

考生类别\_\_\_\_\_

## 第 25 届全国部分地区大学生物理竞赛试卷

北京物理学会编印

2008.12.14

北京物理学会对本试卷享有版权，未经允许，不得翻印出版或发生商业行为，违者必究。

题号	一	二			
	1 ~ 12	13	14	15	16
分数					
阅卷人					
题号	三			总分	
	17	18	19		
分数					
阅卷人					

答题说明：前 16 题是必做题，满分是 100 分；文管组和农林医组只做必做题；非物理 B 组限做 17 题，满分 110 分；非物理 A 组限做 17、18 题，满分 120 分；物理组限做 17、19 题，满分 120 分。请同学们自觉填上与准考证上一致的考生类别，若两者不符，按废卷处理，请各组考生按上述要求做题，多做者不加分，少做者按规定扣分。

### 一、填空题（必做，共 12 题，每题 2 空，每空 2 分，共 48 分）

1. 沿 $x$ 轴运动的质点，速度 $v = \alpha x$ ， $\alpha > 0$ 。 $t = 0$ 时刻，质点位于 $x_0 > 0$ 处，而后的运动过程中，质点加速度与所到位置 $x$ 之间的函数关系为 $a =$ \_\_\_\_\_，加速度与时刻 $t$ 之间的函数关系为 $a =$ \_\_\_\_\_。

2. 质量可忽略的圆台形薄壁容器内，盛满均匀液体。

容器按图 1 所示方式平放在水平地面上时，因液

体重力而使容器底面所受压强记为 $P_1$ ，地面给容

器底板向上的支持力记为 $N_1$ ；容器按图 2 所示方式放置时，相应的力学参数记为 $P_2$ 、 $N_2$ 。

那么，必定有 $P_1$ \_\_\_\_\_ $P_2$ ， $N_1$ \_\_\_\_\_ $N_2$ 。（分别选填“小于”、“等于”或“大于”。）

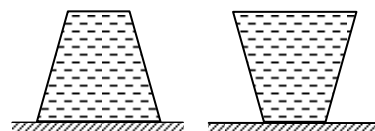
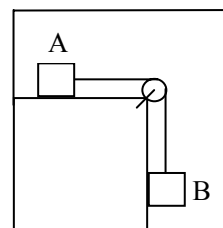


图 1

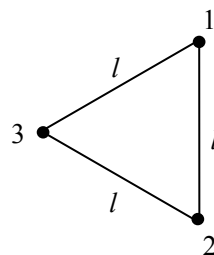
图 2

3. 在一车厢内，有图示的水平桌面、质量分别为 $m_A$ 和 $m_B$ 的物块A和B、轻绳和质量可忽略的滑轮装置。（1）设系统处处无摩擦，车厢具有竖直向上的匀加速度 $a_0$ ，则物块B相对车厢竖直向下的加速度 $a =$ \_\_\_\_\_。（2）设B与水平桌子侧面间的摩擦因

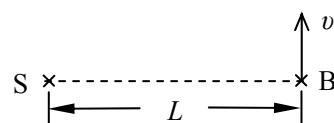


数  $\mu \geq m_A / m_B$  , 系统其余部位均无摩擦 , 今使车厢具有水平朝右的匀加速度  $a_0$  , 则  $a_0$  取值范围为\_\_\_\_\_时 , 能使物块B相对车厢不动。

4. 三个质量同为  $m$  , 电量同为  $q > 0$  的小球 1、2、3 , 用长度同为  $l$  的轻绝缘线连成等边三角形后 , 静放在光滑水平面上 , 如图所示。将球 1、2 间的轻线剪断 , 三个小球开始运动。球 3 在运动过程中 , 相对其初始位置位移的最大值  $l_{\max} =$ \_\_\_\_\_ , 运动的最大速度值  $v_{\max} =$ \_\_\_\_\_。

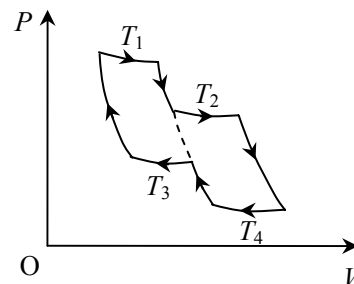


5. 振动频率为  $\nu_0$  的声波波源S静止于水平地面某处 , 骑车者B与S相距  $L$ 。  $t = 0$  开始 , B沿着垂直于此时B、S连线方向以水平匀速度  $v$  运动 , 如图所示。已知声波在



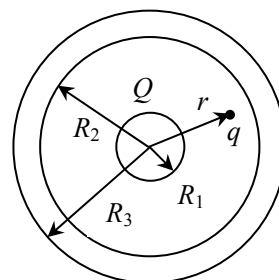
空气中的传播速度  $u > v$  , 则而后  $t$  时刻B的接收频率  $\nu(t) =$ \_\_\_\_\_ , 从  $t = 0$  到  $t$  时刻期间 , B接收到的振动次数  $N(t) =$ \_\_\_\_\_。

6. 四个恒温热源的温度之间关系为  $T_1 = \alpha T_2 = \alpha^2 T_3 = \alpha^3 T_4$  , 其中常数  $\alpha > 1$ 。 工作于其中两个任选热源之间的可逆卡诺热机的循环效率最大可取值  $\eta_{\max} =$ \_\_\_\_\_。 由这四个热源共同参与的某个可逆循环如图所示 , 图中每一条实线或为  $T_1$ 、  $T_2$ 、  $T_3$ 、  $T_4$  等温线 , 或为绝热线 , 中间两条实线与其间辅助虚线同属一条绝热线。 此循环过程效率  $\eta =$ \_\_\_\_\_。



7. 热力学第二定律的开尔文表述为 : \_\_\_\_\_ ;  
热力学第二定律的克劳修斯表述为 : \_\_\_\_\_。

8. 如图所示 , 带电量为  $Q$  , 半径为  $R_1$  的导体球外 , 同心地放置一个内半径为  $R_2$ 、 外半径为  $R_3$  本不带电的导体球壳 , 两者间有一个电量为  $q$ 、 与球心相距  $r$  ( $R_2 > r > R_1$ ) 的固定点电荷。 静电平衡后 , 导体球电势  $U_{\text{球}} =$ \_\_\_\_\_ , 导体球壳电势  $U_{\text{壳}} =$ \_\_\_\_\_。



9. 图 1 所示的电阻丝网络，每一小段电阻同为  $r$ ，两个端点 A、B 间等效电阻  $R_1 =$ \_\_\_\_\_。若在图 1 网络中再引入 3 段斜电阻丝，每一段电阻也为  $r$ ，如图 2 所示，此时 A、B 间等效电阻  $R_2 =$ \_\_\_\_\_。

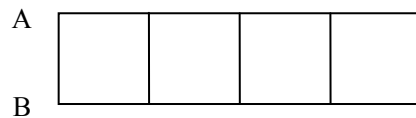


图 1

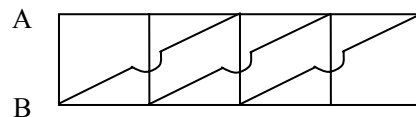
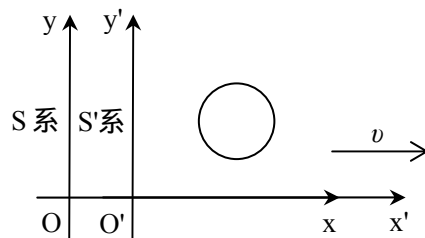


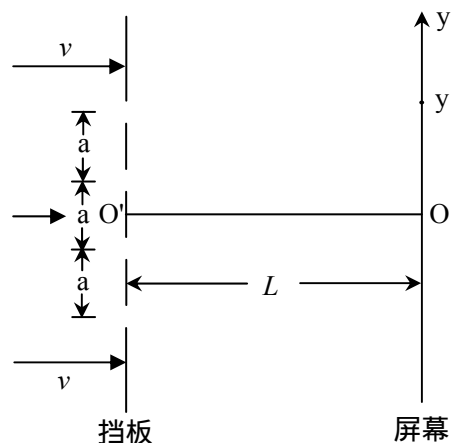
图 2

10. 对于波长为  $\lambda$  的线偏振光，用主折射率为  $n_o$  和  $n_e$  的负晶体制成的四分之一波片，其最小厚度为  $d_0 =$ \_\_\_\_\_。将其厚度增加一倍，波长为  $\lambda$  的线偏振光通过这一新波片后将成为\_\_\_\_\_偏振光。（填：“线”、“圆”或“椭圆”。）
11. 核潜艇中  $U^{238}$  核的半衰期为  $4.5 \times 10^9$  年，衰变中有 0.7% 的概率成为  $U^{234}$  核，同时放出一个高能光子，这些光子中的 93% 被潜艇钢板吸收。1981 年，前苏联编号 U137 的核潜艇透射到艇外的高能光子被距核源（处理为点状）1.5m 处的探测仪测得。仪器正入射面积为  $22\text{cm}^2$ ，效率为 0.25%（每 400 个入射光子可产生一个脉冲讯号），每小时测得 125 个讯号。据上所述，可知  $U^{238}$  核的平均寿命  $\tau =$ \_\_\_\_\_ 年（ $\ln 2 = 0.693$ ），该核潜艇中  $U^{238}$  的质量  $m =$ \_\_\_\_\_ kg（给出 2 位数字）。
12. 惯性系 S、S' 间的相对运动关系如图所示，相对速度大小为  $v$ 。一块匀质平板开始时静止地放在 S' 系的  $x'y'$  平面上，S' 系测得其质量面密度（单位面积质量）为  $\sigma_0$ ，S 系测得其质量面密度便为  $\sigma_1 =$ \_\_\_\_\_  $\sigma_0$ 。若平板相对 S' 系沿  $x'$  轴正方向以匀速度  $v$  运动，S 系测得其质量面密度则为  $\sigma_2 =$ \_\_\_\_\_  $\sigma_0$ 。



## 二、计算题（必做，共 4 题，每题 13 分，共 52 分）

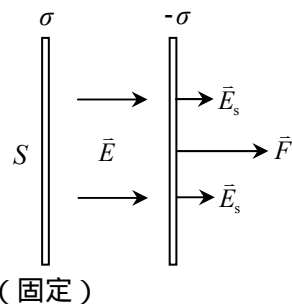
13. （13 分）频率为  $\nu$  的单色平行光正入射到挡板上，挡板上四个相同的小圆孔以相同的间距  $a$  排列在一直线上。挡板前方相距  $L \gg d$  处有一平行放置的屏幕，挡板中心  $O'$  与屏幕中心  $O$  的位置如图所示，屏幕上过  $O$  点放置的  $y$  坐标轴与四孔连线平行。



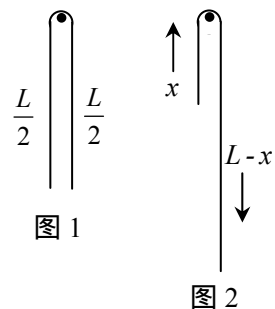
- (1) 写出 (不必推导) 两个相邻小圆孔出射光到图中  $y$  坐标点的光程差  $\delta$  ;
- (2) 求出两个相邻小圆孔出射光到  $y$  轴上距  $O$  点最近暗点处的光程差  $\delta_1$  ;
- (3) 算出  $y$  轴上中央亮纹的线宽  $\Delta l_0$  ;
- (4) 若小圆孔的直径为  $d < a$  , 人站在屏幕位置观看这些小圆孔 , 试问  $a$  至少取何值时 , 人眼方能分辨出是四个小圆孔 ?

\*\*\*\*\*我\*\*\*\*\*

- (2)  $A$  为外界通过力  $F$  做功方式输入的能量, 可以理解这一能量全部转化为平行板电容器内新建场区 ( 体积为  $S \cdot \Delta l$ , 场强大小也为  $E = \sigma / \varepsilon_0$  的匀场强区 ) 的电场能量。假设匀强场区中场能密度 ( 单位体积内的电场能量 )  $\omega_e$  为常量, 试导出  $\omega_e \sim E$  关系式, 关系式中不出现  $S$ 、 $\sigma$ 、 $E_s$ 、 $F$ 、 $\Delta l$  等量。
- (3) 假设 (2) 问所得  $\omega_e \sim E$  关系式适用于任何真空中的电场, 试求电量为  $Q$ 、半径为  $R$  的均匀带电球面在球面上的电场强度大小  $E_R$ 。



15. (13分) 长  $L$  的均匀软绳静止对称地挂在光滑固定的细钉上，如图 1 所示。后因扰动，软绳朝右侧滑下，某时刻左侧绳段长度记为  $x$ ，如图 2 所示。



- (1)  $x$  ( $x < L/2$ ) 达何值时，细钉为软绳提供的向上支持力  $N$  恰好为零？
- (2)  $N$  恰好为零时，突然将细钉撤去，再经过多长时间  $t$ ，软绳恰好处于伸直状态？

臣

- 7

三．计算题（每题 10 分。文管组和农林医组不做；非物理 B 组限做第 17 题；非物理 A 组限做第 17、18 题；物理组限做第 17、19 题）

17. （10 分，文管组和农林医组不做，其他组必做）

半径同为  $R$ ，质量分别为  $m_1 = m$  和  $m_2 = \frac{3}{2}m$  的两个

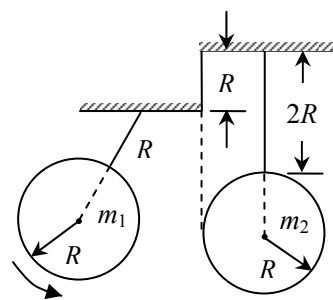
匀质圆盘，边缘部位分别用长  $R$  和  $2R$  的轻杆固定

地连接后，挂在高度差为  $R$  的两块天花板下，可以

无摩擦地左右摆动。开始时两个摆盘静止在

图示位置，质量为  $m_1$  的摆盘自由释放后，将以  $\omega_0$  角速度与质量为  $m_2$  的静止摆盘发生弹性

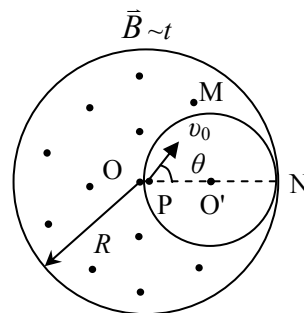
碰撞。试求碰后瞬间，两个摆盘的右向摆动角速度  $\omega_1$  和  $\omega_2$ （均带正负号）。





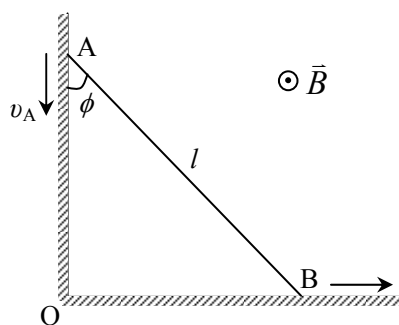
\*\*\*\*\*我\*\*\*\*\*

- 圆心， $N$ 为两圆切点。一个质量为 $m$ 、电量 $q>0$ 的粒子 $P$ ，从 $O$ 点进入小圆区域，初速大小为 $v_0$ ，方向角 $\theta$ 如图所示。为使 $P$ 能相切地经上半圆 $OMN$ 中的某一点，而后又从 $N$ 点离开小圆区域，试问 $v_0$ 、 $\theta$ 各取何值？



19. (10 分, 物理组必做, 其他组不做) 长 $l$ 、电阻 $R$

的匀质金属细杆, 其A端约束在竖直光滑金属导轨上运动, B端约束在水平光滑金属导轨上运动, 导轨电阻可忽略。设空间有图示方向的水平匀强磁场 $\vec{B}$ , 开始时细杆方位角 $\phi=0$ , 从静止状态自由释放后, 方位角达到 $\phi$ 时, A端朝下速度大小记为 $v_A$ 。



- (1) 试求细杆内从A端到B端的电动势 $\varepsilon_{AB}$ ;
- (2) 导出安培力提供的负功率大小的计算式, 进而验证此负功率大小恰好等于细杆电阻消耗的电功率大小;
- (3) 计算 $\phi=45^\circ$ 时, 细杆旋转角加速度 $\beta$  (本问答案中不可出现 $v_A$ )。