

考生类别_____

第 28 届全国部分地区大学生物理竞赛试卷

北京物理学会编印

2011.12.11

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 ~ 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）

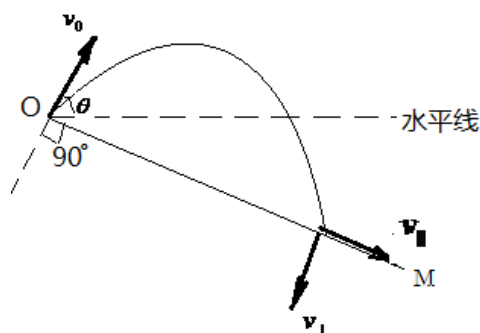
1. 如图所示，小球从竖直平面的 O 点斜向上方抛出，抛射角为 θ ，速度大小为 v_0 。在此竖

直平面内作 OM 射线与小球抛射方向垂直，小球到达 OM 射线时的速度分解为图示中与 OM 射线

垂直方向上的分量 v_{\perp} 和沿 OM 射线方向上的分

量 v_{\parallel} ，则 $v_{\perp} =$ _____，

$v_{\parallel} =$ _____。



2. 如图所示，由三根相同的均匀细杆连成的等边

三角形刚体框架每边长 a ，总质量 M 。将框架相对于过框边上任意一点

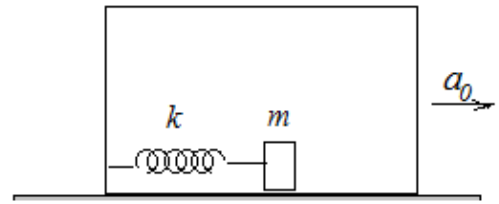
P 且垂直于框架平面的转轴的转动惯量记为 I_P ，所有 I_P 中最小者

I_{\min} 所对应的 P 点必定在 _____，所有 I_P 中最大者

I_{\max} 与 I_{\min} 之间的差值为 _____。

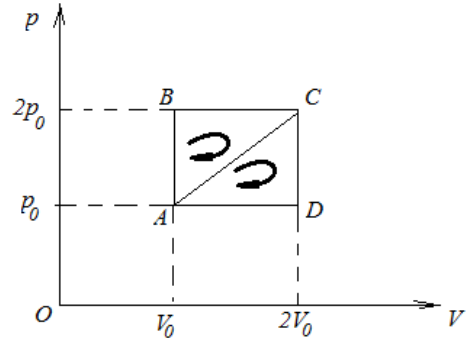


3. 水平静止的车厢中, 用一根劲度系数为 k 的轻弹簧水平静止地连接质量为 m 的小滑块, 滑块与车厢底板间无摩擦。今如图示使车厢以恒定的加速度 a_0 水平朝右运动, 小滑块将在车厢内左右振动, 振动角频率 $\omega =$ _____, 振幅 $A =$ _____。



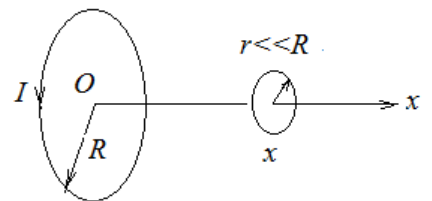
4. 设大气温度处处同为 T , 分子平均质量为 m , 海平面处分子数密度为 n_0 , 压强为 p_0 。在距海平面高度 h 处, 大气分子数密度 $n(h) =$ _____, 压强 $p(h) =$ _____。

5. 单原子分子理想气体所经热循环过程 ABCA 和 ACDA 如图所示, 对应的效率 $\eta_{ABCA} =$ _____, $\eta_{ACDA} =$ _____。



6. 在均匀磁场 \vec{B} 的空间中, 质量 m , 电量 $q > 0$ 的粒子, 以初速 \vec{v}_0 开始运动, 若 \vec{v}_0 与 \vec{B} 的夹角为锐角 ϕ , 则粒子运动的轨道是等距螺旋线, 它的旋转半径 (注意: 并非螺旋线的曲率半径) $R =$ _____, 螺距 $H =$ _____。

7. 半径 R , 电流 I 的大圆环, 在中央轴距环心 x 处的磁感应强度大小为 $B(x) =$ _____。有一半径为 $r \ll R$ 的小圆环, 环心位于 x 点, 环平面与 x 轴垂直, 如图所示, 则小圆环与大圆环之间的互感系数近似为 $M =$ _____。



8. 夫琅和费圆孔衍射形成的爱里斑, 其半角宽度 $\Delta\theta$ 与圆孔直径 d 、单色光波长 λ 之间的关系为 $\Delta\theta =$ _____。人眼瞳孔直径为 2mm , 对波长为 550nm 的黄绿光, 人眼瞳孔的最小分辨角为 _____ rad 。

9. 常规的杨氏双孔干涉的实验装置和相关参量如图 1 所示，屏幕上中央区域（ O 点附近）相邻两条亮纹的间距为_____。

用开孔的直角挡板和直线“屏幕”构成的双孔干涉

实验装置，以及 45° 方向入射的平行光束，如图 2 所示。图中还给出了相关的几何参量。 x

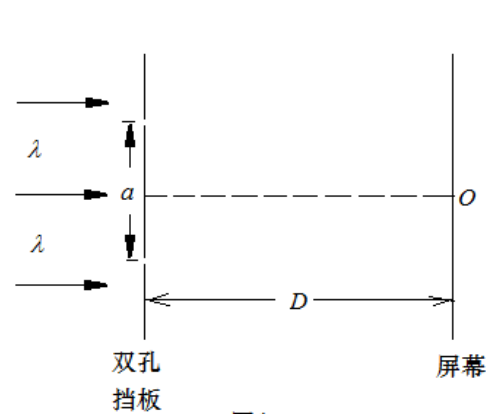


图1

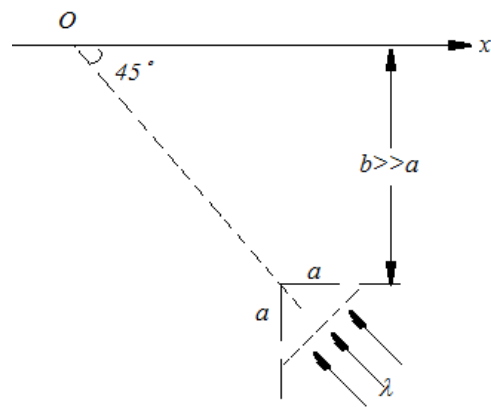


图2

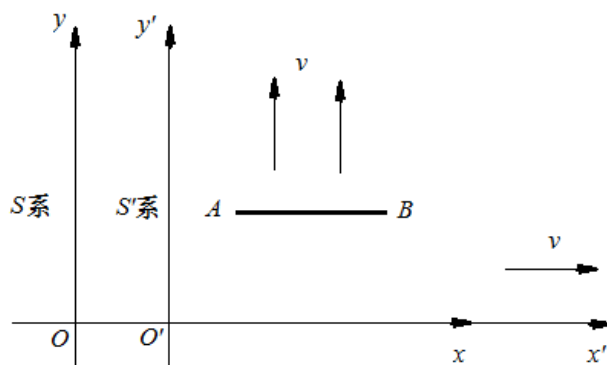
10. 惯性系 S 、 S' 间的相对运动关系如

图所示，其间相对速度大小为 v 。 S' 系的 $O'-x'y'$ 平面中有一根与 x' 轴平行的细杆 AB 。杆长 l_0 ，在 S' 系中沿 y' 方向匀速平动，速度大小也为 v 。

S 系测得杆 AB 与 x' 轴夹角绝对值

$|\theta| =$ _____，

杆长 $l =$ _____。

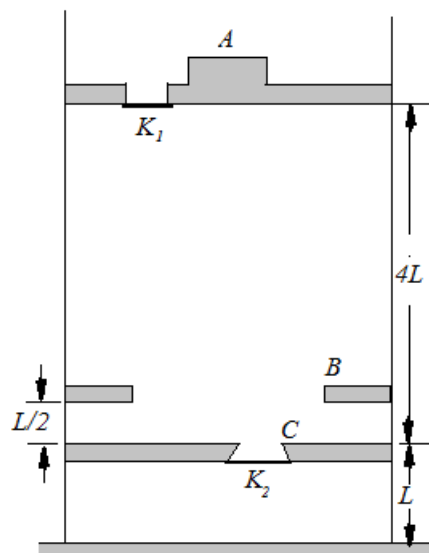


二、计算题（必做，共 4 题，每题 15 分，共 60 分）

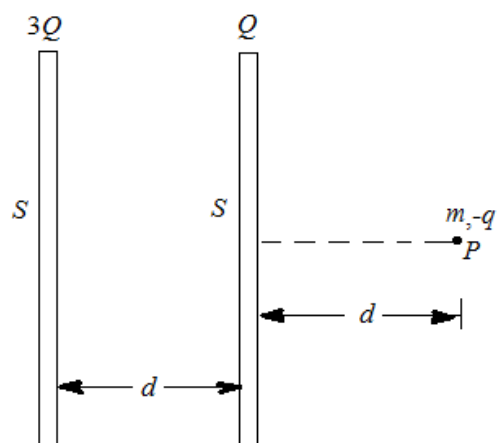
11. （15 分）将现在太阳的质量记为 M_0 ，地球圆轨道半径记为 R_0 ，角速度记为 ω_0 。太阳经过一年的辐射，质量损耗记为 ΔM ($\Delta M \ll M_0$)，地球的轨道仍近似为圆，试求一年后地球轨道半径 R 和角速度 ω ，答案中不可包含题文未给出的物理常量。

线

(3) 令活塞 A 从 B 处移动到原最高位置, 然后再次移动到 B 处, 如此往复进行, 试求隔板 C 下方气体压强所能达到的最大值 p_e 。

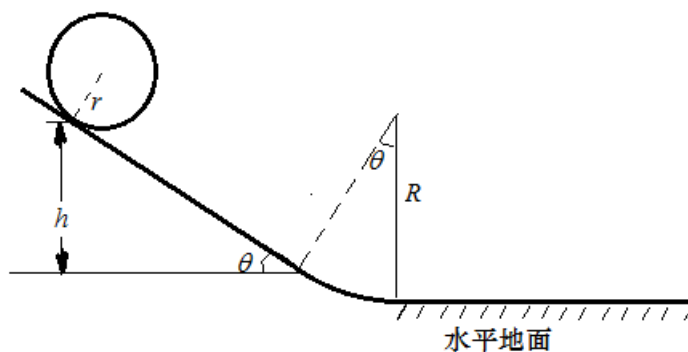


13. (15 分) 如图所示, 面积同为 S 的两块相同导体薄平板平行放置, 间距为 d 。左侧导体板带电量 $3Q > 0$, 右侧导体板带电量 Q , 其右侧相距 d 处有一个质量为 m , 电量为 $-q$ ($q > 0$) 的粒子 P 。导体板静电平衡后, P 从静止释放, 假设它可自由穿越导体板, 且不会影响板上的电荷分布, 试问经过多长时间 T , 经多长路程 S 后, P 第一次返回到其初始位置?



考场

14. (15 分) 图中所示倾角为 θ 的斜面, 相切地接上一段半径为 R 的圆弧曲面, 后者又与水平地面相切. 半径 $r < R$ 匀质小球, 开始时静止在斜面上, 两者接触点距斜面底端的高度为 h . 小球自由释放后, 可以沿斜面、圆弧面和水平地面作纯滚动. 设小球与斜面间的摩擦因数处处同为常数 μ_1 ; 小球与圆弧面间的摩擦因数处处同为常数 μ_2 ; 小球与水平地面间的摩擦因数为 μ_3 . 求小球在水平地面上运动时, 其质心的速度大小.



数 μ_2 ；小球与水平地面间的摩擦因数处处同为常数 μ_3 。已知小球绕直径轴转动惯量为 $\frac{2}{5}mr^2$ ，其中 m 为小球质量，试求 μ_1 、 μ_2 、 μ_3 各自取值范围。

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）

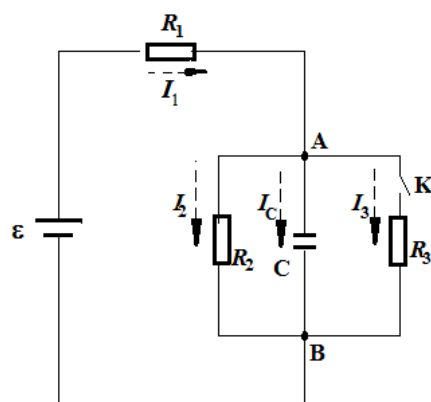
图示的电路中， $t < 0$ 时，电容充电过程已完成。

$t = 0$ 时，接通电键 K。将接通前瞬间时刻记为 $t = 0^-$ ，接通后瞬间时刻记为 $t = 0^+$ 。 $t \geq 0^+$ 时，按图中虚线所示方向设定各路电流 I_1 、 I_2 、 I_C 和 I_3 的流向。

（1）写出 $t = 0^-$ 时刻 A、B 间电压 $U_{AB}(0^-)$ 和 $I_1(0^-)$ 、 $I_2(0^-)$ 以及电容器上方极板电量 $Q(0^-)$ ；

（2）导出 $t = 0^+$ 时刻 A、B 间电压 $U_{AB}(0^+)$ 和 $I_1(0^+)$ 、 $I_2(0^+)$ 、 $I_C(0^+)$ 、 $I_3(0^+)$ 以及电容器上方极板电量 $Q(0^+)$ ；

（3）导出任意 $t \geq 0^+$ 时刻的 $I_1(t)$ 、 $I_2(t)$ 、 $I_C(t)$ 、 $I_3(t)$ 和电容器上方极板电量 $Q(t)$ 。



16. (20 分, 非物理 A 组必做, 其他组不做)

如图所示, 半径为 $4d$ 的圆环固定在水平桌面上, 内侧四个对称位置上静放着质量同为 m 的小木块 1、2、3、4, 小木块与环内壁间没有摩擦, 小木块与桌面间的摩擦因数同为 μ 。对木块 1 施加方向始终沿着圆环切线方向, 大小不变的推力 \vec{F} 。木块 1 被推动后, 相继与木块 2、3、4 发生完全非弹性碰撞, 最后恰好一起停在木块 1 的初始位置, 全过程中木块 1 绕行圆环一周。

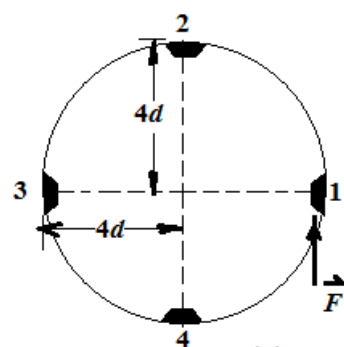


图1

(1) 将四个木块构成的系统的质心记为 C , 木块 1、2、3、4 和 C 的初始位置已在图 2 所示的 $o-xy$ 坐标平面上给出。

通过分析, 请在此坐标平面上准确画出从木块 1 开始运动到最后停下的全过程中 C 的运动轨迹;

(2) 试求推力 F ;

(3) 以环心为参考点, 试求全过程中系统曾经有过的角动量最大值 L_{\max} 以及系统质心 C 曾经有过的角动量最大值 $L_{C,\max}$ 。

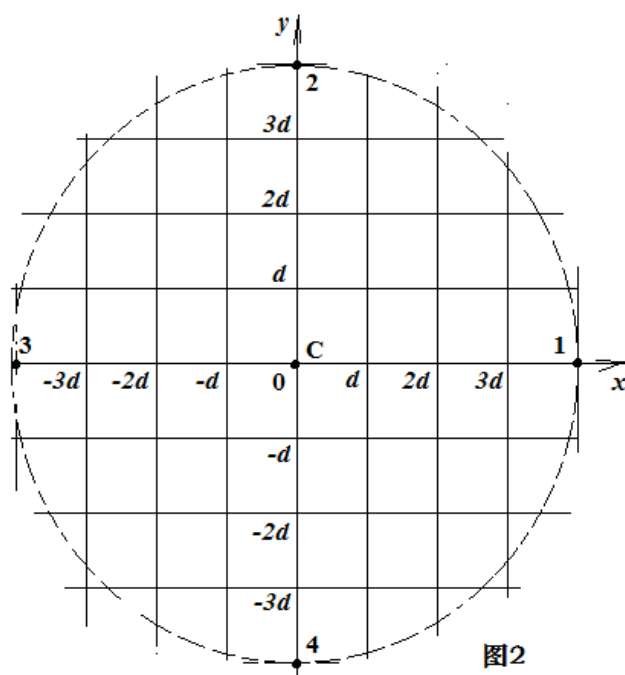


图2

17. (20 分, 物理组必做, 其他组不做)

如图所示, 在惯性系 S 中, 一个以 x 轴为对称轴的数学旋转曲面沿 x 轴以匀速度 v 高速运动。

t 时刻, 曲面在 $o-xy$ 平面上的投影曲线方程为 $y^2 = 2p(x - vt)$

称此曲线为投影抛物线。有一与 x 轴反向的平行光束迎着此旋转曲面射来, 被曲面内表面反射。待解的问题如下: 如果反射光束在 x 轴上成为一个点像, 试导出 t 时刻这一点像到该时刻投影抛物线顶点的距离 f ; 如果成为一条线段像, 试导出 t 时刻这一条线段像两个端点各自到该时刻投影抛物线顶点的距离 f_1 、 f_2 。

附注: (1) 如果你在 S 系中直接运用费马原理求解, 本题最高得分为 20 分;

(2) 如果你运用相对论知识结合静态抛物线光学聚焦知识求解, 本题最高得分只能为 6 分。

