为1.0×105帕、温度为7℃的空气0.233米3（空气可视为理想气体），当海水上升时，*K*2关闭，海水推动活塞绝热压缩空气，空气压强达到×105帕时，阀门K1才打开，K1打开后，活塞继续推动空气，直到气体全部被推入工作室为止，同时工作室的空气推动涡轮机工作，设打开K1后，活塞附近的压强近似保持不变，活塞的质量及活塞与筒壁间的摩擦忽略不计。问海水每次上升时所做功是多少？已知空气从压强为*p*1、体积为*V*1的状态绝热地改变到压强为*p*2、体积为*V*2的状态过程中，近似遵循关系式＝（）5/3，1摩尔理想气体温度升高1K时，内能改变为*R*（*R*＝8.31焦耳/摩尔·开）。

*K*2

*K*1

发电机

工作室

涡轮

空气

海水

## 三、

如图所示，一质量为0.10千克、电量为8×10-4库的带正电小球，从水平地面上A点以与*X*轴正方向成30°夹角的初速度*v*0抛出（*v*0在*XOY*竖直平面内），当达到最高点B时（B点恰好处在*OY*轴上），在全空间立刻产生一个匀强电场*E*，场强为2.50×103牛顿/库，方向平行于*XOY*平面，并与*X*轴负方向成*θ*夹角。当带电小球再次通过*OY*轴时，匀强电场立刻消失，试分析讨论当*θ*角变化时（0≤*θ*≤180°），带电小球自B点以后的运动情况，并画出带电小球在各种情况下的运动轨迹简图（*g＝*10米/秒2）。

*E*

*Y*

*B*

*A*

*O*

*θ*

30°

*v*0

*X*

## 四、

长方形风筝如图所示，其宽度*a*＝40厘米，长度*b*＝50厘米，质量*M*＝200克（其中包括以细绳吊挂的纸球“尾巴”的质量*M*ʹ＝20克，纸球可当作质点），AO、BO、CO为三根绑绳，AO＝BO，C为底边中点，绑绳及放风筝的牵绳均不可伸缩，质量不计，放风筝时，设地面风速为零，牵绳保持水平拉紧状态，且放风筝者以速度*V*持牵绳奔跑时，风筝单位面积所受的空气作用力垂直于风筝表面，量值为*P*＝*kv*sin*α*，*k*＝8牛顿·秒/米3，*α*为风筝表面与水平面的夹角，风筝表面为光滑平面，各处所受空气作用力近似认为相等，取*g*＝10米/秒2，放飞场地为足够大的水平地面。试求：

*M*′

*α*

*C*

*b*

*a*

*B*

*A*

*O*

1．放风筝者至少应以多大的速度持牵绳奔跑，风筝才能作水平飞行？这时风筝面与水平面的夹角应为何值？假设通过调整绑绳长度可使风筝面与水平面成任意角度*α*。

2．若放风筝者持牵绳奔跑的速度*v*＝3米/秒，调整绑绳CO的长度等于*b*，为了使风筝能水平稳定飞行，AO与BO的长度应等于多少？

## 五、

如图所示为称作“电子张弛振荡器”的电路图。图中Sc是恒流源（其电流不因负载的变化而变化），电流值为*I*0。S是电子开关，它的开、关动作由一个正弦信号发生器*F*产生的电压*U*F(*t*)＝*U*1＋*U*0sin*ωt*来控制，这里*U*1为常电压值，*U*0和*ω*分别是正弦信号的幅度和圆频率，*U*0＜*U*1。*U*F只起控制S动作的作用，不对电容*C*充放电，当S两端电压（即电容器两端电压）*U*（*t*）达到*U*F（*t*）时，S自动合上，使电容*C*放电，*U*（*t*）迅速下降，至下降到*U*min时，S才自动断开，这里*U*min是指小于*U*1－*U*0的常电压值。

*S*

# S*c*

*I*0

*C*

图决11-25

1．分析电容器两端电压*U*随时间*t*的变化规律，并在*U*-*t*图上画出*U*F（*t*）、*U*min和*U*随*t*的变化曲线，可以不考虑*t*＝0时是如何情况。

2．若在一定的*I*0、*U*1、*U*0、*ω*、*U*min参数值下，*U*（*t*）每相邻两次达到*U*F（*t*）的时间间隔都相等，求每次*U*（*t*）＝*U*F（*t*）时，*U*（*t*）数值与各参数的关系。

## 六、

如图所示，在倾角为*φ*的足够大粗糙斜面上，有一质点，质量为*m*，用一弹性绳栓住，绳的另一端固定在斜面上Oʹ点，弹性绳的形变与弹性力服从胡克定律，绳原长为*L*，劲度系数（即倔强系数）为*k*，斜面与质点间的静摩擦系数为*μ*，试确定质点在斜面上可静止的区域并画出此区域边界的示意图。

*m*

*O*′

*φ*

# 第十一届决赛试题解答

## 一、

解法1：

1.折射率为n，厚度为d的两面平行的玻璃板，对于会聚在像点的傍轴光束的折射作用可如下求出：如图11-29，取任一指向点的傍轴光线，此光线经平行玻璃板折射的光路为，在平板第一面的入射角i与折射角r均为小角度，反向延长交D点处的法线于F。容易看出为 平行四边形。



平行板厚度d为：，故



因为i与r都很小，所以



故得：

以上结果对任何会聚于点的傍轴光线均成立，所以向轴上点会聚的傍轴光束经平行玻璃板折射后会聚于轴上点，在这种情形下，平行玻璃板的作用是使像点向远离平板方向移动距离，由题给数据得：

cm＝0.3cm

故像成在镜头后面 （12.0+0.3）cm＝12.3cm处

2.设照相机镜头焦距为f，不放玻璃板时有：

（1/228+1/12）cm-1＝1/f

可得： f＝11.4cm

插入玻璃板时，若要像仍在离镜头12cm处的胶片上，应改变物距使放玻璃板时成像在镜头后面v处，

v＝（12.0-0.3）cm＝11.7cm

设这时物距为u，则：

1/u+1/（11.7cm）＝1/（11.4cm）得： m

即：物体置于镜头前4.45m时，插入玻璃平板后，仍可在胶片上得到清晰的像。

解法2：

1.对于玻璃板第一面上的折射，有物距：



根据：（见图11-30）

可得：cm＝13.35cm

对于玻璃板第二面上折射（见图11-31），有物距：

cm

又根据：

可得：cm＝8.3cm

故像成在镜头后面的像距为：

*v*＝（3.1+0.9+8.3）cm＝12.3cm

比原像向后称动

＝（12.3-12）cm＝0.3cm

2.设照相机镜头焦距为f，不插入玻璃板时，

cm-1得： f＝11.4cm

要使放上玻璃板后，像还成离镜头12cm处的胶片上，可采用光路可逆性原理从已知像P2的位置，求此时物体应在的位置。

对于玻璃板第二面上的折射：

已知：像距cm，n＝1.50，n0＝1.0，设与之相应的物为P1，则可得：

cm

对于玻璃板第一面上的折射：

已知：像距AP1＝12.9cm，n＝1.5，n0＝1.0，设与之相应的物为P，则可得：



cm＝-8.6cm

对于凸透镜，像距为v＝（8.6+3.1）cm＝11.7cm，则此时物距为u，则有：

1/u+1/（11.7cm）＝1/（11.4cm）

u＝4.45m

即物体应放在照相机镜头前4.45m处，才能在胶片上得到清晰的像。

## 二、

海水作功可分为两个阶段来讨论

1.绝热压缩阶段

根据热力学第一定律，在绝热过程中海水对气体所作功等于气体内能的增量，即



由于在绝热过程中，压强和体积的变化遵循关系式



以及理想气体状态方程得到



所以

K

而

mol

可得 J

J

2.根据题设把空气推入工作室时活塞附近压力不变，故



其中为活塞面积，为活塞由气体体积是V2时之位置移到筒之上端的距离，而



则 J



J

所以海水作总功为

J

## 四、

1.设人以速度V0持牵绳奔跑时，风筝恰能平行于地面飞行，此时牵绳平行于地面。设此时风筝表面与地面夹角为，则风力为：





风筝水平飞行的条件为（见图11-40）



∴当时的极大值为1/2.

把代入（1）式，得V0之极小值；



m/s＝2.5m/s

2.重新调整绑绳长度后，放飞者使牵绳平行于地面以V＝3m/s的速度奔跑，设此时风筝能保持水平飞行，则



代入数值得：





或123.60，

当V＝3m/s时，风力的水平分量为：



由力之平衡得牵绳张力为



分别代入、值，得：

N＝1.07N

N＝3.73N

自O点至AB之中点D，连接一紧绳OD替代AO和BO，以风筝纸面中心为支点（如图11-41所示），

则牵绳张力T和纸球所产生的力矩分别

为：



由力矩的平衡得：



分别代入T1、、T2、值，得

cm＝4.1cm

cm＝0.63cm

所以

cm＝15.9cm

cm＝22.6cm

由图知：



分别代入、r及b值得

， 

分别代入、值，可得

cm＝8.4cm

cm＝30cm

由 

分别代入x1、x2值，可得

cm＝21.7cm

或 cm＝36cm

讨论：AO＝36cm有利于风筝起飞。

分析与评述 这是一道在风力作用下力的平衡和力矩的平衡问题，做此题首先要能经过分析看出调节绑绳的长度与力矩平衡的关系。另外，做此题时数学处理上要比较仔细，因为是三维的。