## 第 27 届全国部分地区大学生物理竞赛试卷

北京物理学会编印

2010.12.12

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	_	二			
	1 ~ 10	11	12	13	14
分数					
阅卷人					
题号	三			总分	
	15	16	17		
分数					
阅卷人					

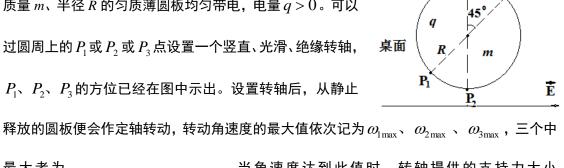
答题说明:前 14 题是必做题,满分是 120 分;文管组和农林医组只做必做题;除必做题 外, 非物理 B 组限做 15 题, 满分 140 分; 非物理 A 组限做 15、16 题, 满分 160 分; 物理 组限做 15、17 题,满分 160 分。请同学们自觉填上与准考证上一致的考生类别,若两者 不符,按废卷处理,请各组考生按上述要求做题,多做者不加分,少做者按规定扣分。

一、填空题(必做,共10题,每题2空,每空3分,共60分)

1.将地面重力加速度记为 $g$ ,地球半径记为 $R$ ,则第一宇宙速度 $v_1 = 1$		_ ,
第二宇宙速度 v <sub>2</sub> =。		
$2$ .如图所示,光滑绝缘水平桌面上有场强为 $ec{E}$ 的均匀电场, ——	90° ⊔	÷
质量 $m$ 、半径 $R$ 的匀质薄圆板均匀带电,电量 $q > 0$ 。可以	P <sub>3</sub>	E

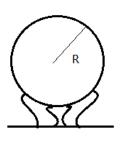
过圆周上的 $P_1$ 或 $P_2$ 或 $P_3$ 点设置一个竖直、光滑、绝缘转轴,

 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 的方位已经在图中示出。设置转轴后,从静止



最大者为 。当角速度达到此值时, 转轴提供的支持力大小

3.多普勒效应示意图见右,波源 S 的振动频率为 $\nu_0$ , S 朝着接收者 B 的运动速度为 $\nu_s$ 。机 械波在介质中的传播速度为 u, B 朝着 S 运动的速度为 介质  $v_B$  。 则 当  $u > v_S > 0, v_B = 0$  时, B 的 接 收 频 率 S  $v_1 =$ \_\_\_\_\_\_\_; 当  $v_S = 0$ ,  $v_B > 0$  时,B 的接收频 4.已知  $40^{\circ}$ C 和  $0^{\circ}$ C 的饱和水蒸气压强分别为 55mmHg 和 5mmHg。处于  $40^{\circ}$ C 的某高温作业 区大气相对湿度为 75% (即其中水气分压强等于饱和水蒸气压强的 0.75 倍), 压强为 760mmHg。在一试管中充满此种大气后封口,再将其温度降至  $0^{\circ}$ C,此时试管内 (填写"会"或"不会") 出现小水珠, 试管内气体压强为\_\_\_\_\_mmHg。 5.将系统的等温线简称为 T 线, 绝热线简 称为 S 线。图 1、2 中 T 线与 S 线都有两 个交点,这两幅图中违反热力学第一定律 的是 (填"图 1"或"图 2"或"图 1 和图 2"), 违反热力学第二定律 的是 (同上)。 图2 图1 6. 真空中一正点电荷 q 处于一立方体内中心处,则通过该立方体表面的总电通量 7. 已知空气的击穿场强为 $E_0$ ,则置于空气中的半径为 R 的球形高



压起电器(可看作图示导体球壳置于绝缘底座上)最高电压

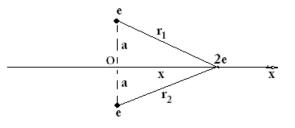
为 \_\_\_\_\_\_ ; 若此高压起电器置于真空中, 导体球壳上所带电

量有无上限(回答有、无、不确定),并说明原因

认为彗星与它相距\_\_\_\_\_cs(光秒)。

## 二、计算题(必做,共4题,每题15分,共60分)

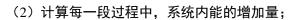
11. (15 分)如图所示,水平面上两个带有电量 +e 的点电荷,距离为 2a,有一 $\alpha$  粒子(所带电量为+2e),很快地从这两个点电荷中间穿过,其路径恰好在两点电荷连线的中垂线上。如果  $\alpha$  粒子的速度很快,以致于两点电荷在  $\alpha$  粒子穿过时仍保持静



## 止, 试求

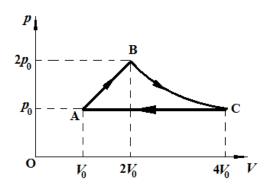
- 1) 当 $\alpha$  粒子处在位置x 处时,两点电荷构成的体系与 $\alpha$  粒子之间的相互作用能;
- 2)  $\alpha$  粒子在哪些位置时受作用力最大。

- 12. (15 分) n 摩尔单原子分子理想气体所经循环过程 ABCA 和相关状态量如图所示,其中 AB 是斜直线,BC 是等温线,CA 是等压线。
- (1) 计算三段过程的每一段过程中,系统对外作功量;

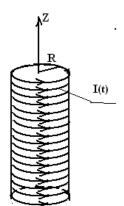


- (3) 计算每一段过程中, 系统的吸热量;
- (4) 计算此循环过程的效率。
- (注:如需要可参考下列数据:

 $\ln 2 = 0.6931$ ,  $\ln 3 = 1.099$ ,  $\ln 5 = 1.609$ )



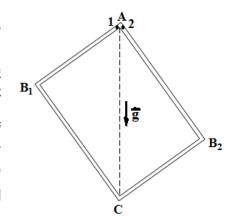
- 13.(15 分) 等离子体是部分或完全电离的气体,即由大量自由电子和正离子及中性原子、分子组成,所含正负电荷数处处相等,宏观上近似电中性。电离了的正离子和自由电子的数密度相等,但离子质量  $m_{\text{离子}}>>$ 电子质量  $m_e$ 。图示的半径为 R 的载流长直螺线管,单位长度绕有 N 匝线圈。若在螺线管内沿轴向放置一个半径为  $R_0$  的圆柱形长直玻璃管,半径  $R_0$  略小于 R(可视为  $R_0 \approx R$ ),管内充满等离子体气体,电子和离子数密度均为  $n_0$ ,令 t=0 时刻,螺线管接通电流 I(t)=kt (k 为正常数,电流方向如图所示)。
- 1) 求通电以后某t > 0 时刻管内的磁感应强度的大小和方向以及管内外涡旋电场的大小和方向;
- 2)上述玻璃管内产生涡旋电场后,求出 t 时刻等离子体中距中心轴 r 处的感应电流密度及其方向;
- 3) 忽略感应电流所产生的轴向磁场,说明正离子和自由电子在螺线管产生的磁场中受到的洛伦兹力的方向,并讨论通电后管内气体的运动状况,并说明理由。



14.(15 分)将一条边  $AB_1$  长度等于 3L、另一条边  $AB_2$  长度等于 4L 的长方形闭合光滑细管 道  $AB_1CB_2$ ,按图示方式悬挂在竖直平面内,上端点 A 和下端点 C 均被固定,对角线 AC 处

于竖直方位。t = 0 时刻,将静止在 A 端两侧的小球 1、2 同时释放。假设管道在  $B_1$ 、 $B_2$ 处有极小圆弧段,可确保小球无碰撞地拐弯,且拐弯时间可略。

- (1) 试求球 1 沿  $AB_1C$  通道到达 C 端的时刻  $T_1$  和球 2 沿  $AB_2C$  通道到达 C 端的时刻  $T_2$  (不考虑球 1、2 是否会碰撞);
- (2) 将(1)问所得  $T_1$ 、 $T_2$ 中小者记为  $T_0$ ,假设管道匀质,球 1、2 质量同为 m,将固定端 C 所受水平外力记为  $\vec{F}$ ,试在  $0 \le t < T_0$ (略去小球在  $B_1$ 或  $B_2$ 拐 弯处的无穷小时段)时间范围内,确定  $\vec{F}$  的方向(朝右还是朝左)和大小 F。

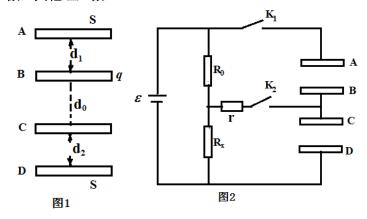


- 三. 计算题 (每题 20 分。文管组和农林医组不做; 非物理 B 组限做第 15 题; 非物理 A 组 限做第 15、16 题; 物理组限做第 15、17 题)
- 15. (20分,文管组和农林医组不做,其他组必做)

四块面积同为 S、原不带电的导体薄平板 A、B、C、D,依次平行放置,相邻间距很小,分别记为  $d_1$ 、 $d_0$ 、 $d_2$ ,如图 1 所示。给 B 充以电量 q > 0,再用图 1 中虚直线所示的细导线连接 B、C,最终达到静电平衡。

(1) 试求 A 到 D 的电势降 U<sub>AD</sub>;

现将图 1 所示系统达到静电平衡后,通过理想导线,电键  $K_1$  和  $K_2$ ,电动势为  $\varepsilon$  的直流电源以及



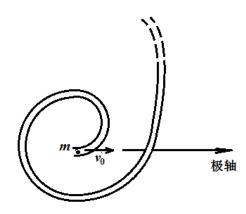
电阻分别为  $R_0$ 、 $R_x$  和 r 的电阻器连接成图 2 所示电路。开始时  $K_1$ 、 $K_2$  均断开,而后接通  $K_1$ ,直到电路达到稳定状态。

(2) 试求该过程中从电源正极朝平板 A 流去的电量 Q, 并判断 Q 的正负号;

最后再接通  $K_2$ ,测得流过电阻器 r 的电流强度始终为零。

(3) 设  $R_x$  为未知量, 试求  $R_x$ , 并给出  $\varepsilon$  的取值范围。

- 16. (20 分,非物理 A 组必做,其他组不做) 如图所示,按阿基米德螺线方程  $r=r_0\theta/\pi$  设置的水平固定细长管道,内壁光滑。质量为 m 的小球在管道内以  $v_0$  速度,从 r=0、  $\theta=0$ 位置开始运动,直到  $\theta=2k\pi(k=1,2\cdots)$  为止。
- (1)参考题文后的提示,试求全过程所经时间  $T_k$ 。 (2) 将小球在运动过程中受管壁弹力的大小记为 N,试求全过程时间段内 N 的平均值  $\overline{N}$ ,再给出 k 很大时  $\overline{N}$  的近似表达式。

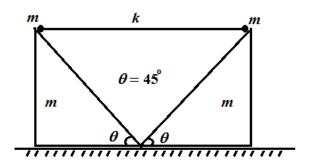


(提示:平面极坐标系中无限小曲线段长度  $\mathrm{d}l = \sqrt{\left(\mathrm{d}r\right)^2 + \left(r\mathrm{d}\theta\right)^2}$  积分参考公式  $\int \sqrt{a^2 + x^2} \, \mathrm{d}x = \frac{x}{2} \sqrt{a^2 + x^2} + \frac{a^2}{2} \ln\left(x + \sqrt{a^2 + x^2}\right) + C \, )$ 

## 17. (20分,物理组必做,其他组不做)

如图所示,质量同为 m 的两个相同等腰直角三角形斜木块平放在光滑水平地面上,且已通

过某种约束使其始终不会翻转,斜面底端相互接触。一根劲度系数为 k, 自由长度恰好等于每个斜木块底面长度两倍的弹性轻杆,两端分别连接质量同为 m 的小球,开始时两个小球静止在两个斜木块的顶端。自由释放后,两个小球可以无摩擦地



沿斜面滑动,斜木块底面作水平运动,弹性杆随之在竖直方向上运动,过程中假设杆始终处于水平状态。将斜木块给小球支持力大小记为 N,已知小球开始运动后 N 第二次达到极小值时,杆刚好落地,试求 N 第二次达到极大值时杆的长度。